



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CALAMARCA – HUASO, LA LIBERTAD, 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Bach. Paola Emperatriz Castillo Briceño

Asesora:

Mg. Roxana Milagros Aguilar Villena

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Paola Emperatriz Castillo Briceño**, denominada:

**INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA USO COMO
SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES
CALAMARCA – HUASO, LA LIBERTAD, 2018**

Ing. Roxana Aguilar Villena
ASESORA

Ing. David Tello Villarruel
**JURADO
PRESIDENTE**

M.Sc. Ing. Wiston Azañedo Medina
JURADO

MBA Ing. Josualdo Villar Quiroz
JURADO

DEDICATORIA

A mi madre

Paula Briceño Vásquez, por tu dedicación, por todo el amor que me das, por tu apoyo incondicional y por ser un ejemplo de perseverancia. Siempre serás mi más grande inspiración. Cada logro alcanzado te lo dedico y debo a ti.

A mi abuelita

Emperatriz Vásquez Rojas, por todo el amor y las enseñanzas que me brindaste. Sé que desde el cielo sigues cuidándome y guiando cada uno de mis pasos. Hoy soy quien soy gracias a ti.

A mi familia

A todos mis primos y tíos, pues con cada uno de ustedes aprendí algo en la vida. Agradezco a Dios por haberme permitido formar parte de esta familia maravillosa.

A mis amigos

Por todos esos momentos que vivimos estos cinco años de carrera, especialmente a mi grupo de trabajo: Junior Díaz, Deyver Huamaní, Johan Pérez, Holly Rivera y Jean Pierre Cubas. Con ustedes desarrollé una amistad que espero dure para toda la vida.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios** Por darme salud, cuidarme y protegerme en todo momento. Así como por haberme dado la fortaleza y capacidad necesarias para superar todos los desafíos durante la etapa universitaria.
- A mi madre** Por impulsarme a ser una mejor persona y profesional, pues siempre estuviste animándome y apoyándome ante cualquier adversidad. Gracias a ti hoy puedo alcanzar un logro más en mi vida.
- A la Universidad Privada del Norte** Por la formación profesional, por ser una fuente de conocimiento e incentivar la formación en valores de sus estudiantes.
- A mis profesores** Por todas las enseñanzas que nos dieron a lo largo de la carrera universitaria. Un especial agradecimiento al Ing. Wiston Azañedo y a la Ing. Roxana Aguilar, por asesorarnos durante este trabajo de investigación.
- A mis amigos** Por todas las experiencias que vivimos juntos y el apoyo brindado, que me permitieron crecer como persona y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Limitaciones	17
1.5. Objetivos	17
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Antecedentes	19
2.2. Bases teóricas.....	21
2.3. Hipótesis	41
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	42
3.1. Operacionalización de variables	42
3.2. Diseño de investigación	43
3.3. Unidad de estudio	44
3.4. Población	44
3.5. Muestra	44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos	48
CAPÍTULO 4. DESARROLLO.....	56
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	63
5.1. Ensayos de laboratorio	63
5.2. Adición del aditivo PROES: Resultados de CBR y Proctor Modificado por dosificación	66
5.3. Diseño del pavimento.....	66
5.4. Evaluación por costos.....	85
5.5. Análisis Físico Químico.....	92

5.6.	Cronograma de ejecución	93
5.7.	Resultado del análisis de datos	94
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....		96
6.1.	Granulometría, clasificación AASHTO Y SUCS	96
6.2.	Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)	96
6.3.	Contenido de Humedad	97
6.4.	Gravedad específica	97
6.5.	Proctor Modificado	97
6.6.	Capacidad de soporte relativo CBR en muestras de suelo natural	98
6.7.	Adición de aditivos PROES y cemento Portland: Resultados de CBR y Proctor Modificado por dosificación	98
6.8.	Diseño del pavimento.....	101
6.9.	Evaluación por costos	103
6.10.	Análisis Físico Químico.....	104
6.11.	Cronograma de ejecución	104
6.12.	Análisis de datos	105
CONCLUSIONES.....		108
RECOMENDACIONES		110
REFERENCIAS.....		112
ANEXOS		115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 1. Tipo de material de acuerdo al tamaño de las partículas.....	25
Tabla n.º 2. Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo	29
Tabla n.º 3. Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo	29
Tabla n.º 4. Altura mínima entre nivel freático y la subrasante.....	31
Tabla n.º 5. Características y Procedimientos de cada tipo de estabilización de suelos	32
Tabla n.º 6. Clasificación de carreteras de acuerdo a su demanda	35
Tabla n.º 7. Categorías de Subrasante acorde al CBR del suelo.....	37
Tabla n.º 8. Componentes modificadores del color del suelo	39
Tabla n.º 9. Clasificación de los rangos del pH.....	39
Tabla n.º 10. Composición química del suelo	40
Tabla n.º 11. Hipótesis	41
Tabla n.º 12. Operacionalización de la variable dependiente	42
Tabla n.º 13. Diseño de investigación experimental	43
Tabla n.º 14. Número de calicatas para exploración de suelos.....	44
Tabla n.º 15. Número de ensayos CBR	45
Tabla n.º 16. Relación de cargas por eje para determinar EE para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	51
Tabla n.º 17. Tipo de tráfico pesado de acuerdo al número de EE	52
Tabla n.º 18. Cuadro resumen del ensayo de granulometría y clasificación AASHTO y SUCS	63
Tabla n.º 19. Cuadro resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	63
Tabla n.º 20. Cuadro resumen del ensayo de contenido de humedad.....	64
Tabla n.º 21. Cuadro resumen del ensayo de Gravedad Específica	64
Tabla n.º 22. Cuadro resumen del ensayo Proctor modificado de las muestras patrón	65
Tabla n.º 23. Cuadro resumen del ensayo CBR de las muestras patrón	65
Tabla n.º 24. Cuadro resumen del ensayo de CBR acorde a cada dosificación	66
Tabla n.º 25. Cuadro resumen del ensayo Proctor Modificado acorde a cada dosificación	66
Tabla n.º 26. Datos de estación de conteo vehicular.....	66
Tabla n.º 27. Volumen diario clasificado	67
Tabla n.º 28. Tamaño de la muestra de la encuesta origen-destino	68
Tabla n.º 29. Origen - Destino de Bus 2 ejes.....	68
Tabla n.º 30. Origen - Destino de Camiones 2 ejes.....	69
Tabla n.º 31. Origen - Destino de Camiones 3 ejes.....	69
Tabla n.º 32. Origen - Destino de Camiones 4 ejes.....	70
Tabla n.º 33. Origen - Destino de Semitráiler T3S2.....	70
Tabla n.º 34. Origen - Destino de Semitráiler T3S3.....	71

Tabla n.º 35. Cálculo del FCm	72
Tabla n.º 36. Volumen vehicular diario	72
Tabla n.º 37. Elasticidad vehicular	73
Tabla n.º 38. Producto Bruto Interno de La Libertad 2007-2016	74
Tabla n.º 39. Indicador macroeconómico.....	74
Tabla n.º 40. Cálculo de Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño	74
Tabla n.º 41. Cálculo del número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el período de diseño (10 años)	75
Tabla n.º 42. Requisitos de diseño para el pavimento.....	75
Tabla n.º 43. Propiedades de los materiales (pavimento sin aditivos)	76
Tabla n.º 44. Coeficientes estructurales y de drenaje de las capas que conforman el pavimento .	77
Tabla n.º 45. Espesor total y de cada capa del pavimento flexible sin uso de aditivos.....	77
Tabla n.º 46. Propiedades de los materiales del pavimento con 0.23 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	79
Tabla n.º 47. Espesores de la carpeta asfáltica y capa base	80
Tabla n.º 48. Propiedades de los materiales del pavimento con 0.27 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	80
Tabla n.º 49. Espesores de la carpeta asfáltica y capa base	81
Tabla n.º 50. Propiedades de los materiales del pavimento con 0.30 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	81
Tabla n.º 51. Espesores de la carpeta asfáltica y capa base	82
Tabla n.º 52. Propiedades de los materiales del pavimento con 0.33 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	82
Tabla n.º 53. Espesores carpeta asfáltica y capa base	83
Tabla n.º 54. Espesor total del pavimento flexible con 0.23 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	83
Tabla n.º 55. Espesor total del pavimento flexible con 0.27 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	83
Tabla n.º 56. Espesor total del pavimento flexible con 0.30 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	84
Tabla n.º 57. Espesor total del pavimento flexible con 0.33 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland	84
Tabla n.º 58. Resumen de espesores de pavimento de acuerdo a cada dosificación	85
Tabla n.º 59. Precio por Kilómetro de pavimento sin aditivo acorde a principales partidas involucradas	89
Tabla n.º 60. Precio por Kilómetro de pavimento con 0.23 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas	90

Tabla n.º 61. Precio por Kilómetro de pavimento con 0.27 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas	91
Tabla n.º 62. Precio por Kilómetro de pavimento con 0.30 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas	91
Tabla n.º 63. Precio por Kilómetro de pavimento con 0.33 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas	91
Tabla n.º 64. Resumen de costos por Kilómetro acorde a principales partidas involucradas	91
Tabla n.º 65. Análisis Físico del material	92
Tabla n.º 66. Análisis Químico del material	92
Tabla n.º 67. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	94
Tabla n.º 68. Prueba de homogeneidad de varianzas.....	94
Tabla n.º 69. Análisis de varianza (ANOVA).....	94
Tabla n.º 70. Análisis de comparaciones múltiples para determinar la dosificación óptima	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1. Reacción química por ionización.....	34
Figura n.º 2. Clasificación por orografía de carreteras. (MTC, 2014)	36
Figura n.º 3. Estructura tradicional del pavimento	36
Figura n.º 4. Ensayos físicos y químicos del suelo	38
Figura n.º 5. Síntesis de las guías de observación	46
Figura n.º 6. Proceso de Dosificación PROES	50
Figura n.º 7. Extracción de muestras	56
Figura n.º 8. Ensayo de granulometría por tamizado	57
Figura n.º 9. Ensayo de límite líquido	58
Figura n.º 10. Ensayo de límite plástico.....	59
Figura n.º 11. Ensayo de Contenido de Humedad	60
Figura n.º 12. Ensayo Proctor Modificado.....	61
Figura n.º 13. Resultados del cálculo del SN del pavimento flexible sin uso de aditivos	76
Figura n.º 14. Ábaco para determinar coeficiente estructural de bases granulares	78
Figura n.º 15. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.23 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland.....	79
Figura n.º 16. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.27 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland.....	80
Figura n.º 17. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.30 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland.....	81
Figura n.º 18. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.33 L/m ³ de aditivo PROES + 45 Kg/m ³ de cemento Portland.....	82
Figura n.º 19. Corte transversal de pavimento sin aditivo	89
Figura n.º 20. Corte transversal de pavimentos con aditivos.....	90
Figura n.º 21. Cronograma para pavimento sin aditivo.....	93
Figura n.º 22. Cronograma para pavimento con uso de aditivo PROES más cemento Portland....	93
Figura n.º 23. Análisis de resultados del Índice de grupo, Clasificación AASHTO.....	96
Figura n.º 24. Análisis de resultados de Índice de Plasticidad	97
Figura n.º 25. Análisis de resultados de CBR en el Km 2+500	99
Figura n.º 26. Análisis de resultados de CBR en el Km 5+500	99
Figura n.º 27. Análisis de resultados de CBR en el Km 8+500	100
Figura n.º 28. Comparación del CBR de acuerdo a cada dosificación.....	100
Figura n.º 29. Espesores de las capas del pavimento acorde a cada dosificación.....	103
Figura n.º 30. Costos del pavimento para cada dosificación	104
Figura n.º 31. Comparación de duración para ejecución.....	105

RESUMEN

La presente tesis demostró las ventajas que se obtienen al estabilizar suelos cohesivos entre los sectores Calamarca y Huaso con el aditivo químico PROES más cemento Portland para usarlo como subrasante mejorada de pavimentos. Una de ellas fue mejorar la capacidad de soporte del suelo y la otra fue demostrar que el uso de ambos aditivos permite disminuir los costos de la construcción respecto a una estructura tradicional de pavimento.

Este estudio es de tipo experimental puro, pues se manipuló la dosificación del aditivo PROES hasta determinar el óptimo porcentaje para obtener el máximo CBR. La metodología se basó en el estudio de tráfico, los estudios de mecánica de suelos, ensayos especiales como CBR y Proctor Modificado, y el diseño del pavimento mediante el método AASHTO 93. Con estos datos, se realizó el diseño de pavimento con y sin el uso de aditivo PROES más cemento Portland para verificar su conveniencia en cuanto a costos. Para la recolección de datos se utilizó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación, para definir los principales problemas que afectan a la carretera.

Se realizó el ensayo de CBR en tres puntos entre Calamarca – Huaso y se determinó que con la adición de 0.27 L/m^3 del aditivo líquido PROES y 45 Kg/m^3 de cemento Portland, el CBR de las tres muestras evaluadas aumentaron de 6.90% a 109.80%, de 7.57% a 116.40%, y por último de 7.54% a 114.28%, aumentando en más de quince veces el CBR del suelo natural.

A su vez, se compararon los costos por Kilómetro de los pavimentos con y sin aditivo PROES más cemento Portland. El pavimento con aditivo PROES y cemento Portland tiene un costo de S/ 368,487.90 por Km y el pavimento sin aditivos, de S/ 436,465.92 por Km, el cual supera en 18.45% al primero. También, se demostró que el tiempo de ejecución del pavimento con aditivos disminuye en 30.77% respecto a uno sin aditivos.

La investigación concluye que existe viabilidad técnica y económica para la construcción de pavimentos empleando aditivo PROES más cemento Portland como estabilizadores de suelos.

ABSTRACT

The present thesis showed the advantages obtained from stabilizing the soil between Calamarca and Huaso with PROES additive and Portland cement in order to use it as an improved subgrade for the pavement. One of them is to increase the soils support capacity and the other one is to demonstrate that the use of both additives allows to reduce the costs of construction compared to a traditional pavement structure.

This study is of the pure experimental kind, because the dosage of the PROES additive was manipulated until the optimal percentage was achieved in order to get the maximum CBR. The methodology was based in traffic study, soil mechanics studies, special tests like CBR and Modified Proctor Compaction Test, and pavement design using the AASHTO 93 method. With this data, the pavement design was elaborated with and without the use of PROES additive and Portland cement in order to verify its convenience in terms of costs. For data collection, the technique used was observation and the instrument was the observation guide, to define the main problems that affect the road.

The CBR test was performed in three sections between Calamarca – Huaso and it was determined that with the addition of 0.27 L/m^3 of PROES liquid additive and 45 Kg/m^3 of Portland cement, the CBR of the three samples evaluated increased from 6.90% to 109.80%, from 7.57% to 116.40% and from 7.54% to 114.28%, increasing by more than fifteen times the CBR of the natural soil.

At the same time, the costs per Kilometer of pavement with and without PROES additive and Potland cement were compared. The pavement with both additives has a cost of S/ 368,487.90 per Km and the pavement without additives costs S/ 436,465.92 per Km, which is 18.45% more expensive than the first one. Also, it was demonstrated that the execution time of the pavement with additives decreases by 30.77% with respect to one without additives.

The investigation concludes that there is technical and economic feasibility for the construction of pavements using PROES additive and Portland cement as soil stabilizers.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años, el transporte ha ido ganando una importancia cada vez mayor en los países desarrollados e industrializados, en los cuales se ha transformado en una actividad necesaria y básica en los sectores económico y social. Desde el punto de vista económico, el transporte tiene como principal función poner en contacto a productos y consumidores, generando la especialización productiva y el libre acceso de los consumidores a una mayor y mejor variedad de productos. Además, cumple con una función social, ya que el transporte permite el normal y próspero desarrollo de las relaciones humanas (Analistas Económicos de Andalucía, 2001).

Es por ello que cada vez es mucho más importante tener carreteras de calidad para la seguridad vial de todos. Para obtener carreteras de calidad, se necesita diseñar adecuadamente la estructura del pavimento. Muchas veces, el problema radica en el material que conforma dichas capas, por lo cual, el uso de estabilizantes se vuelve necesario para obtener un pavimento que perdure en el tiempo.

El uso de estabilizantes de suelos para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo de carreteras está ampliamente difundido. En el mundo, existen diversos métodos para la estabilización de los materiales usados en la construcción de pavimentos. Existe la estabilización física, la estabilización mecánica y la estabilización química. Esta última consiste en la adición de sustancias o agentes estabilizantes como la cal, cemento Portland, emulsiones asfálticas, enzimas, y polímeros (Rico & Del Castillo, 2005).

En España, dependiendo del tipo de conglomerante, las estabilizaciones de suelos son principalmente realizadas con cemento Portland, cal aérea, o de forma mixta (mezclando ambos). Estos tipos de estabilizantes están contemplados dentro de la normativa vigente española. Sin embargo, en casos particulares se puede hacer uso de otros estabilizantes o la mezcla de cal o cemento Portland con otros materiales que permitan que su acción conglomerante sea reforzada. Por ejemplo, al mezclar cal con algunas escorias, cenizas volantes y otros tipos de residuos, estas últimas se activan y tienen propiedades cementantes. De este modo, el suelo es estabilizado por un método más económico y valorizando un residuo (Díaz & Sampedro, 2008).

En Chile, los aditivos que se utilizan comúnmente para la estabilización de suelos de carreteras son: cal, cemento Portland y asfalto. Acorde a estudios realizados en dicho país, la estabilización de suelos produce una mejora en los materiales marginales, mejora la resistencia y durabilidad del suelo, lo cual genera una reducción en cuanto a los requerimientos de espesor de los pavimentos, reduce el polvo y, por lo tanto, mejora la estabilidad de la estructura completa del pavimento (De Solminihac, Echevarría, & Thenoux, 2012).

Otros países como Argentina, además de utilizar los estabilizadores químicos más tradicionales, han buscado nuevas tecnologías para la estabilización de suelos de carreteras. En este país, existe la estabilización iónica, la cual resulta bastante económica en suelos especialmente arcillosos, a los cuales modificará sus características físicas y químicas, facilitando su compactación y capacidad portante (CON-AID ARGENTINA, 2012).

En nuestro país, el uso de estabilizadores químicos se inició en el año 1995, con el fin de mejorar las características físico – mecánicas de los suelos para subrasante de carreteras, con la aplicación de productos en tramos experimentales inicialmente y posteriores evaluaciones en laboratorio (Jiménez, 2014).

Tradicionalmente, se utilizan como aditivos para la estabilización de suelos de carreteras la cal, el cemento Portland y el asfalto. Sin embargo, en carreteras de Junín, Puno y Pasco, se han utilizado nuevas tecnologías, como el uso de estabilizantes iónicos, donde los suelos son principalmente arcillosos. Con ello, se ha logrado la reducción del índice de plasticidad de los mismos, el aumento de la máxima densidad seca y el aumento del CBR (TDM, 2011).

En diferentes carreteras de Cajamarca, ante la presencia de suelos limosos y/o arcillosos y la ausencia de canteras con suelos aprovechables, se ha optado como alternativa de solución el uso de estabilizantes químicos, como el uso de cal hidratada, el cual ofrece grandes ventajas en cuanto al mejoramiento de propiedades de los suelos ante la carencia de materiales útiles (PROVIAS, 2011).

En el departamento de La Libertad, específicamente en los distritos de Calamarca y Huaso, el uso de estabilizantes químicos en suelos para carreteras es limitado.

El MTC constituye el ente rector y promotor para dotar de eficientes sistemas de carreteras. Por medio de los órganos de control e instituciones sectoriales se supervisa también el correcto funcionamiento de las vías de comunicación y el transporte, incluyendo autos y camiones (MTC, 2014).

Cuando se trata de transporte terrestre, se transforma en ejecutor y/o promotor de iniciativas destinadas a la construcción de nuevas carreteras, así como la puesta en marcha de grandes sistemas de transporte público.

(Ruano, 2012) realizó mezclas del 10%, 25% y 50% de arenas volcánicas sobre el material a estabilizar logrando aumentar el valor de CBR de 52.6% a 91.5%, lo que da un amplio margen de valores que se podrá seleccionar según sea la utilidad que se necesite aplicar.

(Cedeño, 2013) ha demostrado que la estabilización realizada con cal mejora de manera importante las características físicas y mecánicas iniciales del suelo de sub-rasante, aumentando su valor CBR de 9.5% a 15.8%.

(Atarama, 2015) demostró que el valor de soporte relativo (CBR) del material con aditivo PROES aumentó hasta el 300% con respecto al material sin aditivo, alcanzando un valor de CBR promedio de 121.7%.

El uso de estabilizadores demuestra que mejora la capacidad de soporte de un suelo significativamente, lo que implicará una mejora en la serviciabilidad y durabilidad de la estructura de un pavimento. Para el presente estudio, el aditivo que se utilizará es el PROES más cemento Portland que, al igual que otros estabilizadores químicos, funciona de manera satisfactoria.

Grandes empresas encargadas de la construcción de carreteras trabajan con este método de estabilización. Dentro de estas empresas están Odebrecht, Graña y Montero, OBRAINSA y Arauco.

En el Perú, el aditivo PROES ya ha sido aplicado, habiéndose ejecutado aproximadamente 200 Km de pavimentación, de los cuales 160 Km fueron ejecutados en el marco del contrato “Servicio de Gestión y Conservación por Niveles de Servicio de la Carretera EMP. PE – 22B (Puente Raither) – Puente Paucartambo – Villa Rica – Puerto Bermúdez – Von Humboldt y Puente Paucartambo – Oxapampa”, que cuenta con una longitud aproximada de 365 km. La ejecución del servicio está a cargo de Obras de Ingeniería S.A. (OBRAINSA).

Asimismo, se realizó el “Servicio de Gestión y Conservación Vial por Niveles de Servicio del Corredor Vial EMP. PE 04-B (Hualamapa) - Sondor - Huancabamba – Pacaipampa – Socchabamba – Puesto Vado Grande / Sondor – Tabaconas – EMP. PE 5N (Ambato) / Huancabamba – Canchaque y Socchabamba – Ayabaca, con un total de 610 Km, en el cual se aplicó el aditivo PROES, obteniendo resultados satisfactorios.

El estado de las carreteras en la mayoría de provincias del Perú deja mucho que desear tanto en costa, sierra y selva (Talledo, 2015). Por ejemplo, la carretera de penetración a la selva de la frontera con el Ecuador, del llamado IV eje vial que cubre las rutas Bagua, Imaza, Nieva y Saramiriza, se encuentra en mal estado y se ha visto afectada de manera sorpresiva, incluso antes de presentarse el fenómeno de El Niño y sin haberse desbordado los ríos que se encuentran cerca de la carretera (Diario La República, 2015). Esto se debe a un mal proceso constructivo o una mala estabilización del suelo lo cual conduce evidentemente al deterioro de la mencionada carretera.

El pavimento afirmado comprendido entre Calamarca y Huaso se encuentra actualmente en total abandono y su nivel de transitabilidad es defectuoso debido al poco mantenimiento que se le realiza y a que, durante el proceso constructivo, no se consideró el uso de un aditivo estabilizante de suelo. El tramo de carretera afirmado (10 Km) se encuentra deteriorado, por lo cual la carretera en general se encuentra en malas condiciones. Las fallas presentes en esta carretera son desprendimientos debido a la pérdida de agregados, deformaciones de tipo ahuellamiento y baches. Es por ello que los vehículos no ingresan con frecuencia a dicha ruta y los que circulan por ella podrían sufrir accidentes en la vía.

Los pavimentos en el país presentan muchas fallas y brindan una inadecuada transitabilidad y, contradictoriamente, los costos para su elaboración son elevados, por la cual el aditivo PROES es una solución que se encuentra disponible en el mercado, el cual permitirá ahorrar costos de materiales y brindar un pavimento de calidad a un menor precio.

La presente tesis consiste en la estabilización del suelo cohesivo localizado entre los sectores Calamarca y Huaso por medio del aditivo PROES más cemento Portland, para su uso como subrasante mejorada de pavimentos. A partir de ello, se hará el diseño de la estructura del pavimento y se calculará el costo del mismo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos localizados entre los sectores Calamarca – Huaso?

1.3. Justificación

La presente tesis se realiza con la finalidad de dar a conocer un nuevo aditivo para la estabilización de suelos llamado PROES, así mismo aplicarlo en el suelo comprendido entre los sectores de Calamarca y Huaso, en donde predominan los limos y arcillas, por lo cual su capacidad de soporte es relativamente baja y se evita su uso durante la construcción de pavimentos. Con esta tesis se demostrará el aumento de la resistencia mecánica de los suelos y su posibilidad de usarlo como capa subrasante de un pavimento.

Entre los sectores de Calamarca y Huaso existe una carretera de 10 Km que une ambos distritos, la cual forma parte de la red vial Emp. LI-121. El pavimento es de tipo afirmado y se encuentra actualmente en mal estado. Por el tiempo de servicio, esta carretera presenta múltiples fallas a lo largo de su recorrido. El rediseño de la carretera con material propio de la zona estabilizado con aditivo PROES más cemento Portland, permitirá mejorar el estado de la carretera, lo que, a su vez, beneficiará a los pobladores de ambas ciudades.

La estabilización con aditivo PROES y cemento Portland es un método poco utilizado en el Perú para el tema de estabilización de subrasantes debido a la falta de conocimiento sobre los beneficios que esta ofrece y, también, porque se cree que es un producto de costo elevado para el diseño de una carretera respecto a un diseño típico de base, sub base y carpeta asfáltica. Con la implementación de este método de estabilización se obtienen como principales beneficios el elevar

a más del 100% el CBR del material existente de la zona y el ahorro en costo de materiales y transporte.

La presente tesis aporta de manera significativa a las empresas constructoras dedicadas a la construcción de carreteras ya que da a conocer los beneficios del uso del aditivo PROES más cemento Portland como una alternativa de solución para la estabilización de suelos con un ahorro significativo en el uso de materiales.

Este trabajo de investigación fue desarrollado con el propósito de obtener el título profesional en la carrera de Ingeniería Civil. Además, con esta tesis, se busca aportar al conocimiento académico en la especialidad de carreteras y nuevas tecnologías de estabilización de suelos con fines de pavimentación.

1.4. Limitaciones

El uso del aditivo químico como el PROES más cemento Portland es un método de estabilización de suelos poco utilizada en el Perú; es por ello que la cantidad de antecedentes es limitada.

Por consiguiente, se harán todos los ensayos necesarios para la verificación de los resultados ofrecidos por PROES.

La investigación se limitará a analizar un diseño tradicional de pavimentos (sin mejoramiento de suelos) y un diseño de pavimento con mejoramiento de subrasante a base del aditivo químico PROES más cemento Portland, ambos diseñados bajo el método AASHTO 93.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio de mecánica de suelos, para identificar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas.

- Evaluar el aumento de la capacidad de soporte (CBR) del suelo estabilizado de la carretera.
- Explicar cómo actúa el aditivo PROES más cemento Portland en el suelo químicamente.
- Calcular los espesores de un pavimento con la aplicación del aditivo PROES más cemento Portland y de un pavimento tradicional sin mejoramiento de suelos, de acuerdo a la normativa vigente del MTC.
- Estimar los costos por Kilómetro de las principales partidas para los pavimentos con y sin la aplicación del aditivo PROES más cemento Portland, en base al análisis de costos unitarios.
- Estimar los tiempos de ejecución de los pavimentos con y sin la aplicación del aditivo PROES más cemento Portland.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

(Atarama, 2015) en su tesis “Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES”, tuvo como objetivo demostrar que el uso del aditivo PROES incrementa las propiedades mecánicas del suelo, como el aumento de la capacidad de soporte. Para ello, evaluó un tramo de carretera y determinó los espesores del afirmado para distintos sectores, luego de ello, realizó los ensayos de CBR y Proctor modificado en diferentes puntos de la carretera. Finalmente, determinó que el valor de soporte relativo aumenta en un 300% respecto al material sin aditivo, superando en todas las muestras ensayadas el 100% de CBR. De esta manera, se ha comprobado que el uso del aditivo PROES mejora significativamente la capacidad de soporte de un suelo para pavimentación, así como sus propiedades físicas y mecánicas, lo que garantiza su correcto desempeño.

(Beltrán & Copado, 2011) en su tesis “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Son.” Tuvo como objetivo estabilizar un suelo del sector en estudio adicionando un porcentaje óptimo de cal hidratada, para obtener así un mejor valor de soporte (CBR). Para ello, preparó mezclas de suelo con adición de cal en diferentes porcentajes, del 2% al 8% en intervalos de 2%, para luego determinar el porcentaje óptimo que se requiere para aumentar la resistencia del suelo. Determinó que con la adición de 2.5% de cal, aumenta el valor de CBR del 2.20% en estado natural al 22%; y con la adición del 6%, aumenta a 76.43%. De esta manera, se ha verificado que con el uso de cal como aditivo estabilizante se logra obtener un resultado satisfactorio para la estabilización de suelos con fines de pavimentación.

(Ravines, 2010) en su tesis “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras” tuvo como objetivo determinar el porcentaje óptimo de adición del aditivo enzimático para obtener un aumento en el valor de soporte relativo. Para ello, realizó muestras donde añadió 0.9 L, 1.0 L, 1.1 L y 1.5 L en 30 m³ de suelo, para luego someterlas a los ensayos de CBR. Determinó que el uso de este aditivo aumenta el valor de soporte relativo en un 200% respecto al material sin aditivo. Se ha comprobado que el uso de aditivos mejora las propiedades mecánicas del suelo como el CBR, lo cual es positivo para el adecuado funcionamiento de un pavimento.

(Cedeño, 2013) en su trabajo de graduación “Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante de la Avenida Quitumbe – Ñan, Cantón Quito”, tuvo como objetivo el

mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en carreteras, mediante la aplicación de un estabilizante de suelo a base de enzimas orgánicas. Para ello, realizó ensayos de laboratorio para determinar las principales características físicas y mecánicas del suelo, y luego comparó el CBR entre el suelo en estado natural y el suelo estabilizado con enzimas. Determinó que el CBR del suelo natural es de 9.5% y el del suelo estabilizado es de 15.8%, lo cual indica que aumenta su capacidad de soporte en un 66%. Finalmente, se ha demostrado que mediante el uso de aditivos químicos como las enzimas se puede estabilizar un suelo cuyas propiedades físicas y mecánicas sean deficientes.

(Ruano, 2012) en su trabajo de graduación “Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva” tuvo como objetivo analizar las propiedades y características de un suelo estabilizado con arenas volcánicas y cal viva. Añadió en diferentes proporciones el aditivo para la estabilización del suelo con el fin de determinar el porcentaje óptimo para obtener la mayor capacidad de soporte (CBR). Determinó que al añadir 50% de arenas volcánicas se logra obtener un CBR del 91.5%. Esto demuestra que la utilización de aditivos como arenas volcánicas y cal viva en los suelos es de gran ayuda para lograr un suelo con buena capacidad de soporte.

(Ugaz, Tupia, & Alva, 2001) en su artículo “Ensayos de estabilización de suelos con el aditivo RBI-81” tuvo como objetivo demostrar el incremento en la capacidad de soporte de los suelos con la adición de este aditivo. Para ello, se realizaron ensayos de laboratorio con diferentes tipos de suelo, en diferentes porcentajes de aditivo (0%, 2% y 4% en peso). Los ensayos que se realizaron fueron el Proctor Modificado y el de Capacidad de Soporte de California (CBR). El mayor incremento en las propiedades mecánicas del suelo, se vio reflejada cuando se añadió el 4% de aditivo a muestras de arenas mal gradadas y arenas limosas y arcillosas, logrando incrementar el CBR de 2.5 a 9.1 veces, para el 100% de la máxima densidad del ensayo Proctor Modificado. Con este estudio se ha comprobado que con la adición de este aditivo se logran incrementos importantes en la capacidad de soporte de los suelos, dependiendo de su naturaleza.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. ESTABILIZACIÓN CON ADITIVO PROES

El uso de aditivo PROES está enfocado en dar soluciones para lograr una pavimentación de alta calidad y durabilidad, usando de manera óptima los recursos y velando por el cuidado del medio ambiente durante los procesos. Esta tecnología aporta al suelo local existente de capacidad de soporte, lo cual garantiza pavimentos de calidad, alta duración y económicos, pues ahorra en costos de materiales y transporte.

La estabilización química de suelos con PROES consiste en el uso de dos aditivos: un aditivo sólido (cemento Portland) que realiza la función de aglomerante, y posteriormente, un aditivo líquido (PROESMR, diluido en agua), encargado de actuar por ionización y ordenación de las partículas del suelo, el cual debe haber sido estudiado y analizado previamente, para obtener la dosis óptima de los aditivos. De este modo, se logra una mezcla homogénea de suelo. Esta deberá ser compactada al menos en un 95% de la máxima densidad seca (MDS), con un CBR mínimo de 100%, con un espesor sugerido de diseño de 110 milímetros. Después de realizada la estabilización química con PROES más cemento Portland se imprimirá la superficie y se colocará una carpeta de rodado asfáltica de espesor máximo cuatro centímetros (PROESTECH, 2011).

2.2.1.1. Especificaciones técnicas

Usualmente, cualquier tipo de suelo puede ser estabilizado con este aditivo. Para ello, es necesario haber determinado las características físicas, composición mineralógica y comportamiento mecánico del suelo natural previamente. Luego, se realizará el estudio de dosificación que dependerá de los índices iniciales y de la estructura final que se desea obtener (PROESTECH, 2011).

La empresa encargada de distribuir este producto en el Perú ofrece una cartilla de dosificación, dependiendo de los distintos suelos genéricos que se pueden encontrar en el país (**ANEXO n.º 1**).

Todos los porcentajes de suelos a mezclar, así como las cantidades de los aditivos líquido y sólido, deberán ser ratificados en el estudio de dosificación por algún laboratorio de mecánica de suelos, al momento de determinar el sector donde se aplicará el aditivo PROES.

Las principales condiciones químicas del aditivo líquido son las siguientes:

- División de riesgo: Clase 8 – Líquido corrosivo
- Estado físico: líquido de color oscuro y apariencia oleosa

- Peso específico: 1.15
- pH: 1 a 1.5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución
- Estabilidad: producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C
- Fecha de caducidad: no tiene

2.2.2. DEFINICIÓN DE SUELO

Delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan (Crespo, 2004).

2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

2.2.3.1. Tamaño de las partículas

De acuerdo al origen de los elementos de los suelos, estos se clasifican en dos grupos: los primeros vienen a ser los suelos que provienen de la descomposición física y/o química de las rocas; y los segundos son aquellos cuyo origen es principalmente orgánico.

Los suelos más comunes identificados por los Ingenieros Civiles son los siguientes (Crespo, 2004):

- **Gravas**

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de roca y su tamaño varía desde 7.62 cm hasta 2.0 mm y generalmente son redondeadas. Se encuentran en lechos en depresiones de terrenos rellenas por el acarreo de los ríos.

- **Arenas**

Vienen a ser los materiales de granos finos y son provenientes de la denudación de las rocas, como también pueden ser obtenidas por trituración artificial. Sus partículas varían desde 2 mm hasta 0.05 mm de diámetro. Las arenas y las gravas suelen encontrarse en el mismo sitio.

- **Limos**

Los limos son suelos de granos finos cuyo tamaño varía entre 0.05 mm y 0.005 mm y pueden ser de dos tipos limos orgánicos que se produce en canteras o el que suele encontrarse en los ríos que es el limo orgánico siendo este último de características plásticas.

El tamaño del limo oscila entre la arena y la arcilla, y se puede considerar como arena microscópica, ya que de manera similar a la arena, el limo es una fracción meteorizada del material original con pocas propiedades químicas. El material predominante es el cuarzo, y en menor proporción están pequeños fragmentos de feldespatos, micas y óxidos e hidróxidos de hierro. Poseen una cierta plasticidad, cohesión y propiedades absorbentes, debido a las partículas de arcilla que suelen llevar adheridas. (Navarro & Navarro, 2013)

- **Arcillas**

Se denominan arcillas a las partículas de suelo con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa tiene como característica que al mezclarse con agua se vuelve plástica. Constituyen gran parte de los suelos y sedimentos ya que son, en su mayoría, productos finales de la meteorización de los silicatos.

Las arcillas presentan una estructura basada en el apilamiento de planos de iones oxígeno e hidroxilos. Los grupos tetraédricos $(\text{SiO})_4^{4-}$ se unen compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita y fórmula $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$, que constituyen la unidad fundamental de los filosilicatos. En ellas, los tetraedros se distribuyen formando hexágonos. El silicio tetraédrico puede estar, en parte, sustituido por Al^{+3} o Fe^{+3} . (García & Suárez)

2.2.3.2. Formación

Los principales factores para la formación de los suelos son:

- **Clima**

El clima es uno de los factores más importantes debido a que directamente ejerce influencia en los procesos que intervienen en la formación de este recurso e indirectamente afecta a los otros factores de formación. Los organismos y los cambios de temperatura también son importantes como las zonas tropicales en que se presentan precipitaciones debido a las temperaturas altas, las cuales serán totalmente diferentes a un suelo desarrollado en regiones áridas mediterráneas o templadas húmedas.

- **Material parental o de origen**

Este factor da referencia al material rocoso y minerales y darán origen al suelo. Existen diferentes materiales parentales que crean suelos con distintas propiedades y, generalmente, las rocas que conforman el suelo se las denomina rocas ígneas o rocas sedimentarias.

- **Relieve**

El relieve o topografía afectan directamente en la infiltración de agua, el micro clima (radiación y temperatura), el balance hídrico, los procesos de erosión y los procesos básicos de formación del suelo; por ejemplo, en la formación de cerros y montañas en las cordilleras.

- **Los organismos**

Las plantas son las primeras en producir cambios en el suelo en el cual se están desarrollando. De acuerdo a la distancia a una planta en particular o bien entre diferentes tipos de vegetación, las propiedades del suelo pueden variar. Por ejemplo, los suelos donde haya vegetación de las praderas y los bosques serán distintos, debido a que cada una de ellas ejerce sus propias características al suelo. En el caso de la vegetación de praderas, estas incorporan la materia orgánica al suelo por medio de la descomposición continua de las raíces. Por el contrario, en el caso de los bosques, esta materia orgánica es introducida al suelo especialmente por la caída de hojas y ramas, las cuales se descomponen en la superficie del suelo posteriormente.

- **Tiempo**

Gran parte de los procesos de formación de suelos están determinados por el tiempo. Es por ello que muchas de estas propiedades se desarrollan en función de este. Por ejemplo, la formación de agregados y de estructuras es posible de apreciarse en suelos bien desarrollados. Los suelos incipientes, por lo general, no presentan estructura.

2.2.4. PROPIEDADES ÍNDICE

2.2.4.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo y que está expresada generalmente en porcentaje. (Crespo, 2004).

La fórmula que lo define es la siguiente:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W es el contenido de humedad expresado en porcentaje (%)

Ww es el peso de agua contenido en el suelo

Ws es el peso del suelo seco

2.2.4.2. Granulometría

La granulometría consiste en la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, expresándolo como un porcentaje respecto al peso total de la muestra seca. El tamaño de las partículas del suelo está dado por los diámetros de los granos que lo conforman, una vez que estos sean indivisibles bajo la acción de una fuerza moderada (Cedeño, 2013).

Teniendo en cuenta el tamaño de las partículas de suelo, se tienen los siguientes tipos de materiales:

Tabla n.º 1

Tipo de material de acuerdo al tamaño de las 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: (Cedeño, 2013)

2.2.4.3. Límite líquido (LL)

El límite líquido está definido como el porcentaje de contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra. Viene a ser el contenido de humedad con el que el suelo cambia de estado plástico a estado líquido. Es por ello que, en el límite líquido, los suelos plásticos tienen una resistencia muy pequeña al esfuerzo al corte (Crespo, 2004).

$$L.L. = w_N \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan\beta}$$

Donde:

L.L. es el Límite Líquido

w_N es el contenido de humedad natural

N es el número de golpes

$\tan\beta$ es la pendiente de la línea de flujo

2.2.4.4. Límite plástico (LP)

El límite plástico está definido como el porcentaje de contenido de humedad con respecto al peso seco de la muestra. Viene a ser el contenido de humedad con el que el suelo cambia de un estado semisólido a un estado plástico (Crespo, 2004).

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

Donde:

L.P. es el Límite Plástico

Ph es el peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos.

Ps es el peso de los trocitos de filamentos secos en gramos.

Pw es el peso del agua contenida en los filamentos pesados en gramos.

2.2.4.5. Índice plástico

El índice plástico indica el margen en porcentaje, en el que el suelo mantiene condiciones plásticas, lo que equivale a decir que mide la plasticidad del suelo (Dal-Ré, 2001).

Se denomina índice plástico a la diferencia entre los límites líquido y plástico:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP es el Índice de plasticidad

LL es el límite líquido

LP es el límite plástico

2.2.4.6. Gravedad específica

El peso específico del suelo (γ_s) está definido como la relación entre el peso de las partículas sólidas del suelo y el peso del agua, considerando el mismo volumen y temperatura.

La gravedad específica de un suelo (G_s) está definido como la relación entre el peso unitario del material, en este caso del suelo, y el peso unitario de agua destilada y libre de gas a 4°C.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_m}$$

Donde:

γ_s es el peso específico de los sólidos (g/cm^3)

γ_m es el peso específico del agua destilada a 4°C (g/cm^3)

2.2.4.7. Densidad seca máxima – Humedad óptima

El ensayo tiene como objetivo determinar la relación entre la humedad y densidad de un suelo compactado. Esto se realizará en un molde mediante un pisón en caída libre bajo una energía específica de compactación. Las dimensiones del molde, la masa del pisón, así como la energía de compactación están estandarizados de acuerdo a norma.

La compactación es el proceso mecánico con el que se busca disminuir la cantidad de vacíos de una masa de suelo, lo que facilitará el contacto más íntimo entre las partículas del mismo, generando un aumento de la densidad del suelo.

Las variables que influyen en el nivel de compactación de un suelo son la humedad del mismo y el nivel de energía de compactación.

2.2.4.8. Ensayo Proctor Modificado

El ensayo de compactación Proctor es uno de los procedimientos más importantes para el estudio y control de calidad de la compactación de un terreno.

El ensayo fue desarrollado por Ralph R. Proctor en la década de los años 30, con el fin de determinar el contenido de humedad óptimo y la Densidad Seca Máxima. Gracias a este ensayo es posible determinar la compactación máxima de un terreno respecto a su contenido de humedad. Esto permitirá optimizar costos y el desarrollo estructural e hidráulico al inicio de una obra. Actualmente, la AASHTO ha estandarizado tanto el “Ensayo Proctor Normal” como el “Ensayo Proctor Modificado”. La principal diferencia entre ellos es la energía utilizada, debido al peso del pisón y la altura, características que son mayores en magnitud en el Ensayo Proctor Modificado.

En el ensayo se compacta en un molde de volumen estandarizado muestras de un mismo suelo, las cuales tendrán diferentes humedades, pero serán sometidos a la misma energía de compactación. Luego, se registran las densidades secas y el contenido de humedad de cada uno de los moldes, mediante una gráfica. En dicha gráfica, el punto más alto de la curva representa la Máxima Densidad seca y su proyección en la abscisa la humedad óptima.

Para obtener la curva humedad – densidad seca, se debe realizar el ensayo en varias muestras del suelo. Estos nos brindarán los puntos de dicha curva. Por lo general, con cinco de estos puntos es posible dibujar la curva y, por ende, obtener la densidad máxima Proctor y la humedad óptima correspondiente.

2.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

2.2.5.1. Sistema de clasificación AASHTO

En 1929, en Estados Unidos, nace uno de los primeros sistemas de clasificación, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler, creado para evaluar los suelos que se utilizaban en carreteras (Crespo, 2004).

Este sistema divide a los suelos en siete grupos, determinados a partir de ensayos de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

A la vez, son evaluados a través de un índice de grupo, el cual se calcula a partir de una ecuación empírica:

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

Donde:

F: porcentaje que pasa por el tamiz N° 200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

El índice de grupo se expresa en números enteros positivos, y cuando este salga negativo, se expresará como $IG = 0$.

El sistema de clasificación AASHTO se encuentra detallado en el **ANEXO n.° 4**.

2.2.5.2. Sistema de clasificación SUCS

El sistema de clasificación SUCS fue presentado por Arthur Casagrande como una adaptación más general al sistema de clasificación que propuso anteriormente en 1942 para la construcción de pistas de aterrizaje.

Los suelos son designados por símbolos de grupo, consistentes de un prefijo que indica las iniciales de los nombres ingleses de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba) y un sufijo que indica las subdivisiones en dichos grupos (Crespo, 2004).

El sistema de clasificación SUCS se encuentra detallado en el **ANEXO n.° 3**.

Tabla n.º 2
Prefijos y sufijos para cada tipo de suelo

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Mal gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: (Cedeño, 2013)

A partir de los símbolos, pueden establecerse las siguientes combinaciones que permitirán definir un tipo de suelo:

Tabla n.º 3
Combinaciones en función de los prefijos y sufijos del suelo

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES		
GW	Gravas (>50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien gradada
GP			Mal gradada
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas (<50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)	Bien gradada
SP			Mal gradada
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	

OL	SUELOS	Baja plasticidad (LL<50)
OH	ORGÁNICOS	Alta plasticidad (LL>50)
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos

Fuente: (Cedeño, 2013)

Suelos gruesos

Dentro de estos suelos se encuentran las gravas (G) y las arenas (S). Si menos de la mitad de la fracción gruesa de un suelo pasa por la malla N° 4, un suelo pertenece al grupo de las gravas; en caso contrario, pertenecerá al grupo de las arenas.

Suelos finos

Los suelos finos son aquellos que pasan al menos el 50% por el tamiz N° 200. Estos vendrían a estar conformados por los limos, arcillas y suelos orgánicos. Estos se dividen a su vez por el límite líquido que posea. Si es menor de 50%, es decir si el suelo es de compresibilidad baja o media, son de baja plasticidad. Si el límite líquido es mayor al 50%, es decir, que el suelo es de compresibilidad alta, son suelos de alta plasticidad.

2.2.6. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS

2.2.6.1. Relación de soporte California (CBR)

El ensayo de CBR se utiliza para medir la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad, con el fin de evaluar la calidad del terreno de la sub rasante, sub base o base del pavimento. La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y está normado por la ASTM D 1883-73. Este ensayo es un factor básico para el dimensionamiento de pavimentos.

Se aplica para la evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%. Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado.

2.2.7. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

De acuerdo al Manual de Carreteras (MTC, 2013), la estabilización de suelos es “el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos”. El principal objetivo de la estabilización de suelos es proveer de resistencia mecánica al mismo, y que dichas propiedades perduren en el tiempo, obteniendo un suelo que tenga la capacidad suficiente de soportar los efectos del tránsito, así como las condiciones climáticas más adversas.

2.2.7.1. Criterios para establecer la estabilización de suelos

- Se deberá considerar un estudio especial para la estabilización de suelos cuando el suelo presente en la subrasante posea un CBR inferior al 6%, o cuando se encuentre en áreas blandas o en zonas húmedas locales.
- Cuando el suelo que conforma la subrasante sea arcillosa o limosa y, cuando entre en contacto con agua, estas partículas penetren en las capas granulares que forman la estructura del pavimento contaminándolas. Para ello, se debe considerar colocar una capa de material anticontaminante de espesor igual o mayor a 10 cm.
- Cuando haya presencia de nivel freático, se tendrá en cuenta una altura mínima entre esta y la superficie de la subrasante dependiendo de la calidad de esta última:

Tabla n.º 4
Altura mínima entre nivel freático y la subrasante

Calidad de la subrasante	Altura entre el nivel freático y la superficie de la subrasante
Extraordinaria o muy buena	0.60 m
Buena o regular	0.80 m
Pobre	1.00 m
Inadecuada	1.20 m

Fuente: (MTC, 2013)

- En zonas cuya altitud sea superior a los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos.
- Para establecer el tipo de estabilización, se debe determinar el tipo de suelo presente en la zona. La mayoría de suelos que se estabilizan son: los limos, las arcillas, las arenas limosas y las arenas arcillosas.

Los factores a considerar para la elección del método de estabilización son:

- Tipo de suelo
- Uso propuesto del suelo
- Tipo de aditivo estabilizador
- Experiencia en el tipo de estabilización a aplicar
- Disponibilidad del tipo de aditivo
- Disponibilidad del equipo adecuado
- Costos comparativos

2.2.7.2. Tipos de estabilización

Tabla n.º 5

Características y Procedimientos de cada tipo de estabilización de suelos

Tipos de estabilización	Características y Procedimientos
Estabilización mecánica	Consiste en someter a una acción mecánica repetitiva de corta duración sobre una masa de suelo, sin alterar su estructura y composición básica.
Estabilización por combinación de suelos	Consiste en escarificar 15 cm del suelo existente y colocar material de préstamo, para luego humedecerlos hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación. Luego se mezclan y compactan hasta obtener la densidad y los espesores mínimos exigidos en el proyecto.
Estabilización por sustitución de suelos	Caso 1. Capa se construye directamente sobre el suelo natural:
	Se deberá escarificar 15 cm del suelo natural. Luego, colocar y compactar el material de préstamo en capas hasta lograr el nivel de subrasante y densidad exigidos. Los materiales serán humedecidos para alcanzar la humedad apropiada de compactación.
	Caso 2: Excavar previamente el suelo natural y reemplazarlo por material de préstamo:
	Se deberá remover el suelo existente, de acuerdo a un espesor establecido. Luego, compactar y colocar en capas el material de adición hasta alcanzar el nivel de subrasante exigido.

Estabilización química

Suelos estabilizados con cal:

Consiste en mezclar suelo con cal y agua. El efecto más importante que la cal produce en el suelo es cambiar la plasticidad del último de manera significativa. Asimismo, aumenta la humedad óptima de compactación. Esto conlleva a la densificación de suelos de humedad natural elevada, lo cual permite construir la capa de rodadura sobre estos suelos.

Suelos estabilizados con cemento Portland:

Consiste en mezclar suelo disgregado, cemento Portland, agua y otras adiciones eventuales, para luego ser compactado y curado. Con ello, se consigue que el material suelto se convierta otro endurecido, de mayor resistencia.

Suelos estabilizados con escoria:

Esta estabilización se realiza con el fin de evitar la explotación de canteras nuevas; al no requerir que los agregados sean procesados, se genera una reducción en cuanto al consumo de energía y combustibles, reduciendo la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente y manteniendo el paisaje de la zona.

Suelos estabilizados con productos asfálticos:

Tiene como principal fin aumentar la estabilidad debido a sus propiedades aglomerantes (propias del ligante), que genera la unión entre las partículas del suelo, consiguiendo un suelo impermeable, lo que lo hace más estable ante las condiciones climáticas más hostiles.

Fuente: Manual de Carreteras (MTC, 2013)
Elaboración: Propia

2.2.7.3. Estabilización química por ionización

La ionización es el fenómeno químico o físico mediante el cual se producen iones. Estos son átomos o moléculas cargadas eléctricamente debido al exceso o falta de electrones respecto a un átomo o molécula neutra. A la especie química con más electrones que el átomo o molécula neutros se le llama anión, y posee una carga neta negativa, y a la que tiene menos electrones catión, teniendo una carga neta positiva. Hay varias maneras por las que se pueden formar iones de átomos o moléculas.

En ciertas reacciones químicas la ionización ocurre por transferencia de cationes como se puede apreciar en la Figura n.º 1.

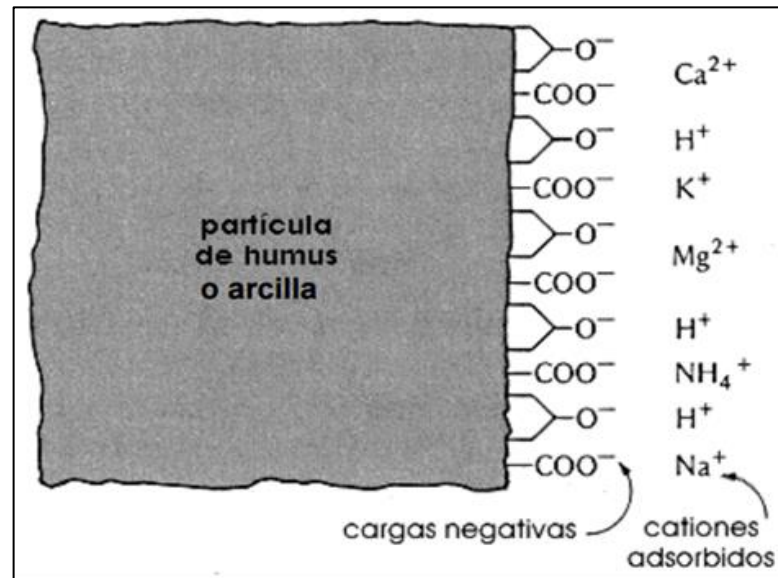


Figura n.º 1. Reacción química por ionización

Existe una gran importancia de capacidad de intercambio ya que se puede mejorar en los siguientes aspectos:

- Interviene en los procesos de floculación - dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

2.2.8. CAMINOS Y CARRETERAS

La palabra carretera se define como una obra de infraestructura utilizada para el paso y tránsito de vehículos, la cual sirve como vía de comunicación entre poblados (Alonzo & Rodríguez, 2005). Para garantizar su durabilidad en el tiempo, se deben considerar ciertos criterios, como ser capaz de soportar las cargas de tránsito a las cuales será sometida, así como contar con obras adicionales que mitiguen los efectos del clima, ya sea por medio de cunetas, badenes, pendientes de bombeo, etc. (Atarama, 2015)

2.2.8.1. Clasificación

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014) presenta la clasificación de carreteras en función a la demanda y orografía:

2.2.8.1.1 Clasificación por demanda

Tabla n.º 6
Clasificación de carreteras de acuerdo a su demanda

Criterios	Autopistas de Primera Clase	Autopistas de Segunda Clase	Carreteras de Primera Clase	Carreteras de Segunda Clase	Carreteras de Tercera Clase	Trochas Carrozables
IMDA (veh/día)	6,000	6,000 – 4,001	4,000 – 2,001	2,000 - 400	< 400	< 200
Separador Central	> 6.00 m	1.00 m – 6.00 m	-	-	-	-
Número de calzadas	2 o más	2 o más	1	1	1	1
Número de carriles por calzada	2 o más	2 o más	2	2	2	-
Ancho mín. carril	3.60 m	3.60 m	3.60 m	3.30 m	3.00 m	
Ancho mín. calzada	-	-	-	-	-	4.00 m
Superficie de rodadura	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Pavimentada	Afirmada o pavimentada	Afirmada o sin afirmar

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

Elaboración: Propia

2.2.8.1.2 Clasificación por orografía

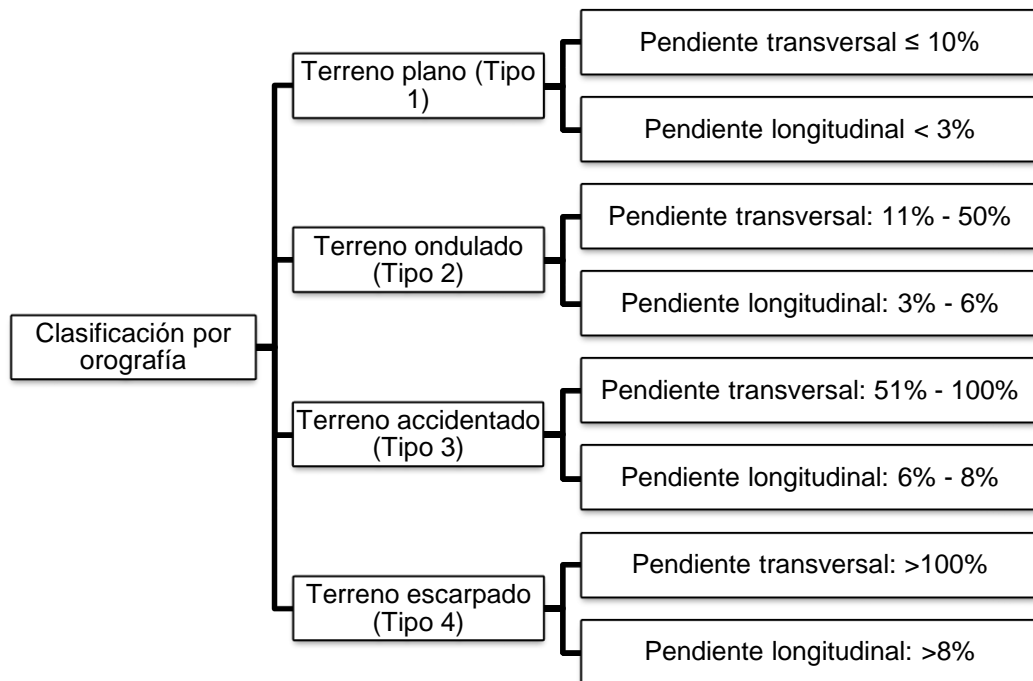


Figura n.º 2. Clasificación por orografía de carreteras. (MTC, 2014)

2.2.9. PAVIMENTOS

Sistema estructural conformado por varias capas que se construyen sobre la subrasante de un camino, con el fin de resistir de manera directa los esfuerzos originados por las cargas del tránsito y transmitirlos a estratos inferiores de forma disipada (Atarama, 2015).

Está conformada, por lo general, por las siguientes capas: base, sub base y capa de rodadura, las cuales se apoyan sobre el suelo natural o subrasante.

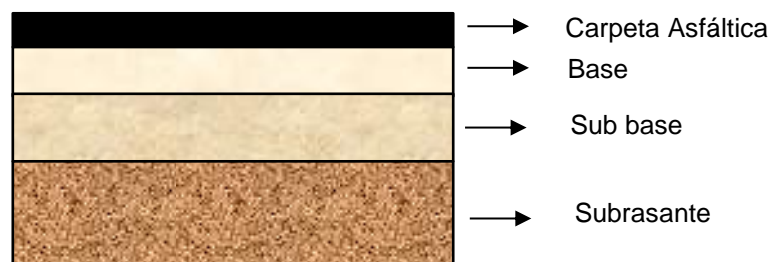


Figura n.º 3. Estructura tradicional del pavimento

a. Capa de rodadura

Es la capa más superficial del pavimento. Puede estar compuesto de material bituminoso (pavimento flexible), de concreto de cemento Portland (pavimento rígido) o de adoquines. Su función es absorber las cargas y tensiones originadas por el tráfico y distribuirlas adecuadamente a las capas inferiores a ella, para de evitar grandes deformaciones.

b. Base

Es la capa que se encuentra debajo de la superficie de rodadura y sobre la sub base. Tiene como fin sostener, distribuir y transmitir las cargas del tránsito. Esta capa estará conformada de material granular drenante, que posea una capacidad de soporte CBR mayor o igual al 80%, o tratada con cal, cemento Portland o asfalto.

c. Sub base

Se encuentra debajo de la base y sobre la subrasante. Sirve como capa de drenaje, por lo que se utiliza como controlador de la capilaridad del agua. Esta capa estará conformada por material granular cuyo CBR sea mayor a 40%, sino deberá ser tratada con cal, cemento Portland o asfalto.

d. Subrasante

Es la capa del suelo que deberá ser preparado y compactado previamente, para luego colocar la estructura del pavimento. La subrasante tiene como función soportar la estructura completa del pavimento; por ello, el suelo debe contar con características aceptables, el cual será compactado en capas de tal forma que constituyan un cuerpo estable en óptimo estado, con el fin de evitar que esta se vea afectada por la carga de diseño proveniente del tránsito.

En base a su capacidad de soporte CBR, el MTC lo divide en seis categorías:

Tabla n.º 7
Categorías de Subrasante acorde al CBR del suelo

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante insuficiente	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	De CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras (MTC, 2014)

2.2.10. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

El suelo puede ser considerado un sistema natural conformado por una mezcla de minerales y restos orgánicos bajo la influencia del clima y del medio biológico; está diferenciado en horizontes y aporta los nutrimentos necesarios para la supervivencia de las plantas, al contener las cantidades de aire y agua convenientes.

Los objetivos de los análisis físicos y químicos de suelos son variados: fertilidad, taxonomía, cartografía, diagnóstico y recuperación, impacto ecológico, etc. En el presente estudio, se realizará con el fin de determinar cómo actúa el aditivo estabilizante en el suelo.



Figura n.º 4. Ensayos físicos y químicos del suelo. (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, 2000)

2.2.10.1. Análisis físicos

Los ensayos se realizan con la finalidad de conocer las propiedades físicas y fisicoquímicas de las muestras de suelo.

a. Color

Consiste en comparar el color observado de las muestras de suelo con colores registrados en las Tablas de color de suelo Munsell, donde se manejan parámetros de Hue, Value y Chroma. Esta propiedad del suelo se utiliza como indicador para denominar horizontes y es determinante para la clasificación.

Tabla n.º 8
Componentes modificadores del color del suelo

COLOR	COMPONENTES
Negro y Marrón	Presencia de materia orgánica.
Blanco y Gris	Presencia de cuarzo, yeso y caolín.
Amarillos	Presencia de óxidos de fierro hidratado.
Rojo	Presencia de Óxidos de fierro y manganeso.

Fuente: (Brack & Mendiola, 2004)

b. PH

El potencial de hidrógeno o concentración de protones de una solución acuosa, se define a través de una función logarítmica:

$$pH = \log_{10} \frac{1}{[H^+]} = -\log_{10}[H^+]$$

Esta función indica que el pH es el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones. La escala del pH está basada precisamente en la disociación del agua, y tiene como valor central el pH del agua pura a 25°C.

Con este ensayo se determina la actividad del ion hidrógeno a través del uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al mismo.

El pH es una medición común e importante dentro de los análisis de suelos, ya que controla las reacciones químicas y biológicas en él. Para su determinación, se ve afectada por factores como el tipo y cantidad de constituyentes orgánicos e inorgánicos que contribuyen a la acidez del suelo, la concentración de sales, la relación suelo solución, la presión parcial del bióxido de carbono, etc.

Tabla n.º 9
Clasificación de los rangos del pH

Denominación	Rango de pH
Ultra ácido	< 3.5
Extremadamente ácido	3.5–4.4
Muy fuertemente ácido	4.5–5.0
Fuertemente ácido	5.1–5.5

Moderadamente ácido	5.6–6.0
Ligeramente ácido	6.1–6.5
Neutro	6.6–7.3
Ligeramente alcalino	7.4–7.8
Moderadamente alcalino	7.9–8.4
Fuertemente alcalino	8.5–9.0
Muy fuertemente alcalino	> 9.0

Fuente: (Martínez-Álvarez, Rodríguez, & Sánchez, 2007)

2.2.10.2. Análisis químicos

Los ensayos se realizan con el fin de evaluar la concentración y determinar aquellas variables que sirven para clasificar un suelo.

En el siguiente cuadro, se presenta la composición de las rocas ígneas y de tres suelos con diferentes grados de desarrollo:

Tabla n.º 10
Composición química del suelo

CONSTITUYENTE	ROCAS ÍGNEAS PROMEDIO	SUELO VOLCÁNICO RECIENTE	SUELO MEDIANAMENTE METEORIZADO	SUELO ALTAMENTE METEORIZADO	ROCA VOLCÁNICA
SiO ₂	59.1	49.2	31.4	3.3	62
Al ₂ O ₃	15.3	20	25.3	18.5	19.5
Fe ₂ O ₃	7.3	17.5	1.3	63	4.5
TiO ₂	1	1.7	1.1	0.8	0.8
MnO	0.1	nd	nd	0.4	0.6
CaO	5.1	1	0.1	0.1	5
MgO	3.5	1	0.1	0.3	2.1
K ₂ O	3.1	0.6	0.5	0.1	1.8
Na ₂ O	3.8	1.3	0.1	0.5	4.3
P ₂ O ₅	0.3	nd	nd	nd	0.2
SO ₃	0.1	nd	nd	nd	0
Pérdida ignición	1.2	nd	10.32	12.7	nd
Total	99.9	100.3	70.22	99.7	100.3

Fuente: (Fassbender & Bornemisza, 1994)

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La aplicación de aditivos químicos en las cantidades óptimas influye positivamente en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018.

2.3.2. Hipótesis específicas

- La cantidad óptima del aditivo líquido PROES más cemento Portland aumentará la capacidad de soporte (CBR) del suelo a más del 100%.
- El uso del aditivo PROES y cemento Portland en el diseño de la estructura del pavimento de la carretera disminuirá su costo en más del 15% respecto a una sin la utilización de aditivos.
- La estabilización con el aditivo PROES actúa por ionización.
- El tiempo de ejecución del pavimento con el uso del aditivo PROES más cemento Portland es menor al del pavimento sin la utilización de aditivos.

Tabla n.º 11
Hipótesis

HIPÓTESIS	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La aplicación de aditivos químicos en las cantidades óptimas influye positivamente en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018.	1. Aplicación de aditivos químicos 2. Estabilización del suelo para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso	Propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo	Influye	Calamarca – Huaso, departamento La Libertad	2018

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla n.º 12

Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES / INDICADORES	INDICADORES
Estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso	Consiste en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo a través de métodos o procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos. En este caso será a través del uso del aditivo químico PROES más cemento Portland.	El mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo será medido a través del incremento en la capacidad de soporte del suelo y el aumento de la máxima densidad seca del suelo.	Caracterización del suelo	Estudio de Mecánica de Suelos: Contenido de humedad, Granulometría, Límites de Atterberg, Gravedad específica, Clasificación de suelos (AASHTO y SUCS).
			Estabilización por ionización	Ensayo químico
			Capacidad de soporte relativo del suelo	Ensayo CBR
			Máxima densidad seca	Proctor Modificado
			Diseño geométrico de la carretera	Mediante fórmulas para hallar los espesores de las capas que conforman la sección típica (diseño sin aditivo) y las que conforman la sección con PROES (diseño con aditivo).
			Costos de la carretera	Análisis de costos unitarios
			Tiempo de ejecución	Elaboración de cronogramas

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Diseño de investigación

Experimental - Experimental puro.

Según (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2010) el presente estudio es una investigación experimental, se entiende por diseño experimental como el proceso de planear un experimento, para esto es necesario tomar los datos apropiados con la mayor realidad posible, para luego analizarlos mediante métodos estadísticos que provoquen conclusiones válidas y objetivas. Es decir la filosofía del diseño experimental es la obtención de información con una alta fidelidad sobre el mensaje de la naturaleza a un costo mínimo.

Se contará con una pre prueba, una post prueba y un grupo control. En este caso, se incorpora la administración de pre pruebas a los grupos que componen el experimento: las probetas de suelos con y sin la adición de aditivo PROES y cemento Portland. Las muestras de suelos fueron asignados al azar al grupo control o experimental para garantizar el sesgo estadístico, después se les administra simultáneamente la pre prueba (Ensayos de laboratorio), un grupo recibe el tratamiento experimental y otro no (adición del aditivo PROES más cemento Portland); y finalmente se les administra una post prueba (Ensayos de laboratorio).

Tabla n.º 13
Diseño de investigación experimental

Grupo	Asignación	Pre Prueba	Tratamiento	Post Prueba
Grupo experimental	Probeta de suelos con adición de PROES y cemento Portland	Ensayos de Laboratorio: - Granulometría - Contenido de humedad	Adición de aditivo PROES y cemento Portland	Ensayo Proctor Modificado Ensayo CBR Diseño de pavimento (Método AASHTO 93)
	Probeta de suelo estabilizado sin aditivos	- Límites de Atterberg - Gravedad específica	-	Ensayo Proctor Modificado Ensayo CBR Diseño de pavimento (Método AASHTO 93)

Fuente: Elaboración propia

Las dosificaciones se escogieron aleatoriamente de acuerdo a los rangos ofrecidos por la cartilla de dosificaciones dada por PROES. Además, se realizaron las mencionadas dosificaciones en tres puntos diferentes de los sectores Calamarca – Huaso, en el Km 2+500, Km 5+500 y Km 8+500. Por último, se tiene un control de resultados de acuerdo a las dosificaciones suministradas.

3.3. Unidad de estudio

2 probetas:

- 1 Probeta de suelo estabilizado con aditivo PROES y cemento Portland
- 1 Probeta de suelo en estado natural sin aditivos (patrón)

3.4. Población

Todo el suelo adyacente a la carretera de 10 Km que une los sectores Calamarca y Huaso.

3.5. Muestra

Para la presente investigación se realizó un muestreo no probabilístico por criterio técnico o juicio debido a que la muestra se seleccionará a base del conocimiento y juicio del investigador. La elección se hará de acuerdo al criterio profesional, basándose en el Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2013).

Este manual indica que en el caso de carreteras de bajo volumen de tránsito, se realizará una (1) calicata por cada kilómetro de carretera, como indica la *Tabla n.º 14*, con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante.

Tabla n.º 14
Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata x Km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada

Fuente: Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2013)

Para los ensayos de CBR, se extraerán muestras cada tres (3) kilómetros de carretera, como indica la *Tabla n.º 15*.

Tabla n.º 15.
Número de ensayos CBR

Tipo de carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata cada 3 Km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada

Fuente: Manual de Carreteras. Sección Suelos y Pavimentos (MTC, 2013)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos: Observación

Se escogió la Observación como técnica de recolección de datos porque permite determinar y analizar los principales problemas que afectan a la carretera en estudio.

La Observación es un proceso que forma parte de la investigación, en el cual se evalúa una determinada realidad, con el fin de conocer sus características, definir un problema o evaluar situaciones.

Para este estudio, se determinarán los diferentes problemas que poseen los sectores Calamarca – Huaso, percibidos mediante la observación, y serán registrados en una Guía de Observación.

3.6.2. Instrumento: Guía de Observación

Como instrumento de recolección de datos se seleccionó la Guía de Observación ya que constituye uno de los métodos de registro y sistematización de observación más flexible y útil en investigaciones de este tipo, ya que permite mantener un proceso uniforme y ordenado de examinación, registro y archivación de información gráfica y/o escrita de manera concisa.

La Guía de Observación es un instrumento en físico que permite el registro no estructurado de un contexto en estudio. A través de la guía, se obtendrán los datos necesarios que permitan determinar los principales problemas que afectan a los sectores Calamarca – Huaso (**ANEXO n.º 2**).

Síntesis de las guías de observación

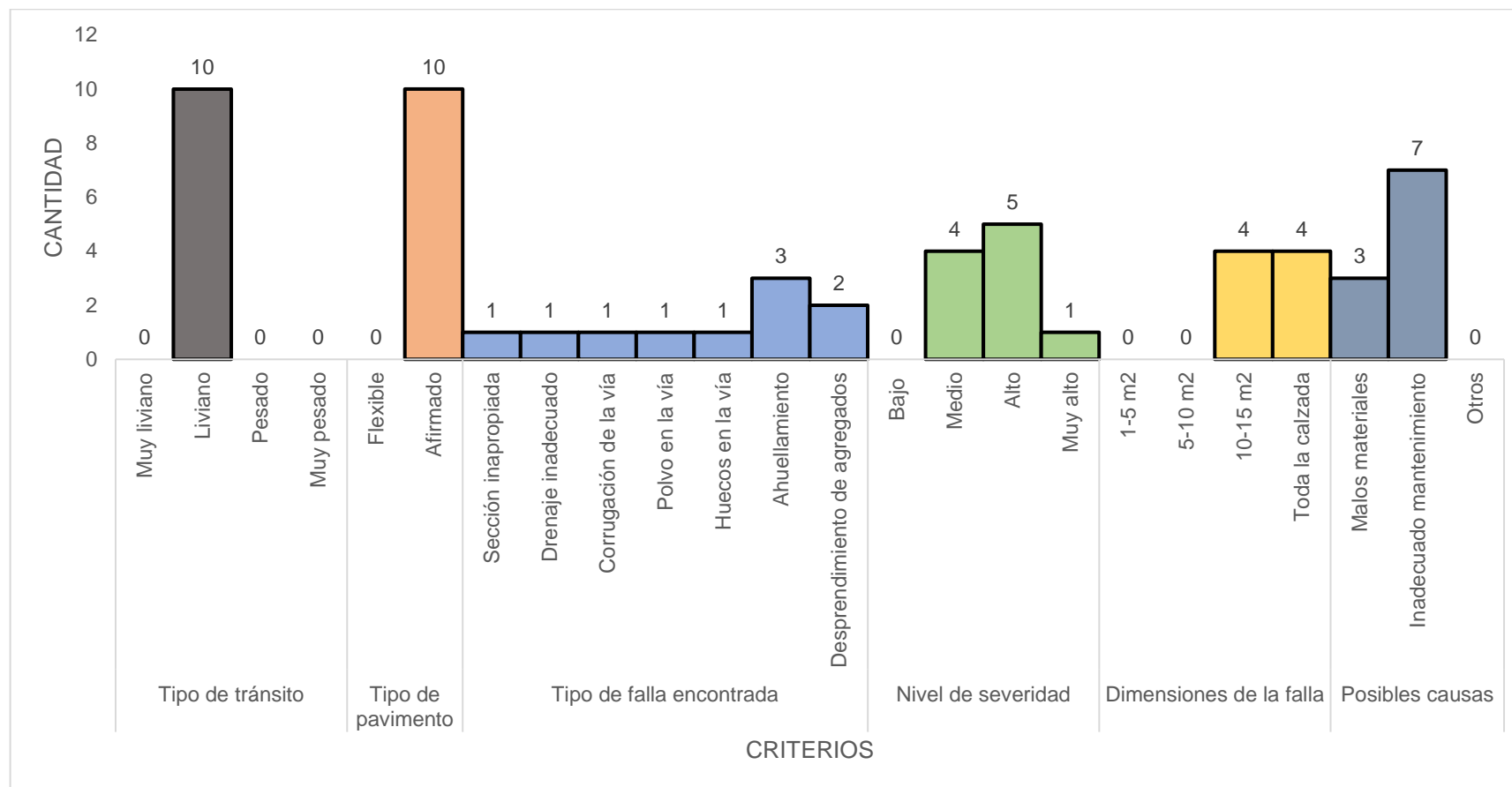


Figura n.º 5. Síntesis de las guías de observación

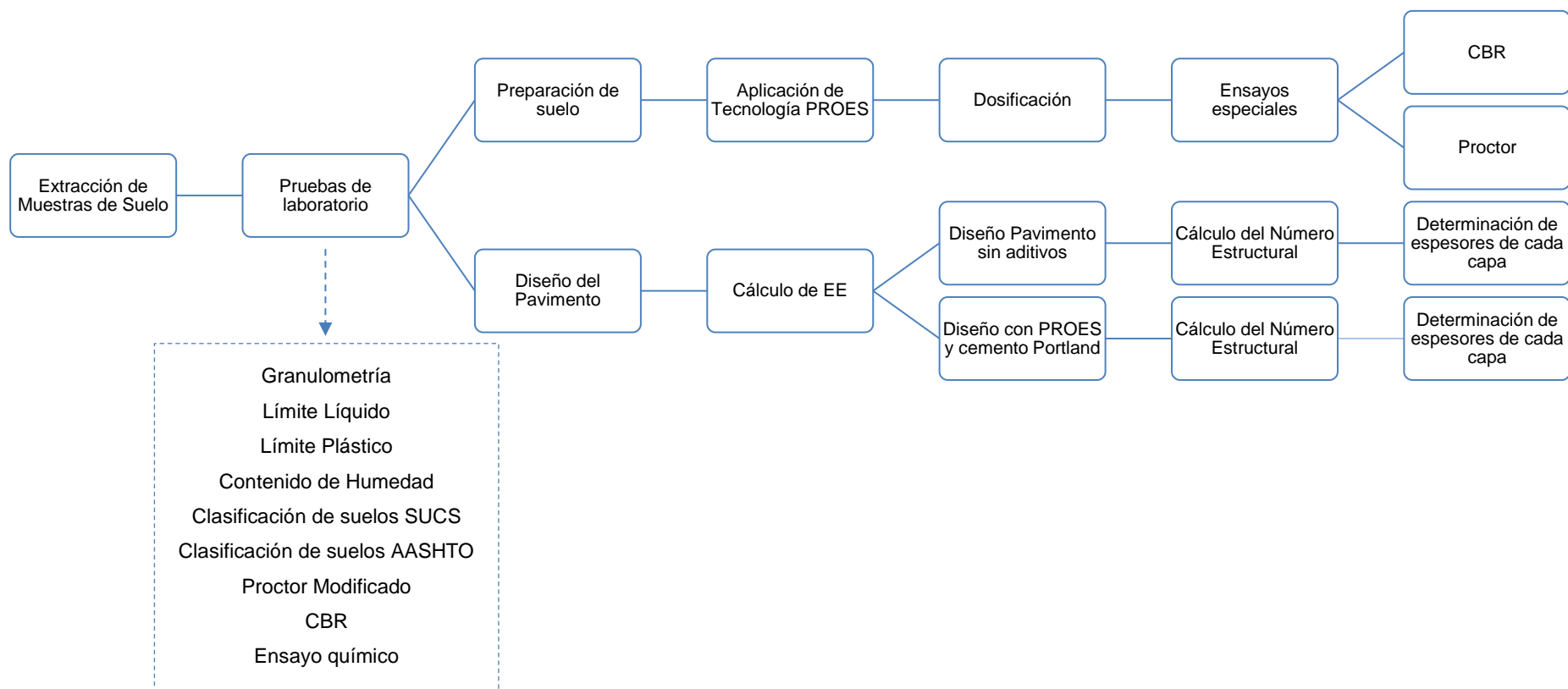
Se optó por emplear un gráfico de barras para agrupar la información recolectada ya que de esta manera podemos ver las principales características y problemas que presentan. Asimismo, estos gráficos nos permiten analizar más a detalle, como un resumen, todas las guías de observación.

A partir de los gráficos, se observó lo siguiente:

- El tipo de tránsito de la carretera en estudio es liviano en su totalidad.
- También, el tipo de pavimento de la carretera en estudio es afirmado.
- El tipo de falla más frecuente es el ahuellamiento, seguido por la pérdida de agregados.
- El nivel de severidad de las fallas es mayormente alto.
- Las dimensiones de las fallas encontradas son en su mayoría de diez a quince metros cuadrados y en toda la calzada.
- Estas fallas son generalmente causadas por el inadecuado mantenimiento que se le realiza.

Con estos datos, se determinó que el estado actual del pavimento es inadecuado; es por ello que es necesario el mantenimiento de la carretera. Para un adecuado mantenimiento y perdurabilidad en el tiempo, se recomienda realizar la estabilización del suelo de los sectores Calamarca – Huaso.

3.7. Métodos y procedimientos de análisis de datos



3.7.1. Procedimiento de muestreo

Para la caracterización del material existente, el muestreo consistió en realizar calicatas por cada Kilómetro de carretera, a una profundidad de 1.50 metros. El material extraído se colocó en sacos para posteriormente trasladarlas al laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte. Ahí el material fue analizado a través de diferentes ensayos para ser caracterizado.

3.7.2. Ensayos de laboratorio del suelo de fundación

Después de extraer las muestras de las calicatas realizadas, se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio:

a. Análisis granulométrico por tamizado	ASTM D-422
b. Límite líquido	ASTM D-4318
c. Límite plástico	ASTM D-4318
d. Contenido de humedad	ASTM D-2216
e. Clasificación SUCS	ASTM D-2487
f. Clasificación AASHTO	ASTM D-328
g. California Bearing Ratio	ASTM D-1883
h. Proctor Modificado	ASTM D-1557

3.7.3. Determinación de la dosificación óptima de aditivo PROES para la capa subrasante

Para determinar la dosificación a utilizar del aditivo, se tuvo en cuenta el tipo de suelo que conforma a la subrasante, el cual se determinó mediante los ensayos de laboratorio.

Luego, se tuvo en cuenta las dosificaciones sugeridas establecidas por PROES en su cartilla de dosificación (**ANEXO n.º 1**).

Como la cartilla establece rangos en cuanto a la cantidad de aditivo líquido y sólido a usar, se probaron diferentes proporciones (dentro del rango) de dichos aditivos hasta llegar al porcentaje óptimo a utilizar para las muestras de suelo extraídas.

El proceso de dosificación PROES sigue el siguiente diagrama de flujo:

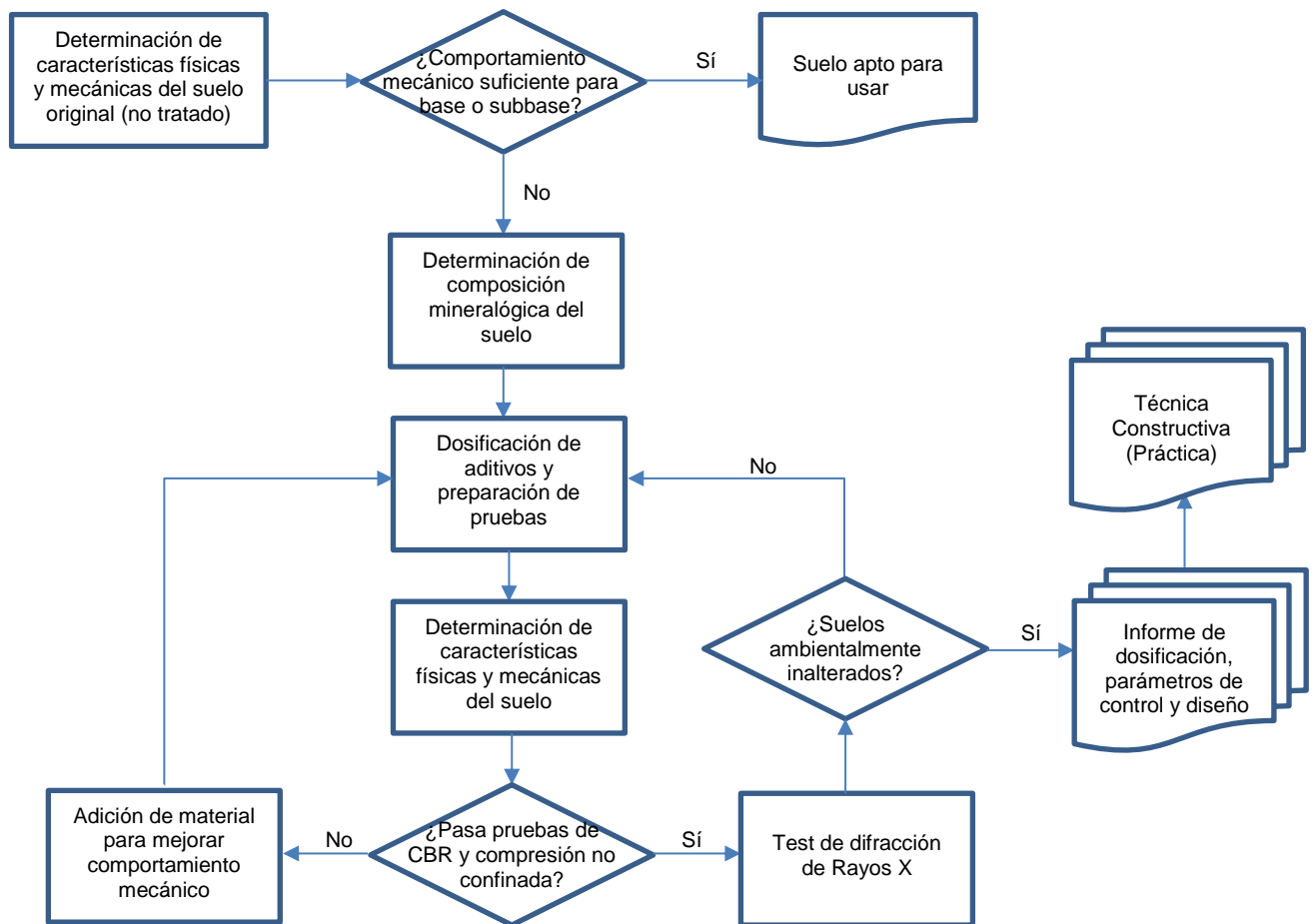


Figura n.º 6. Proceso de Dosificación PROES. (PROESTECH, 2011)

3.7.4. Tráfico vial

a. Cálculo del tráfico vial

Previa a la elección del método de diseño de la carretera, se tuvo que realizar el Estudio de la Demanda de Tráfico, el cual constituye un aspecto esencial para el diseño de las capas que conformarán el pavimento.

El estudio de tráfico proporcionará la información del Índice Medio Diario Anual (IMDA) para el tramo en estudio. Este cálculo servirá para el estudio de proyección de la demanda para el período de análisis, que se utilizará para establecer el número de Ejes Equivalentes (EE).

b. Cálculo del factor direccional y factor carril

El factor de distribución direccional está relacionado al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico.

El factor de distribución carril está relacionado al carril que tendrá el mayor número de EE.

Para determinar estos factores, se tuvo en consideración el número de sentidos, así como el número de carriles por calzada de carretera. Estos factores están determinados en el **ANEXO n.º 5**.

c. Cálculo de las tasas de crecimiento y proyección

El crecimiento del tránsito se calculó con la siguiente fórmula de progresión geométrica:

$$Tn = To(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

Tn: tránsito proyectado al año “n” en veh/día

To: tránsito actual en veh/día

n: número de años del período de diseño

r: tasa anual de crecimiento del tránsito

Para el cálculo de número de repeticiones de EE, se calculará el Factor de Crecimiento Acumulado (FCa), de acuerdo a la tasa anual de crecimiento (r) y el período de análisis en años, ubicados en el **ANEXO n.º 6**.

d. Número de repeticiones de ejes equivalentes

Para calcular el número de EE, se usarán las siguientes relaciones simplificadas:

Tabla n.º 16

Relación de cargas por eje para determinar EE para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje equivalente (EE 8.2 ton)
Eje simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P/8.2]^{4.0}$
Eje tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P/14.8]^{4.0}$
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.90}$
Eje trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.0}$

Nota: P = Peso real por eje en toneladas. Fuente: (MTC, 2014)

e. Clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes en el período de diseño

Para clasificar al pavimento, se tendrá en cuenta el número de EE acumulados, calculados anteriormente. Esta clasificación es la siguiente:

Tabla n.º 17
Tipo de tráfico pesado de acuerdo al número de EE

Tipos de Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T _{P0}	75,000 EE - 150,000 EE
T _{P1}	150,001 EE - 300,000 EE
T _{P2}	300,001 EE - 500,000 EE
T _{P3}	500,001 EE - 750,000 EE
T _{P4}	750,001 EE - 1'000,000 EE
T _{P5}	1'000,001 EE - 1'500,000 EE
T _{P6}	1'500,001 EE - 3'000,000 EE
T _{P7}	3'000,001 EE - 5'000,000 EE
T _{P8}	5'000,001 EE - 7'500,000 EE
T _{P9}	7'500,001 EE - 10'000,000 EE
T _{P10}	10'000,001 EE - 12'500,000 EE
T _{P11}	12'500,001 EE - 15'000,000 EE
T _{P12}	15'000,001 EE - 20'000,000 EE
T _{P13}	20'000,001 EE - 25'000,000 EE
T _{P14}	25'000,001 EE - 30'000,000 EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: (MTC, 2014)

3.7.5. Diseño del espesor de las capas del pavimento

3.7.5.1. Período de Diseño

El período de diseño escogido para el diseño del pavimento flexible es de 10 años, debido a que se trata de un camino de bajo volumen de tránsito.

3.7.5.2. Variables

- Se realizó el estudio de tráfico en la zona de estudio, la carretera de Calamarca – Huaso, para determinar el número acumulado de ejes simples equivalentes a 18,000 lb (W18).

- Módulo de Resiliencia (M_r): A partir del estudio California Bearing Ratio, se determinó la capacidad de soporte del suelo en estudio, el cual servirá para determinar el Módulo de Resiliencia a partir de la siguiente ecuación:

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

3.7.5.3. Confiabilidad (%R)

Después de determinar el tipo de camino que corresponde a la carretera en estudio, se determinó el nivel de confiabilidad, de acuerdo a valores normados por el Manual de Carreteras (Ver **ANEXO n.º 7**).

3.7.5.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) se tomó según valores ofrecidos por el Manual de Carreteras, de acuerdo al volumen de tránsito obtenido en el estudio de tráfico (Ver **ANEXO n.º 8**).

3.7.5.5. Desviación Estándar Combinada (S_o)

Al tratarse del diseño de un pavimento flexible, el valor S_o tomado fue de 0.45.

3.7.5.6. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

3.7.5.6.1 Serviciabilidad Inicial (P_i)

La Serviciabilidad Inicial (P_i) fue tomada de acuerdo al tipo de tráfico de la carretera en estudio (Ver **ANEXO n.º 9**).

3.7.5.6.2 Serviciabilidad Final o Terminal (P_t)

La Serviciabilidad Terminal (P_t) fue tomada de acuerdo al tipo de tráfico de la carretera en estudio (Ver **ANEXO n.º 10**).

3.7.5.6.3 Variación de Serviciabilidad (Δ PSI)

(Δ PSI) es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo (Ver **ANEXO n.º 11**).

3.7.5.7. Número Estructural Requerido (SN_R)

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa 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 sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

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

Donde:

a_1 , a_2 , a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente (Ver **ANEXO n.° 12**).

d_1 , d_2 , d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

m_2 , m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base, respectivamente (Ver **ANEXO n.° 13**).

La ecuación SN 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.

3.7.6. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó mediante una inferencia estadística, que es un conjunto de métodos y técnicas que permiten inducir, a partir de la información empírica proporcionada por una muestra, cuál es el comportamiento de una determinada población con un riesgo medible en términos de probabilidad.

Para determinar la normalidad de la distribución, se eligió la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) ya que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí.

Su principal objetivo es probar la bondad del ajuste de una distribución de frecuencia teórica, es decir, si existe una diferencia significativa entre la distribución observada y la distribución de frecuencia teórica (esperada).

Las principales ventajas que ofrece esta prueba son las siguientes:

- Pruebas más potentes
- Más fácil de calcular y utilizar, ya que no requiere agrupación de datos

- La estadística de prueba es independiente de la distribución de la frecuencia esperada. Solo depende del tamaño de la muestra.

Una vez determinada la normalidad con la prueba K-S, se procede a probar la homogeneidad de las varianzas mediante el Estadístico de Levene. Esta prueba se realiza con el fin de determinar si la variable tiene la misma distribución de probabilidad en todas ellas, ya sea para utilizarlas conjuntamente, o bien para tratar de identificar las diferencias entre las poblaciones de procedencia de las distintas muestras.

Luego de comprobar la normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas, se procede a la prueba de hipótesis, que en este estudio se realizará mediante el Análisis de Varianza (ANOVA).

El Análisis de Varianza es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debido a diferentes variables explicativas. El método de Tukey se utiliza en el ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en pareja entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel específico.

Se seleccionó el ANOVA para la presente investigación ya que es fácil de planear y analizar, además es flexible en el empleo de números de tratamientos y repeticiones, solo está limitado por el número de unidades experimentales disponibles, además permite verificar si hay diferencias estadísticas significativas entre medias cuando se tienen más de dos muestras o grupos en el mismo planteamiento.

Para realizar el análisis de datos, se utilizó el software SPSS, que es un programa estadístico informático muy usado teniendo en cuenta su capacidad para trabajar con grandes bases de datos y una sencilla interfaz para la mayoría de los análisis.

CAPÍTULO 4. DESARROLLO

Inicialmente se realizó la inspección de la carretera a estudiar. Se observaron las principales fallas que posee el pavimento y se registraron en las Guías de Observación. Asimismo, se tomaron las fotografías correspondientes que sirvieron como evidencia de los problemas que tiene la vía en estudio.

Luego de acudir a la zona de estudio, se procedió a realizar el **muestreo**, el cual consistió en realizar una calicata por cada kilómetro de carretera, a una profundidad de 1.50 metros. La carretera cuenta con 10 Km, por lo tanto, se extrajeron un total de 10 muestras, las cuales fueron recogidas en costales etiquetando el kilometraje de dónde provino el material. Después, fueron llevadas al laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, para poder empezar a realizar los ensayos de laboratorio y caracterización de cada muestra de suelo.



Figura n.º 7. Extracción de muestras

A cada una de las muestras de suelo se le realizó un **análisis granulométrico**. Para ello, se adquirió por cuarteo una muestra de suelo. Esta fue secada en el horno a 110°C y luego lavada por el tamiz N.º 200. Luego, se tomó una porción de 500 gramos para proceder con el tamizado manual. Se agitaron los tamices de un lado a otro, haciendo un recorrido circular. Luego, se procedió a apuntar el peso retenido en cada tamiz en una tabla de datos, para procesar la información y poder realizar la curva granulométrica para cada muestra.



Figura n.º 8. Ensayo de granulometría por tamizado

Posteriormente, se determinó el **límite líquido** de cada una de las muestras. Para ello, se tomó una muestra de 160 gramos del material que pasó el tamiz N.º 40 y se mezcló con 15 ml de agua destilada en una cápsula de porcelana. Luego, se colocó cerca de 15 gramos del suelo húmedo en la cápsula de Casagrande, alisando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula, evitando las burbujas de aire en la masa de suelo. Se separó el suelo en dos mitades con el acanalador, según el eje de simetría de la cápsula, y se procedió a girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de 2 revoluciones por segundo hasta lograr que el surco se cierre. Se anotó el número de golpes, el cual debe ser inferior a 40. Luego, se repitió el proceso de 3 a 4 veces, hasta llegar a un número de golpes entre 15 a 20. En cada repetición, se tomó una muestra de 5 gramos aproximadamente de la zona donde se cerró el surco y se pesó en la balanza, para luego ser secado en el horno por 24 horas, con el fin de calcular su humedad. Los datos obtenidos fueron tabulados para poder obtener el gráfico semilogarítmico de Humedad vs Número de golpes, el cual se encuentra en el capítulo de Resultados.



Figura n.º 9. Ensayo de límite líquido

En paralelo al ensayo anterior, se determinó el **límite plástico** de las muestras de suelo. Para ello, se tomó una muestra de la pasta de suelo preparado anteriormente, la cual haya requerido más de 40 golpes para cerrar el surco que se hizo en el ensayo anterior. Debido al ensayo, la muestra debe tener una consistencia plástica, similar al de una plastilina, por lo que se adicionó un poco más de muestra seca de suelo, pero evitando que este se agriete. Luego, se procedió a moldear dos rollitos cilíndricos de 3 mm de diámetro y 5 cm de longitud aproximadamente sobre una lámina de vidrio de superficie lisa. Estos rollitos fueron pesados en la balanza y luego se secaron en el horno por 24 horas. Después de este tiempo, se pesaron las muestras secas, para obtener el contenido de humedad. De las dos muestras que se obtuvieron, se calculó un promedio de humedades, el cual vino a ser el límite líquido de la muestra total de suelo.

Posterior a la determinación de ambos ensayos, se calculó el Índice Plástico, que resulta la diferencia del límite líquido con el límite plástico.



Figura n.º 10. Ensayo de límite plástico

Para el ensayo de **contenido de humedad**, se trabajó con otra muestra de suelo diferente a las utilizadas en los ensayos de límite líquido y plástico, puesto que se necesita una muestra de suelo natural. En este ensayo, se tomó una muestra de suelo representativa y se colocó en contenedores previamente etiquetados para su identificación. Luego, se tomó el peso de la muestra más el contenedor, y se llevó al horno a secarse por un tiempo de 24 horas. Después de este tiempo, se pesó la muestra seca y el contenedor. Estos datos fueron tabulados y posteriormente, en base a fórmulas, se calculó el contenido de humedad de las muestras. Este ensayo fue realizado tres veces en cada una de las diez muestras extraídas de las calicatas hechas en la carretera.



Figura n.º 11. Ensayo de Contenido de Humedad

Para poder hacer la clasificación de suelos por el método **SUCS** y **AASHTO**, se necesitó haber concluido con el ensayo de granulometría, límite líquido y límite plástico e índice de plasticidad. Con la granulometría de los suelos, se procedió a analizar los datos obtenidos con las tablas ofrecidas por la norma ASTM, teniendo en cuenta los requisitos mínimos que estos muestran. Así luego se pudo clasificar cada suelo.

Previo al ensayo CBR, se realiza el ensayo **Proctor Modificado**, el cual consistió en colocar una muestra de suelo con un contenido de agua seleccionado, en cinco capas, en un molde cilíndrico de dimensiones dadas. Cada capa se compactó con 25 golpes de un martillo de 10 lb que se dejó caer desde una distancia de 18". Luego, se determinó el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repitió para un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el contenido de agua para el suelo y el peso unitario seco. Con estos datos se realizó una gráfica de relación curvilínea, llamada curva de compactación. Los valores del contenido óptimo de agua y el peso unitario seco máximo se determinaron a partir de esta gráfica.



Figura n.º 12. Ensayo Proctor Modificado

El **ensayo CBR** se realizó por cada tres kilómetros de carretera, es decir, se analizaron un total de tres muestras. Para cada una de ellas, se prepararon muestras de 21 kg (para obtener 3 puntos). Los terrones fueron disgregados evitando reducir el tamaño natural de las partículas. Luego, la muestra se pasó por el tamiz de $\frac{3}{4}$ ", descartando el material retenido en este tamiz. Asimismo, se mezcló con una cierta cantidad de agua hasta obtener la humedad óptima. Después, se pesó el molde, se colocó el disco espaciador sobre la placa base, se fijó el molde con el collarín sobre la placa y se colocó un disco de papel filtro sobre el disco espaciador. Dentro del molde, se compactó mediante 5 capas cada una de las porciones de suelo húmedo. Se compactó con 56, 25 y 12 golpes respectivamente. Al comienzo y final de la compactación, se tomaron 2 muestras representativas de suelo para determinar el contenido de humedad. Al finalizar la compactación, se retiró el collarín y se enrasó el suelo a nivel del borde del molde para ser pesado. Luego, sobre la placa base perforada se colocó un disco de papel filtro ajustando el molde con el suelo compactado en forma invertida. En la superficie libre de la muestra, se colocó la placa metálica perforada provista de un vástago regulable. Sobre esta placa se colocaron las sobrecargas. A continuación, se colocó el conjunto dentro del estanque sin agua, sobre bloques metálicos para permitir el acceso del agua por debajo de la muestra. Se montó el trípode y se instaló el deformímetro digital de tal modo que su punta palpable quede tocando el vástago. Luego, se llenó el estanque con agua y se registró la lectura inicial del comparador dial. Los moldes fueron dejados sumergidos durante 96 horas. Después de este tiempo se retiró el trípode y se sacó el molde del agua, dejándolo drenar por 15 minutos. Se retiraron las sobrecargas, los discos de papel filtro y las placas perforadas para determinar el peso del molde de suelo compactado y saturado. Luego, la probeta fue llevada a la máquina de ensayo y se colocaron las sobrecargas aplicadas durante la inmersión. Se colocaron diales de lectura de

tensión y deformación en cero. Luego, se anotaron las lecturas de carga de acuerdo a los niveles de niveles de penetración especificados por norma. Finalmente, se retiró el total de la muestra de suelo del molde para determinar el contenido de humedad de la capa superior. Los datos fueron luego procesados en tablas para obtener el CBR de cada muestra de suelo.

Luego de realizados los ensayos de mecánica de suelos, se determinó la **dosificación óptima de aditivo PROES**. Con el ensayo de granulometría y la clasificación AASHTO y SUCS, se obtuvieron los datos necesarios para conocer el tipo de suelo que conforma la subrasante, dato indispensable para determinar los rangos de aditivo sólido y líquido a utilizar de acuerdo a la cartilla de dosificación ofrecida por PROESTECH. Luego, se procedió a realizar las pruebas de CBR con las siguientes dosificaciones de aditivo PROES: 0.23 L/m³, 0.27 L/m³, 0.30 L/m³, 0.33 L/m³ (procedimiento de ensayo de acuerdo al Apéndice n.º 6). La cantidad de cemento Portland utilizada fue de 45 Kg/m³ para todas las dosificaciones. El porcentaje óptimo de aditivo PROES se determinó de acuerdo al mayor CBR obtenido del ensayo del mismo nombre.

Uno de los datos más importantes para el **diseño del pavimento** fue el cálculo del número de Ejes Equivalentes (EE). Para ello, se acudió a la carretera en estudio. Primero, se realizó el conteo de vehículos que transitan en dicha carretera, con el fin de determinar el Índice Medio Diario Anual. Una vez elaborado el conteo, se registraron los datos en tablas para calcular la proyección de la demanda para el período de análisis, que sirvió para establecer el número de EE. Ya en gabinete, se tomaron los valores de tabla ofrecidos por el Manual de Carreteras del factor direccional y carril, a partir del número de calzadas y sentido (una y dos respectivamente). Asimismo, se determinó el factor de crecimiento acumulado de acuerdo al período de análisis establecido (10 años). Con los datos tabulados del conteo de vehículos, se calculó el número de ejes equivalente de acuerdo al tipo de eje de los vehículos a partir de fórmulas. Se sumaron el total de EE y se determinó el tipo de tráfico que presenta la carretera.

Con el cálculo del número de ejes equivalentes, se empezó con el diseño de la carretera bajo el **método AASHTO 93**. Para ello, se calculó el Módulo de Resiliencia a partir del CBR del suelo. Luego, se tomaron otros parámetros como el nivel de confiabilidad, el coeficiente estadístico de desviación estándar normal, desviación estándar combinada, índice de serviciabilidad y coeficientes de drenaje a partir de tablas ofrecidas por el Manual de Carreteras. A partir de ello se calculó el número estructural requerido y con ello, los espesores de las capas de rodadura, base y sub base. El diseño se realizó tanto para el suelo en estado natural como para el diseño de la subrasante mejorada con las diferentes dosificaciones, a fin de determinar los espesores de las capas a utilizar en cada caso y determinar posteriormente con el análisis de precios unitarios, el diseño con el menor costo. Asimismo, se realizó el cronograma de ejecución para el caso del pavimento sin uso de aditivos y el pavimento con subrasante mejorada, a fin de comparar la duración en ambos casos y determinar la conveniencia del segundo.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Ensayos de laboratorio

5.1.1. Granulometría, clasificación AASHTO y SUCS

Tabla n.º 18

Cuadro resumen del ensayo de granulometría y clasificación AASHTO y SUCS

Nº	CALICATA	PROF (m)	PROGRESIVA	GRANULOMETRÍA			CLASIFICACIÓN	
			(Km)	% G	% A	% F	SUCS	AASHTO
1	C-1	1.5	00+500	1,7	20,2	78,0	CL	A-7-6 (15)
2	C-2	1.5	01+500	1,6	18,4	80,0	CL	A-7-6 (14)
3	C-3	1.5	02+500	0,7	28,9	70,4	CL	A-6 (10)
4	C-4	1.5	03+500	1,1	29,0	69,9	CL	A-6 (6)
5	C-5	1.5	04+500	1,7	32,2	66,1	ML	A-4 (5)
6	C-6	1.5	05+500	0,3	37,1	62,6	ML	A-4 (3)
7	C-7	1.5	06+500	0,4	35,3	64,4	ML	A-4 (3)
8	C-8	1.5	07+500	0	34,6	65,4	ML	A-4 (4)
9	C-9	1.5	08+500	0,5	29,0	70,6	ML	A-4 (6)
10	C-10	1.5	09+500	0,5	23,4	76,1	CL	A-6 (11)

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.1.2. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

Tabla n.º 19

Cuadro resumen del ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Nº	CALICATA	PROF (m)	PROGRESIVA	LL	LP	IP
			(Km)	%	%	%
1	C-1	1.5	00+500	41.80	22.60	19.20
2	C-2	1.5	01+500	42.17	24.89	17.28
3	C-3	1.5	02+500	37.50	22.10	15.40
4	C-4	1.5	03+500	32.50	21.20	11.30
5	C-5	1.5	04+500	35.20	26.30	9.00
6	C-6	1.5	05+500	32.30	26.40	5.80
7	C-7	1.5	06+500	34.00	27.30	6.70
8	C-8	1.5	07+500	34.50	26.60	7.90
9	C-9	1.5	08+500	38.80	30.40	8.40
10	C-10	1.5	09+500	39.70	25.10	14.60

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.1.3. Contenido de humedad

Tabla n.° 20

Cuadro resumen del ensayo de contenido de humedad

N°	CALICATA	PROF (m)	PROGRESIVA	W
			(Km)	%
1	C-1	1.5	00+500	5.5
2	C-2	1.5	01+500	5.3
3	C-3	1.5	02+500	5.6
4	C-4	1.5	03+500	5.9
5	C-5	1.5	04+500	5.7
6	C-6	1.5	05+500	6.3
7	C-7	1.5	06+500	6.3
8	C-8	1.5	07+500	5.6
9	C-9	1.5	08+500	5.0
10	C-10	1.5	09+500	4.4

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.1.4. Gravedad específica

Tabla n.° 21

Cuadro resumen del ensayo de Gravedad Específica

N°	CALICATA	PROF (m)	PROGRESIVA	Gs
			(Km)	
1	C-1	1.5	00+500	2.79
2	C-2	1.5	01+500	2.82
3	C-3	1.5	02+500	2.78
4	C-4	1.5	03+500	2.79
5	C-5	1.5	04+500	2.81
6	C-6	1.5	05+500	2.80
7	C-7	1.5	06+500	2.79
8	C-8	1.5	07+500	2.79
9	C-9	1.5	08+500	2.81
10	C-10	1.5	09+500	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.1.5. Proctor Modificado

Tabla n.º 22

Cuadro resumen del ensayo Proctor modificado de las muestras patrón

Nº	CALICATA	PROF (m)	PROGRESIVA (Km)	MAX. DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO %
1	C-1	1.5	00+500	1.37	18.50
2	C-2	1.5	01+500	1.36	20.00
3	C-3	1.5	02+500	1.37	19.00
4	C-4	1.5	03+500	1.39	18.00
5	C-5	1.5	04+500	1.72	15.00
6	C-6	1.5	05+500	1.69	16.50
7	C-7	1.5	06+500	1.70	16.00
8	C-8	1.5	07+500	1.70	15.00
9	C-9	1.5	08+500	1.70	14.00
10	C-10	1.5	09+500	1.40	18.00

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.1.6. CBR

Tabla n.º 23

Cuadro resumen del ensayo CBR de las muestras patrón

Nº	CALICATA	PROF (m)	UBIC. PROGRESIVA (Km)	CBR al 95% M.D.S (0.1")	CBR al 95% M.D.S (0.2")
3	C-3	1.5	02+500	6.90	6.1
6	C-6	1.5	05+500	7.57	7.47
9	C-9	1.5	08+500	7.54	7.51

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.2. Adición del aditivo PROES: Resultados de CBR y Proctor Modificado por dosificación

Tabla n.º 24
Cuadro resumen del ensayo de CBR acorde a cada dosificación

PROGRESIVA	DOSIFICACIÓN ADITIVO LÍQUIDO PROES (L/M ³) + 45 KG/M ³ DE CEMENTO PORTLAND				
	0.00	0.23	0.27	0.30	0.33
KM 2+500	6.90%	78.40%	109.80%	79.30%	65.40%
KM 5+500	7.57%	78.10%	116.40%	93.60%	81.30%
KM 8+500	7.54%	78.40%	114.20%	79.60%	67.20%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 25
Cuadro resumen del ensayo Proctor Modificado acorde a cada dosificación

PROGRESIVA	PARÁMETROS	DOSIFICACIÓN ADITIVO LÍQUIDO PROES (L/M ³) + 45 KG/M ³ DE CEMENTO PORTLAND				
		0.00	0.23	0.27	0.30	0.33
KM 2+500	ρ (gr/cm ³)	1.37	1.57	1.66	1.59	1.54
	Hum. óptima	19.00%	16.10%	18.57%	20.90%	21.62%
KM 5+500	ρ (gr/cm ³)	1.69	1.78	1.87	1.79	1.69
	Hum. óptima	16.50%	19.30%	21.10%	21.10%	22.80%
KM 8+500	ρ (gr/cm ³)	1.70	1.75	1.87	1.80	1.69
	Hum. óptima	14.00%	18.97%	20.90%	21.30%	22.30%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3. Diseño del pavimento

5.3.1. Determinación del número de repeticiones de Ejes Equivalentes

5.3.1.1. Estaciones de conteo vehicular

La carretera en estudio se ubica geográficamente en el departamento de La Libertad, en la provincia de Julcán.

La Tabla N.º 26 muestra la ubicación de la estación de conteo vehicular.

Tabla n.º 26
Datos de estación de conteo vehicular

Código	Estación	Período de aforo	Tramo	Ubicación
E1	Cerro Grande	7 días	Calamarca - Huaso	Km 5+500

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.1.2. Conteo vehicular continuo de 24 horas

En la estación E1 se ejecutó el aforo durante 7 días, las 24 horas del día, en forma continua, por sentido del tráfico.

La clasificación vehicular correspondió a: bus 2 ejes, camión 2 ejes, camión 3 ejes, camión 4 ejes, semitráiler T3S2, semitráiler T3S3.

En el Apéndice N.º 2 se presentan el volumen y clasificación horaria por sentido de circulación y por día de conteo.

La tabla siguiente contiene el resumen del volumen clasificado diario de la estación E1.

Tabla n.º 27
Volumen diario clasificado

VOLUMEN DIARIO CLASIFICADO				
ESTACIÓN E1				
TIPO DE VEHÍCULO	CALAMARCA- HUASO	HUASO- CALAMARCA	AMBOS	%AMBOS
BUS 2 EJES	7	5	12	10%
CAMIÓN 2 EJES	34	29	63	54%
CAMIÓN 3 EJES	6	6	12	10%
CAMIÓN 4 EJES	11	9	20	17%
SEMITRAILER T3S2	5	2	7	6%
SEMITRAILER T3S3	3	0	3	3%
IMDa	65	52	117	100%
%	56%	44%	100%	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Del cuadro anterior, se concluye que el mayor volumen vehicular corresponde a los camiones 2 ejes 4 llantas, con 43% del volumen diario promedio, seguido por los camiones 2 ejes 6 llantas (21%).

5.3.1.3. Encuesta origen – destino

Las encuestas de origen – destino a los distintos vehículos se realizaron simultáneamente con el conteo y clasificación vehicular en la estación 1. El tamaño de la muestra se presenta en la Tabla n.º 28.

Tabla n.º 28
Tamaño de la muestra de la encuesta origen-destino

Tamaño de muestra Estación 1								
Sentido	Conteo / Muestreo	Fecha	Bus 2 ejes	Camión 2 ejes	Camión 3 ejes	Camión 4 ejes	Semi-tráiler T3S2	Semi-tráiler T3S3
Calamarca - Huaso	Conteo		84	438	86	137	51	24
	Muestra	Mar-17	44	298	68	97	44	23
	%Muestra		53%	79%	79%	71%	87%	96%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

A continuación se presentan las matrices origen – destino para cada tipo de vehículo.

Tabla n.º 29
Origen - Destino de Bus 2 ejes

		BUS 2 EJES							
		LA LIBERTAD							
				JULCÁN		TRUJILLO	SÁNCHEZ CARRIÓN		
ORIGEN REGIÓN	ORIGEN PROVINCIA	ORIGEN DISTRITO	CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO	HUAMACHUCO	TOTAL
LA LIBERTAD	JULCÁN	JULCÁN		5%		1%			6%
		HUASO	12%					3%	15%
		CALAMARCA		20%		4%			24%
		UNINGAMBAL	1%		9%		5%	4%	19%
	TRUJILLO	TRUJILLO		8%					8%
	SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		25%		3%			28%
TOTAL GENERADO			13%	58%	9%	8%	5%	7%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 30
Origen - Destino de Camiones 2 ejes

CAMIÓN 2 EJES									
ORIGEN REGIÓN	ORIGEN PROVIN- CIA	ORIGEN DISTRITO	LA LIBERTAD					TOTAL	
			JULCÁN		TRUJILLO	SÁNCHEZ CARRIÓN			
			CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO		HUAMACHUCO
LA LIBER- TAD	JULCÁN	JULCÁN		5%		2%		7%	
		HUASO	22%				3%	25%	
		CALAMARCA		13%		7%		20%	
		UNINGAMBAL	10%				3%	2%	15%
	TRUJILLO	TRUJILLO		15%				15%	
	SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		15%		3%		18%	
TOTAL GENERADO			32%	48%	0%	12%	3%	5%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 31
Origen - Destino de Camiones 3 ejes

CAMIÓN 3 EJES										
ORI- GEN RE- GIÓN	ORIGEN PROVIN- CIA	ORIGEN DISTRITO	LA LIBERTAD					TOTAL		
			JULCÁN		TRUJI- LLO	OTUZCO	SÁNCHEZ CARRIÓN			
			CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO		OTUZCO	HUAMACHUCO
LA LIBER- TAD	JULCÁN	JULCÁN		5%		9%			14%	
		HUASO	11%				5%	1%	17%	
		CALAMARCA		11%		5%			16%	
		UNINGAMBAL	7%				17%	3%	27%	
	TRUJILLO	TRUJILLO		10%					10%	
	OTUZCO	OTUZCO		3%		1%			4%	
SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		7%		5%			12%		
TOTAL GENERADO			18%	36%	0%	20%	17%	8%	1%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 32
Origen - Destino de Camiones 4 ejes

CAMIÓN 4 EJES										
ORI- GEN RE- GIÓN	ORIGEN PROVIN- CIA	ORIGEN DISTRITO	LA LIBERTAD						TOTAL	
			JULCÁN			TRUJI- LLO	OTUZCO	SÁNCHEZ CARRIÓN		
			CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO	OTUZCO		HUAMACHUCO
LA LIBER- TAD	JULCÁN	JULCÁN		1%		2%				3%
		HUASO	5%					6%	4%	15%
		CALAMARCA		11%		5%				16%
		UNINGAMBAL	15%				20%	7%		42%
	TRUJILLO	TRUJILLO		6%		3%				9%
	OTUZCO	OTUZCO		8%		1%				9%
	SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		4%		2%				6%
TOTAL GENERADO			24%	30%	0%	13%	21%	17%	4%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 33
Origen - Destino de Semitráiler T3S2

SEMITRÁILER T3S2										
ORI- GEN RE- GIÓN	ORIGEN PROVIN- CIA	ORIGEN DISTRITO	LA LIBERTAD						TOTAL	
			JULCÁN			TRUJI- LLO	OTUZCO	SÁNCHEZ CARRIÓN		
			CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO	OTUZCO		HUAMACHUCO
LA LIBER- TAD	JULCÁN	JULCÁN		10%		4%				14%
		HUASO	13%		8%			1%	4%	26%
		CALAMARCA		13%		8%				21%
		UNINGAMBAL	3%				14%	9%	3%	29%
	TRUJILLO	TRUJILLO		4%						4%
	OTUZCO	OTUZCO		3%		1%				4%
	SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		1%		1%				2%
TOTAL GENERADO			16%	31%	8%	14%	14%	10%	7%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 34
Origen - Destino de Semitráiler T3S3

		SEMITRÁILER T3S3								
ORI- GEN RE- GIÓN	ORIGEN PROVIN- CIA	ORIGEN DISTRITO	LA LIBERTAD						TOTAL	
			JULCÁN		TRUJI- LLO	OTUZCO	SÁNCHEZ CARRIÓN			
			CALAMARCA	HUASO	JULCÁN	UNINGAMBAL	TRUJILLO	OTUZCO		HUAMACHUCO
LA LIBER- TAD	JULCÁN	JULCÁN		11%		4%				15%
		HUASO	7%		5%	1%	3%	6%	4%	26%
		CALAMARCA		13%		8%				21%
		UNINGAMBAL	3%				14%	2%	1%	20%
	TRUJILLO	TRUJILLO		4%						4%
	OTUZCO	OTUZCO		3%		1%				4%
	SÁNCHEZ CARRIÓN	HUAMACHUCO		1%		1%				1%
TOTAL GENERADO			10%	31%	5%	15%	17%	8%	5%	100%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.1.4. Identificación del tráfico desviado

No se presentará tráfico desviado a larga distancia, debido a que no se presenta ninguna vía alterna.

5.3.1.5. Factor de corrección estacional (FCm)

El factor de corrección estacional se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicos, épocas de cosecha, festividades, etc., que se producen durante el año.

Para el cálculo del FCm se obtuvo la información del año 2016 de la Unidad de Peaje de Menocucho.

$$FCm = \frac{IMD \text{ anual}}{IMD \text{ del mes del Estudio de la Unidad de Peaje}}$$

Donde:

FCm: factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo.

IMD: volumen promedio diario anual clasificado de la unidad de peaje.

IMD_{mes del estudio}: volumen promedio diario del mes en unidad de peaje.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla n.º 35
Cálculo del FCm

Mes	IMD	
	2016	FCm
Diciembre	2072	0.90782
Noviembre	1846	1.01896
Octubre	1883	0.99894
Septiembre	1830	1.02787
Agosto	2030	0.92660
Julio	1984	0.94808
Junio	1785	1.05378
Mayo	1827	1.02956
Abril	1744	1.07856
Marzo	1843	1.02062
Febrero	1824	1.03125
Enero	1885	0.99788
IMD anual	1881	

Fuente: Unidad de Peaje de Menocucho

El FCm correspondiente al mes de marzo es de 1.02062.

5.3.1.6. Resultado del conteo vehicular

Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvieron los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido y el consolidado de ambos sentidos, cuyo resumen se incluye en el Apéndice n.º 2.

Tabla n.º 36
Volumen vehicular diario

VEHÍCULO	IMDs	FCm	IMDa
Bus 2E	12	1.02062	12
Camión 2E	63	1.02062	64
Camión 3E	12	1.02062	12
Camión 4E	20	1.02062	20
T3S2	7	1.02062	7
T3S3	3	1.02062	3
TOTAL IMDa			118

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.1.7. Determinación de la tasa de crecimiento y proyección

La metodología para proyectar el tránsito futuro de vehículos se basa en la proyección de los indicadores macro-económicos que en el presente caso corresponderá al Producto Bruto Interno (PBI).

Las tasas de crecimiento anual del tránsito corresponden para el caso de ómnibus y vehículos de carga a las siguientes fórmulas:

$$r_o = r_{PBI} \times E_o$$

$$r_{VC} = r_{PBI} \times E_{VC}$$

Donde:

r_o : tasa de crecimiento anual de ómnibus

r_{VC} : tasa de crecimiento anual de vehículos de carga

r_{PBI} : tasa de crecimiento del PBI

E_o : elasticidad de la demanda del tráfico de ómnibus

E_{VC} : elasticidad de la demanda del tráfico de vehículos de carga

En la Tabla n.º 37, se indican las elasticidades para vehículos, estimados por el Plan Intermodal de Transportes 2004-2023 (PIT).

Tabla n.º 37
Elasticidad vehicular

PERIODO	PASAJEROS	CARGA
2013-2020	1.0	1.0

Fuente: MTC – Plan Intermodal de Transportes 2004-2023.

El Indicador Macroeconómico asumido para el indicador PBI región La Libertad corresponde al documento Cuentas Nacionales del Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2016, elaborado por el (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017), el cual se encuentra adjunto en el Apéndice n.º 7.

La Tabla n.º 38 muestra la serie histórica del valor agregado del PBI a valores constantes y la variación porcentual de los mismos.

Tabla n.º 38
Producto Bruto Interno de La Libertad 2007-2016

Año	Valor Agregado Bruto	Variación porcentual del Índice de Volumen Físico
2007	14,615,612	-
2008	15,653,801	7.1
2009	15,716,171	0.4
2010	16,624,855	5.8
2011	17,378,414	4.5
2012	18,712,792	7.7
2013	19,532,083	4.4
2014	19,819,295	1.5
2015	20,263,523	2.2
2016	20,441,518	0.9

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

A partir de ello, se calculó la tasa de crecimiento del PBI.

Tabla n.º 39
Indicador macroeconómico

REGIÓN	PBI DEPARTAMENTAL PROMEDIO 2007-2016
La Libertad	3.8%

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017)

5.3.1.8. Cálculo del EAL de diseño

$$EE_{\text{día-carril}} = IMDp_i \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

Tabla n.º 40
Cálculo de Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño

Vehículo	IMDa	Fd	Fc	Fvp	Fp	EE día - carril
Bus 2E	12	0.5	1	3.477	1.00	20.86
Camión 2E	64	0.5	1	3.477	1.00	111.26
Camión 3E	12	0.5	1	2.526	1.00	15.16
Camión 4E	20	0.5	1	2.773	1.00	27.73
T3S2	7	0.5	1	3.787	1.00	13.25
T3S3	3	0.5	1	3.758	1.00	5.64
TOTAL	118				$\Sigma =$	193.90

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Cálculo del Factor de Crecimiento acumulado:

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

$$Fca = \frac{(1 + 3.80\%)^{10} - 1}{3.80\%}$$

$$Fca = 11.895$$

Cálculo del EAL:

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ tn} = \Sigma [EE_{día-carril} \times Fca \times 365]$$

Tabla n.º 41

Cálculo del número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el período de diseño (10 años)

Vehículo	EE día-carril	Fca	Año (días)	Nrep EE _{8.2 tn}	
Bus 2E	20.86	11.895	365	90,578.66	9.06E+04
Camión 2E	111.26	11.895	365	483,086.16	4.83E+05
Camión 3E	15.16	11.895	365	65,804.34	6.58E+04
Camión 4E	27.73	11.895	365	120,398.15	1.20E+05
T3S2	13.25	11.895	365	57,548.40	5.75E+04
T3S3	5.64	11.895	365	24,474.73	2.45E+04
TOTAL	193.90		Σ =	841,890.44	8.42E+05

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tipo de tráfico: TP₄. Se asume un EAL de diseño = 8.42x10⁵ EE.

5.3.2. Diseño del pavimento sin el uso de aditivos

5.3.2.1. Requisitos de diseño

Tabla n.º 42

Requisitos de diseño para el pavimento

REQUISITOS DE DISEÑO	
a. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10
b. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	8.42E+05
c. SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	3.80
d. SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2.00
e. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	90%
f. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-1.282
g. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA (So)	0.45

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.2.2. Propiedades de los materiales

Tabla n.º 43

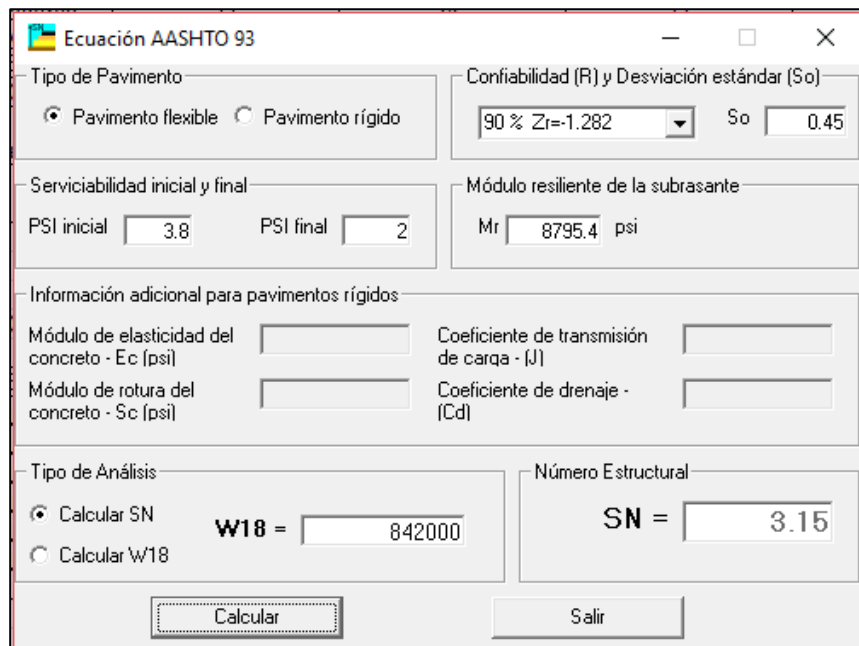
Propiedades de los materiales (pavimento sin aditivos)

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	Mr (psi)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	-	-	0.170 cm ⁻¹
BASE GRANULAR	80%	42,205.4	0.052 cm ⁻¹
SUB BASE GRANULAR	40%	27,083.8	0.047 cm ⁻¹
SUBRASANTE	6.90%	8,795.4	-

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.2.3. Cálculo del número estructural (SN)



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' are set to '90 % Zr=-1.282' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are 'PSI inicial = 3.8' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is 'Mr = 8795.4 psi'. The 'Número Estructural' is calculated as 'SN = 3.15'. The 'Tipo de Análisis' is 'Calcular SN', and the 'W18' value is '842000'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura n.º 13. Resultados del cálculo del SN del pavimento flexible sin uso de aditivos

El número estructural es de 3.15.

5.3.2.4. Estructuración del pavimento

Tabla n.º 44

Coefficientes estructurales y de drenaje de las capas que conforman el pavimento

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico (a1)	0.170 cm ⁻¹
Base granular (a2)	0.052 cm ⁻¹
Subbase (a3)	0.047 cm ⁻¹
b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	0.90
Subbase (m3)	0.90

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Los valores tomados de m2 y m3 fueron extraídos del Manual de Carreteras, de acuerdo al porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y calidad de drenaje.

5.3.2.5. Estructura final

Tabla n.º 45

Espesor total y de cada capa del pavimento flexible sin uso de aditivos

SNreq	SNresul	Espesor capa asfáltica (cm)	Espesor capa base (cm)	Espesor capa sub base (cm)	Espesor total del pavimento (cm)
3.15	3.25	8	25	17	50

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

5.3.3. Diseño del pavimento con el uso del aditivo PROES y cemento Portland para cada dosificación

5.3.3.1. Coeficiente estructural de la subrasante mejorada

De acuerdo al Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, en la sección Mejoramiento de subrasante, se debe añadir a la ecuación del SN la capa de subrasante mejorada, expresada en términos $a_4 \times D_4 \times m_4$:

$$SN_r = SN_0 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Donde:

a_4 : Coeficiente estructural de la capa de subrasante mejorada.

Para la elección del coeficiente estructural de la capa subrasante mejorada (a_4) se tomó el ábaco para determinar el coeficiente estructural de una base granular.

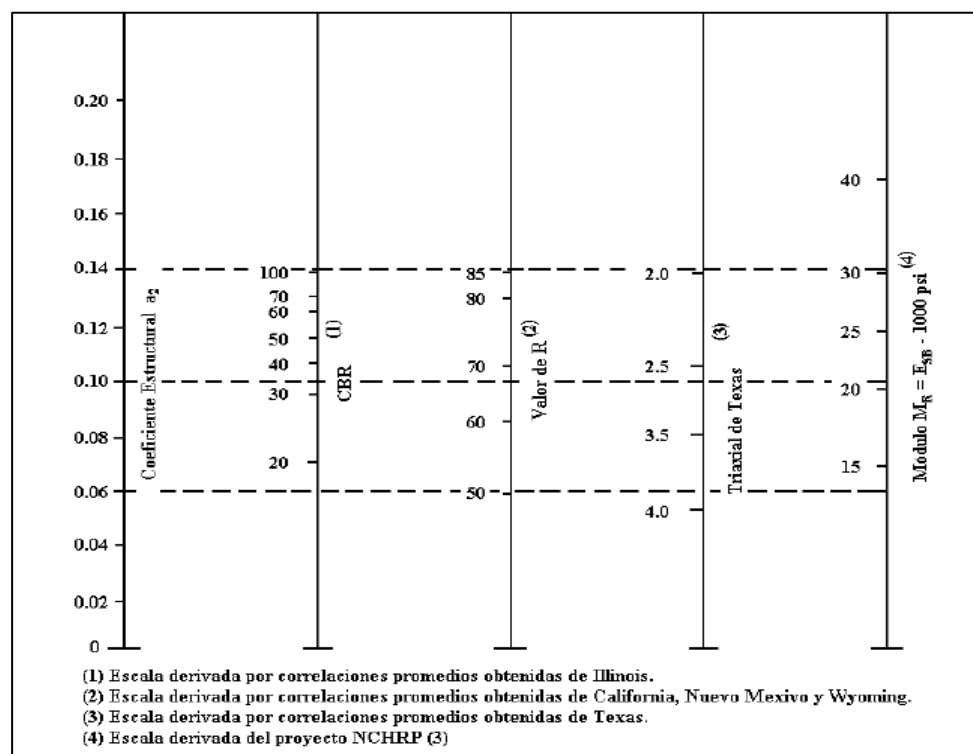


Figura n.º 14. Ábaco para determinar coeficiente estructural de bases granulares.
Fuente: AASHTO 93

El valor del coeficiente estructural dependerá del valor de CBR obtenido para cada dosificación; por lo cual, los coeficientes son los siguientes:

- a_4 (0.23 L/m³ PROES + 45 Kg/m³ cemento Portland): 0.048 cm⁻¹

- a_4 (0.27 L/m³ PROES + 45 Kg/m³ cemento Portland): 0.053 cm⁻¹
- a_4 (0.30 L/m³ PROES + 45 Kg/m³ cemento Portland): 0.048 cm⁻¹
- a_4 (0.33 L/m³ PROES + 45 Kg/m³ cemento Portland): 0.045 cm⁻¹

5.3.3.2. Cálculo del pavimento sobre la subrasante mejorada

- i. Para una dosificación de 0.23 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

- Propiedades de los materiales

Tabla n.º 46

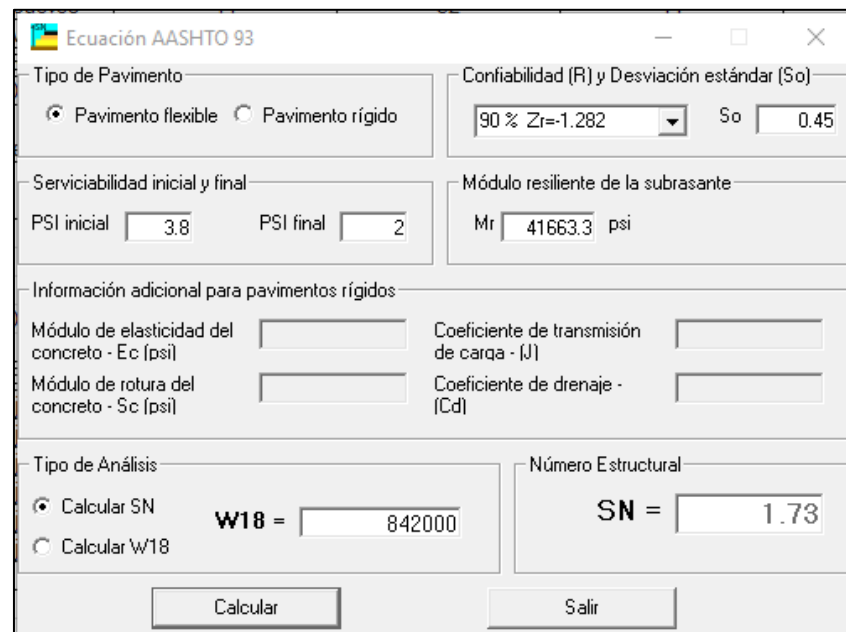
Propiedades de los materiales del pavimento con 0.23 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	Mr (psi)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	-	-	0.170 cm ⁻¹
BASE GRANULAR	80%	42,205.4	0.052 cm ⁻¹
SUBRASANTE	78.40%	41,663.3	0.048 cm ⁻¹

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

- Determinación del SN



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It includes the following fields and values:

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confianabilidad (R) y Desviación estándar (So):** 90 % Zr=-1.282, So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 3.8, PSI final = 2
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 41663.3 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi): [Empty]
 - Coeficiente de transmisión de carga - (J): [Empty]
 - Módulo de rotura del concreto - Sc (psi): [Empty]
 - Coeficiente de drenaje - (Cd): [Empty]
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W18
- Número Estructural:** SN = 1.73
- W18 =** 842000
- Buttons: 'Calcular' and 'Salir'

Figura n.º 15. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.23 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

- Cálculo de espesores del pavimento sobre la subrasante mejorada:

Tabla n.º 47

Espesores de la carpeta asfáltica y capa base

SNreq	SNresul	Espesor capa asfáltica (cm)	Espesor capa base (cm)
1.73	2.25	8	19

ii. Para una dosificación de 0.27 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

- Propiedades de los materiales

Tabla n.º 48

Propiedades de los materiales del pavimento con 0.27 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	Mr (psi)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	-	-	0.170 cm ⁻¹
BASE GRANULAR	80%	42,205.4	0.052 cm ⁻¹
SUBRASANTE	109.80%	51,686.4	0.053 cm ⁻¹

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

- Determinación del SN

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It includes the following fields and values:

- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible, Pavimento rígido
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** 90 % Z_r=-1.282, So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 3.8, PSI final = 2
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 51686.4 psi
- Información adicional para pavimentos rígidos:**
 - Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): [Empty]
 - Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): [Empty]
 - Coefficiente de transmisión de carga - (J): [Empty]
 - Coefficiente de drenaje - (Cd): [Empty]
- Tipo de Análisis:** Calcular SN, Calcular W18
- Número Estructural:** W18 = 842000, SN = 1.59
- Buttons:** Calcular, Salir

Figura n.º 16. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.27 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

- Cálculo de espesores del pavimento sobre la subrasante mejorada:

Tabla n.º 49

Espesores de la carpeta asfáltica y capa base

SNreq	SNresul	Espesor capa asfáltica (cm)	Espesor capa base (cm)
1.59	2.16	8	17

- iii. Para una dosificación de 0.30 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

- Propiedades de los materiales

Tabla n.º 50

Propiedades de los materiales del pavimento con 0.30 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	Mr (psi)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	-	-	0.170 cm ⁻¹
BASE GRANULAR	80%	42,205.4	0.052 cm ⁻¹
SUBRASANTE	79.30%	41,968.7	0.048 cm ⁻¹

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

- Determinación del SN

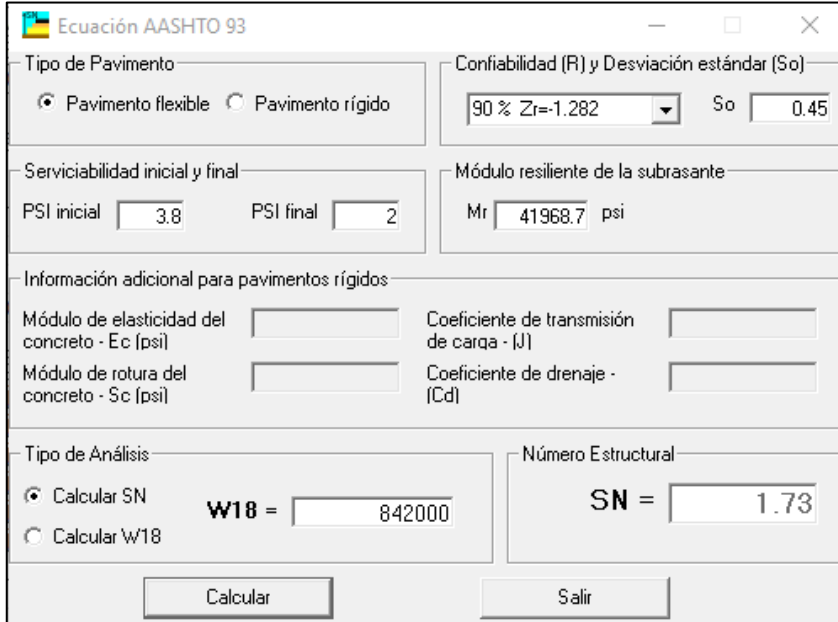


Figura n.º 17. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.30 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

- Cálculo de espesores del pavimento sobre la subrasante mejorada:

Tabla n.º 51
Espesores de la carpeta asfáltica y capa base

SNreq	SNresul	Espesor capa asfáltica (cm)	Espesor capa base (cm)
1.73	2.25	8	19

- iv. Para una dosificación de 0.33 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

- Propiedades de los materiales

Tabla n.º 52
Propiedades de los materiales del pavimento con 0.33 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	Mr (psi)	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	-	-	0.170 cm ⁻¹
BASE GRANULAR	80%	42,205.4	0.052 cm ⁻¹
SUBRASANTE	65.40%	37,098.9	0.045 cm ⁻¹

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

- Determinación del SN

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is configured for a flexible pavement design. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confianza (R) y Desviación estándar (So)' is set to '90 % Zr=-1.282' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' are set to 'PSI inicial = 3.8' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is set to 'Mr = 37098.9 psi'. The 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', resulting in 'W18 = 842000' and 'Número Estructural = SN = 1.82'. There are 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura n.º 18. Resultados del cálculo del número estructural del pavimento flexible con 0.33 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

- Cálculo de espesores del pavimento sobre la subrasante mejorada:

Tabla n.º 53
Espesores carpeta asfáltica y capa base

SNreq	SNresul	Espesor capa asfáltica (cm)	Espesor capa base (cm)
1.82	2.30	8	20

5.3.3.3. Cálculo del espesor de la subrasante mejorada

i. Para una dosificación de 0.23 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 54
Espesor total del pavimento flexible con 0.23 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	8.00
Base granular	19.00
Subrasante mejorada	20.00
Total espesor del pavimento	47.00

$$SN_R = 3.21 > SN_0 = 3.15$$

ii. Para una dosificación de 0.27 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 55
Espesor total del pavimento flexible con 0.27 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland

Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	8.00
Base granular	17.00
Subrasante mejorada	20.00
Total espesor del pavimento	45.00

$$SN_R = 3.22 > SN_0 = 3.15$$

iii. Para una dosificación de $0.30 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland:

Tabla n.º 56

Espesor total del pavimento flexible con 0.30 L/m^3 de aditivo PROES + 45 Kg/m^3 de cemento Portland

Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	8.00
Base granular	19.00
Subrasante mejorada	20.00
Total espesor del pavimento	47.00

$$SN_R = 3.21 > SN_0 = 3.15$$

iv. Para una dosificación de $0.33 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland:

Tabla n.º 57

Espesor total del pavimento flexible con 0.33 L/m^3 de aditivo PROES + 45 Kg/m^3 de cemento Portland

Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	8.00
Base granular	20.00
Subrasante mejorada	20.00
Total espesor del pavimento	48.00

$$SN_R = 3.20 > SN_0 = 3.15$$

5.3.3.4. Resumen de espesores de pavimento con uso de aditivos

Se omitió dentro de la estructura del pavimento con aditivos la capa subbase granular, debido a que en el Catálogo de estructuras de pavimento flexible del Manual de Carreteras, cuando la subrasante posee un CBR superior al 30%, como es en este caso, no se requiere colocar dicha capa. Además, con los espesores establecidos en la Tabla n.º 58, se logra superar el SN requerido (3.15).

Tabla n.° 58

Resumen de espesores de pavimento de acuerdo a cada dosificación

Capa	Espesores (cm) de acuerdo a cada dosificación			
	0.23 L/m ³	0.27 L/m ³	0.30 L/m ³	0.33 L/m ³
Carpeta asfáltica	8.00	8.00	8.00	8.00
Base granular	19.00	17.00	19.00	20.00
Subrasante mejorada	20.00	20.00	20.00	20.00
Total espesor del pavimento (cm)	47.00	45.00	47.00	48.00
SN resultante	3.21	3.22	3.21	3.20

5.4. Evaluación por costos

5.4.1. Análisis de precios unitarios de principales partidas involucradas

PARTIDA	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE							
Rendimiento	M2/DIA	MO.	2250.0000	EQ.	2250.0000	COSTO POR M2:		1.53
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA							
47	CAPATAZ			HH	0.5000	0.0018	27.26	0.36
47	OFICIAL			HH	1.0000	0.0036	17.00	0.45
47	PEÓN			HH	2.0000	0.0071	15.30	0.82
	EQUIPOS							0.22
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.22	0.01
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton			HM	1.0000	0.0036	156.84	0.56
49	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP			HM	1.0000	0.0036	205.77	0.74
								1.31
PARTIDA	SUB BASE GRANULAR							
Rendimiento	M3/DIA	MO.	424.0000	EQ.	424.0000	COSTO POR M3:		84.89
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA							
47	CAPATAZ			HH	1.0000	0.0189	27.26	0.52
47	PEÓN			HH	4.0000	0.0755	15.30	1.16
	MATERIALES							1.68
39	AGUA PARA LA OBRA			M3		0.1200	8.02	0.96
05	MATERIAL GRANULAR PARA SUB BASE			M3		1.3000	57.96	75.35
	EQUIPOS							76.31
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	1.68	0.05
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 ton			HM	1.0000	0.0189	156.84	2.96
49	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP			HM	1.0000	0.0189	205.77	3.89
								6.90

PARTIDA	BASE GRANULAR							
Rendimiento	M3/DIA	MO.	357.0000	EQ.	357.0000			COSTO POR M3: 88.43
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILL A	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA							
47	CAPATAZ			HH	1.0000	0.0224	27.26	0.61
47	PEÓN			HH	4.0000	0.0896	15.30	1.37
	MATERIALES							1.98
39	AGUA PARA LA OBRA			M3		0.1200	8.02	0.96
05	MATERIAL GRANULAR PARA BASE			M3		1.3000	59.47	77.31
	EQUIPOS							78.27
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	1.98	0.06
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP 101-135HP 10-12T			HM	1.0000	0.0224	156.84	3.51
49	MOTONIVELADORA 145 - 150 HP			HM	1.0000	0.0224	205.77	4.61
								8.18
PARTIDA	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA							
Rendimiento	M2/DIA	MO.	2500.0000	EQ.	2500.0000			COSTO POR M2: 3.58
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA							
47	CAPATAZ			HH	0.5000	0.0016	27.26	0.04
47	OFICIAL			HH	0.7000	0.0022	17.00	0.04
47	PEÓN			HH	4.0000	0.0128	15.30	0.20
	MATERIALES							0.28
13	EMULSIÓN ASFÁLTICA PARA IMPRIMACIÓN			GAL		0.2906	8.00	2.32
	EQUIPOS							2.56
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.28	0.01
49	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250-330 PCM			HM	1.0000	0.0032	78.96	0.25
49	CAMION IMPRIMADOR 6 X 2 178 - 210 HP, 1,800 gal			HM	1.0000	0.0032	151.14	0.48
								0.74
PARTIDA	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE							
Rendimiento	M3/DIA	MO.	338.0000	EQ.	338.0000			COSTO POR M3: 306.03
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
	MANO DE OBRA							
47	CAPATAZ			HH	1.0000	0.0237	27.26	0.65
47	OPERARIO			HH	1.0000	0.0237	20.97	0.50
47	PEÓN			HH	6.0000	0.1420	15.30	2.17
	EQUIPOS							3.32
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	3.32	0.10
49	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 111-130 HP 9-11 ton			HM	1.0000	0.0237	156.84	3.72
49	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9-26 ton			HM	1.0000	0.0237	150.13	3.56
49	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10-16 ton			HM	1.0000	0.0237	157.55	3.73
	SUBPARTIDA							11.11
13	PREPARACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA			M3		1.3000	224.31	291.60
								291.60

SUBPARTIDA		PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA				COSTO POR M3:		
Rendimiento	M3/DIA	MO.	338.0000	EQ.	338.0000			224.31
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA								
47	CAPATAZ			HH	1.0000	0.0237	27.26	0.65
47	OPERARIO			HH	2.0000	0.0473	20.97	0.99
47	OFICIAL			HH	2.0000	0.0473	17.00	0.80
47	PEÓN			HH	6.0000	0.1420	15.30	2.17
MATERIALES								
53	PETRÓLEO			GAL		5.8000	8.76	50.81
05	ARENA CHANCADA (P/ASFALTO)			M3		0.2600	145.87	37.93
05	PIEDRA (P/ASFALTO)			M3		0.5200	124.29	64.63
05	ARENA ZARANDEADA (P/ASFALTO)			M3		0.5200	92.91	48.31
EQUIPOS								
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	4.61	0.14
49	GRUPO ELECTRÓGENO 116 HP 75 KW			HM	1.0000	0.0237	118.91	2.82
49	GRUPO ELECTRÓGENO 230 HP 150 KW			HM	1.0000	0.0237	147.44	3.49
49	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3			HM	1.0000	0.0237	177.82	4.21
49	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE 150 TON/H			HM	1.0000	0.0237	310.48	7.36
18.02								

PARTIDA		MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.23 L/M3 DE ADITIVO PROES + 45 KG/M3 DE CEMENTO PORTLAND)				COSTO POR M3:		
Rendimiento	M3/DIA	MO.	450.0000	EQ.	450.0000			58.54
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA								
47	CAPATAZ			HH	0.1000	0.0018	27.26	0.05
47	PEÓN			HH	3.0000	0.0533	15.30	0.82
MATERIALES								
21	CEMENTO PORTLAND PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			BLS		1.0500	16.69	17.52
30	ADITIVO ESTABILIZADOR PROES			LT		0.2300	117.64	27.06
39	AGUA PARA LA OBRA			M3		0.2525	8.02	2.03
EQUIPOS								
37	HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		3.0000	0.87	0.03
49	CAMIÓN CISTERNA DE AGUA 5,000 gl			HM	2.0000	0.0356	128.79	4.58
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton			HM	1.0000	0.0178	156.84	2.79
49	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP			HM	1.0000	0.0178	205.77	3.66
11.06								

PARTIDA		MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.27 L/M3 DE ADITIVO PROES + 45 KG/M3 DE CEMENTO PORTLAND)				COSTO POR M3:		
Rendimiento	M3/DIA	MO.	450.0000	EQ.	450.0000			63.68
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA								
47	CAPATAZ			HH	0.1000	0.0018	27.26	0.05
47	PEÓN			HH	3.0000	0.0533	15.30	0.82
MATERIALES								
21	CEMENTO PORTLAND PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			BLS		1.0500	16.69	17.52
30	ADITIVO ESTABILIZADOR PROES			LT		0.2700	117.64	31.76

39	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.3074	8.02	2.47
	EQUIPOS					51.75
37	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.87	0.03
49	CAMIÓN CISTERNA DE AGUA 5,000 gl	HM	2.0000	0.0356	128.79	4.58
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0178	156.84	2.79
49	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	HM	1.0000	0.0178	205.77	3.66
						11.06

PARTIDA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.30 L/M3 DE ADITIVO PROES + 45 KG/M3 DE CEMENTO PORTLAND)

Rendimiento	M3/DIA	MO.	450.0000	EQ.	450.0000	COSTO POR M3:	67.40
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
	MANO DE OBRA						
47	CAPATAZ	HH	0.1000	0.0018	27.26	0.05	
47	PEÓN	HH	3.0000	0.0533	15.30	0.82	
	MATERIALES					0.87	
21	CEMENTO PORTLAND PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BLS		1.0500	16.69	17.52	
30	ADITIVO ESTABILIZADOR PROES	LT		0.3000	117.64	35.29	
39	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.3320	8.02	2.66	
	EQUIPOS					55.47	
37	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.87	0.03	
49	CAMIÓN CISTERNA DE AGUA 5,000 gl	HM	2.0000	0.0356	128.79	4.58	
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0178	156.84	2.79	
49	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	HM	1.0000	0.0178	205.77	3.66	
						11.06	

PARTIDA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE (0.33 L/M3 DE ADITIVO PROES + 45 KG/M3 DE CEMENTO PORTLAND)

Rendimiento	M3/DIA	MO.	450.0000	EQ.	450.0000	COSTO POR M3:	70.94
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
	MANO DE OBRA						
47	CAPATAZ	HH	0.1000	0.0018	27.26	0.05	
47	PEÓN	HH	3.0000	0.0539	15.30	0.82	
	MATERIALES					0.87	
21	CEMENTO PORTLAND PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	BLS		1.0500	16.69	17.52	
30	ADITIVO ESTABILIZADOR PROES	LT		0.3300	117.64	38.82	
39	AGUA PARA LA OBRA	M3		0.3326	8.02	2.67	
	EQUIPOS					59.01	
37	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.87	0.03	
49	CAMIÓN CISTERNA DE AGUA 5,000 gl	HM	2.0000	0.0356	128.79	4.58	
49	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 ton	HM	1.0000	0.0178	156.84	2.79	
49	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	HM	1.0000	0.0178	205.77	3.66	
						11.06	

5.4.2. Costo del pavimento sin aditivos por Kilómetro de acuerdo a principales partidas involucradas

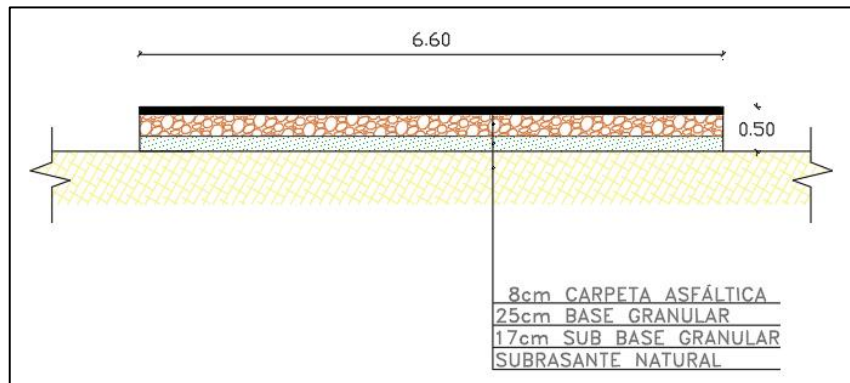


Figura n.º 19. Corte transversal de pavimento sin aditivo

Tabla n.º 59

Planilla de metrados para pavimento sin aditivos

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LARGO (M)	ALTO (M)	ANCHO (M)	DISTANCIA (KM)	TOTAL
01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	1,000.00	-	6.60	-	6,600.00
02	SUB BASE GRANULAR	M3	1,000.00	0.17	6.60	-	1,122.00
03	BASE GRANULAR	M3	1,000.00	0.25	6.60	-	1,650.00
04	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	1,000.00	-	6.60	-	6,600.00
05	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	1,000.00	0.08	6.60	-	528.00

Tabla n.º 60

Precio por Kilómetro de pavimento sin aditivo acorde a principales partidas involucradas

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	METRADO	P.U.	PARCIAL
01	PERFILADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	6,600.00	1.53	10,098.00
02	SUB BASE GRANULAR	M3	1,122.00	84.89	95,246.58
03	BASE GRANULAR	M3	1,650.00	88.43	145,909.50
04	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,600.00	3.58	23,628.00
05	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	528.00	306.03	161,583.84
COSTO DIRECTO (S/)					436,465.92

5.4.3. Pavimento con aditivo PROES y cemento Portland de acuerdo a principales partidas involucradas

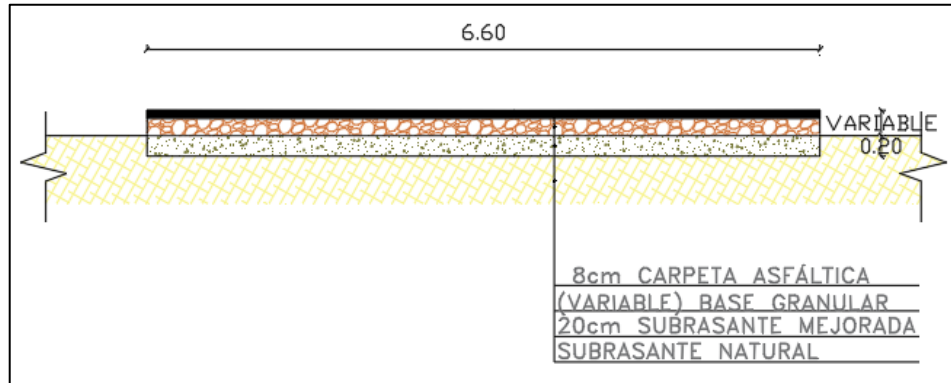


Figura n.º 20. Corte transversal de pavimentos con aditivos

Tabla n.º 61

Planilla de metrados para pavimento con aditivos (PROES más cemento Portland)

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LARGO (M)	ALTO (M)	ANCHO (M)	DISTANCIA (KM)	TOTAL
01	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO PROES MÁS CEMENTO PORTLAND	M3	1,000.00	0.20	6.60	-	1,320.00
02	BASE GRANULAR	M3					
	CON 0.23 L/M3 PROES + 45 KG/M3 CEMENTO PORTLAND		1,000.00	0.19	6.60	-	1,254.00
	CON 0.27 L/M3 PROES + 45 KG/M3 CEMENTO PORTLAND		1,000.00	0.17	6.60	-	1,122.00
	CON 0.30 L/M3 PROES + 45 KG/M3 CEMENTO PORTLAND		1,000.00	0.19	6.60	-	1,254.00
	CON 0.33 L/M3 PROES + 45 KG/M3 CEMENTO PORTLAND		1,000.00	0.20	6.60	-	1,320.00
03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	1,000.00	-	6.60	-	6,600.00
04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	1,000.00	0.08	6.60	-	528.00

- Con 0.23 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 62

Precio por Kilómetro de pavimento con 0.23 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	METRADO	P.U.	PARCIAL
01	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO PROES MÁS CEMENTO PORTLAND	M3	1,320.00	58.54	77,272.80
02	BASE GRANULAR	M3	1,254.00	88.43	110,891.22
03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,600.00	3.58	23,628.00
04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	528.00	306.03	161,583.84
COSTO DIRECTO (S/)					373,375.86

- Con 0.27 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 63

Precio por Kilómetro de pavimento con 0.27 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	METRADO	P.U.	PARCIAL
01	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO PROES MÁS CEMENTO PORTLAND	M3	1,320.00	63.68	84,057.60
02	BASE GRANULAR	M3	1,122.00	88.43	99,218.46
03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,600.00	3.58	23,628.00
04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	528.00	306.03	161,583.84
COSTO DIRECTO (S/)					368,487.90

- Con 0.30 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 64

Precio por Kilómetro de pavimento con 0.30 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	METRADO	P.U.	PARCIAL
01	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO PROES MÁS CEMENTO PORTLAND	M3	1,320.00	67.40	88,968.00
02	BASE GRANULAR	M3	1,254.00	88.43	110,891.22
03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,600.00	3.58	23,628.00
04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	528.00	306.03	161,583.84
COSTO DIRECTO (S/)					385,071.06

- Con 0.33 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland:

Tabla n.º 65

Precio por Kilómetro de pavimento con 0.33 L/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland acorde a principales partidas involucradas

ITEM	DESCRIPCIÓN	U.M.	METRADO	P.U.	PARCIAL
01	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE CON ADITIVO PROES MÁS CEMENTO PORTLAND	M3	1,320.00	70.94	93,640.80
02	BASE GRANULAR	M3	1,320.00	88.43	116,727.60
03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	6,600.00	3.58	23,628.00
04	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE	M3	528.00	306.03	161,583.84
COSTO DIRECTO (S/)					395,580.24

5.4.4. Resumen de Costos por Kilómetro

Tabla n.º 66

Resumen de costos por Kilómetro acorde a principales partidas involucradas

Dosificación	0.00 L/m ³	0.23 L/m ³	0.27 L/m ³	0.30 L/m ³	0.33 L/m ³
Costo por Km	S/ 436,465.92	S/ 373,375.86	S/ 368,487.90	S/ 385,071.06	S/ 395,580.24

5.5. Análisis Físico Químico

Las muestras evaluadas corresponden a la calicata n.º 5.

- M1: Arcilla en estado natural
- M2: Arcilla + 0.27 L/m³ aditivo PROES y 45 Kg/m³ cemento Portland

Tabla n.º 67
Análisis Físico del material

DETERMINACIÓN	M1	M2
COLOR	MARRÓN	MARRÓN
pH	5.23	4.74

Tabla n.º 68
Análisis Químico del material

DETERMINACIÓN	UNIDADES	M1	M2
SiO ₂	%	51.92	53.03
Al ₂ O ₃	%	17.08	21.04
Fe ₂ O ₃	%	0.76	0.78
MgO	%	0.27	0.31
CaO	%	0.19	0.26
K ₂ O	%	1.88	1.98
Na ₂ O	%	0.10	0.13
Pérdida por calcinación	%	25.8	22.48

5.6. Cronograma de ejecución

5.6.1. Pavimento sin aditivo

El tiempo de ejecución es de 13 días.

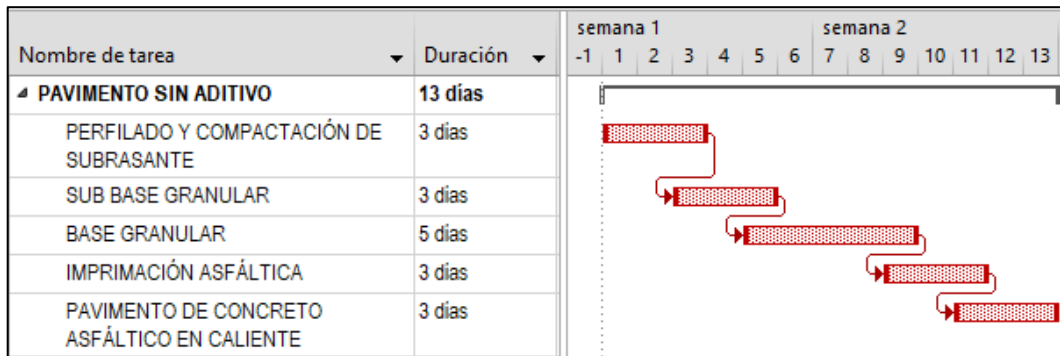


Figura n.º 21. Cronograma para pavimento sin aditivo.

5.6.2. Pavimento con uso de aditivo PROES más cemento Portland

El tiempo de ejecución es de 9 días.

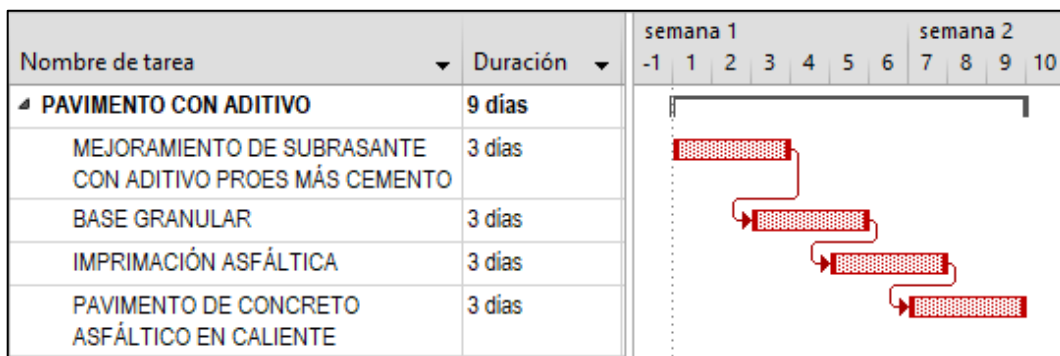


Figura n.º 22. Cronograma para pavimento con uso de aditivo PROES más cemento Portland

5.7. Resultado del análisis de datos

5.7.1. Prueba de normalidad

Tabla n.º 69

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

		CBR
N		15
Parámetros normales ^{a,b}	Media	70,9140
	Desviación típica	36,40791
Diferencias más extremas	Absoluta	,245
	Positiva	,159
	Negativa	-,245
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,948
Sig. asintót. (bilateral)		0,329

Nota: ^a La distribución de contraste es la Normal, ^b Se han calculado a partir de los datos. Fuente: Salida del software estadístico SPSS v. 23.0

5.7.2. Prueba de homogeneidad de varianzas

Tabla n.º 70

Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,727	4	10	0,492

Fuente: Salida del software estadístico SPSS v. 23.0

5.7.3. Prueba de hipótesis de investigación: Análisis de Varianza

Tabla n.º 71.

Análisis de varianza (ANOVA)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia
Dosificación	18249,426	4	4562,356	148,090	0,000
Error	308,080	10	30,808		
Total	18557,506	14			

Fuente: Salida del software estadístico SPSS v. 23.0

5.7.4. Prueba de Tukey

Tabla n.º 72
Análisis de comparaciones múltiples para determinar la dosificación óptima

(I) DOSIFICACIÓN	(J) DOSIFICACIÓN	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
0.00 L/m ³	0.23 L/m ³	-70,96333*	4,53196	,000
	0.27 L/m ³	-106,13000*	4,53196	,000
	0.30 L/m ³	-76,83000*	4,53196	,000
	0.33 L/m ³	-63,96333*	4,53196	,000
0.23 L/m ³	0.00 L/m ³	70,96333*	4,53196	,000
	0.27 L/m ³	-35,16667*	4,53196	,000
	0.30 L/m ³	-5,86667	4,53196	,700
	0.33 L/m ³	7,00000	4,53196	,560
0.27 L/m³	0.00 L/m³	106,13000*	4,53196	,000
	0.23 L/m³	35,16667*	4,53196	,000
	0.30 L/m³	29,30000*	4,53196	,001
	0.33 L/m³	42,16667*	4,53196	,000
0.30 L/m ³	0.00 L/m ³	76,83000*	4,53196	,000
	0.23 L/m ³	5,86667	4,53196	,700
	0.27 L/m ³	-29,30000*	4,53196	,001
	0.33 L/m ³	12,86667	4,53196	,100
0.33 L/m ³	0.00 L/m ³	63,96333*	4,53196	,000
	0.23 L/m ³	-7,00000	4,53196	,560
	0.27 L/m ³	-42,16667*	4,53196	,000
	0.30 L/m ³	-12,86667	4,53196	,100

Nota: * La diferencia es significativa al nivel de 0.05. Fuente: Salida del software estadístico SPSS v. 23.0

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

6.1. Granulometría, clasificación AASHTO Y SUCS

Los datos mostrados en la Tabla n.º 18 fueron obtenidos a partir de las diez (10) calicatas realizadas en la carretera Calamarca - Huaso, a las cuales se les realizó el ensayo de granulometría por tamizado. A partir de ello, se obtuvo la clasificación de suelos.

Los suelos de la carretera se encuentran en la clasificación A-4 a A-7, por el método AASHTO, lo cual indica que el suelo es de tipo limo-arcilloso. De manera similar, por el método SUCS, se obtuvo suelos de tipo CL y ML, es decir arcillas de baja plasticidad y limos de baja plasticidad.

Dentro de la clasificación AASHTO se incluye el Índice de Grupo, el cual indica el tipo de suelo con el que se está tratando. De acuerdo a los resultados obtenidos, las muestras de suelos se encuentran dentro del rango de regular a muy bueno, es decir que estos suelos sí son utilizables para caminos.

Estos datos serán utilizados en la dosificación del aditivo PROES.

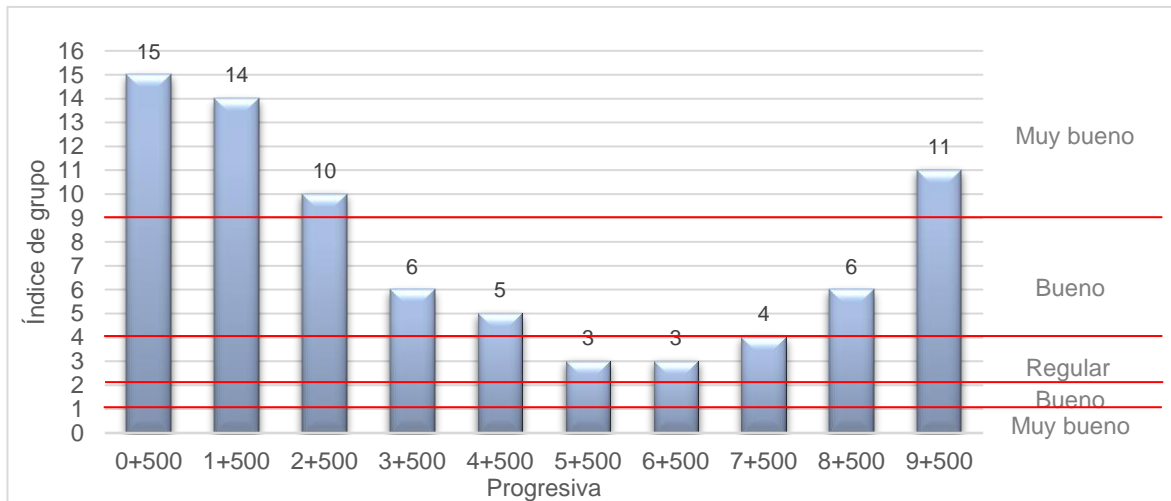


Figura n.º 23. Análisis de resultados del Índice de grupo, Clasificación AASHTO

6.2. Límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP)

Los resultados obtenidos en la Tabla n.º 19 indican que el límite líquido oscila entre el 30% al 45% y el límite plástico entre el 20% al 30%. A partir de ambos datos, se calculó el índice de plasticidad, el cual se encuentra en un rango de 5% a 20%. El índice de plasticidad es un factor que indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica. De los resultados obtenidos, la mayoría de las muestras tiene una plasticidad media ($7 < IP \leq 20$), lo que indica que el suelo es arcilloso.

Este último dato permitió calcular el índice de grupo, que permite completar la clasificación de suelos por el método AASHTO.

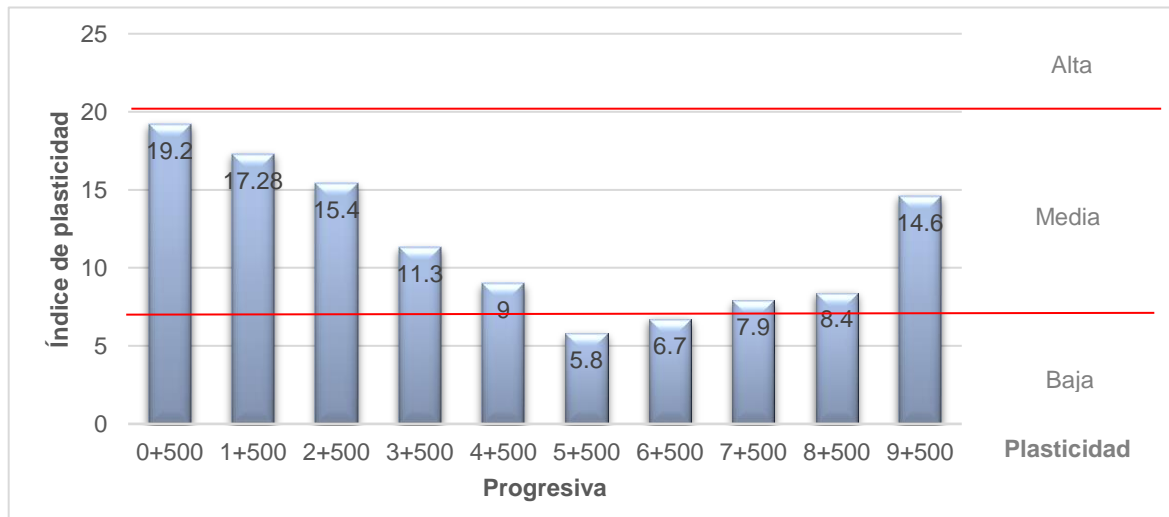


Figura n.º 24. Análisis de resultados de Índice de Plasticidad

6.3. Contenido de Humedad

En la Tabla n.º 20, se muestran los resultados del contenido de humedad para cada una de las diez muestras de suelo extraídas de la carretera estudiada. El rango de humedad del suelo está entre el 4% al 7%. Estos datos son utilizados para conocer la relación que existe entre el peso del agua de la masa del suelo con respecto a las partículas sólidas del mismo.

6.4. Gravedad específica

En la Tabla n.º 21 se muestran los resultados para el ensayo de gravedad específica. Se obtuvieron valores que oscilan entre 2.79 a 2.82.

Este valor es importante pues se utiliza para calcular otros parámetros del suelo, como la razón de vacíos, grado de saturación y la densidad de los sólidos del suelo.

6.5. Proctor Modificado

En la Tabla n.º 22 se muestran los resultados obtenidos del ensayo Proctor Modificado por cada tres (3) kilómetros de carretera. A partir de este ensayo, se calculó la densidad seca máxima bajo un contenido de humedad óptimo, parámetros que se necesitan conocer para poder mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo al momento de realizar la compactación. Se obtuvo de densidad seca máxima que oscila entre 1.3 a 1.7 gr/cm³, y una humedad óptima entre 14% a 19%.

Estos datos serán utilizados al momento de realizar el ensayo CBR. A través de la compactación, se buscará conseguir el peso específico para una relación de agua dada, de tal forma que se garanticen las propiedades óptimas buscadas. Es por ello que en el ensayo CBR, se realiza al 95% del ensayo Proctor, para garantizar una densidad seca de al menos el 95% de la densidad seca máxima obtenida en este ensayo.

6.6. Capacidad de soporte relativo CBR en muestras de suelo natural

El ensayo de CBR se realizó al 95% de la máxima densidad seca, con el fin de garantizar las propiedades óptimas buscadas. En la Tabla n.º 23 se muestran los resultados del ensayo para cada tres (3) kilómetros de carretera. En estos puntos se encontró un CBR de 6.90%, 7.57% y 7.54% para los kilómetros 2+500, 5+500 y 7+500, respectivamente, lo cual nos indica que el suelo existente en dichas zonas es deficiente. Estos puntos serán tomados para la estabilización de suelos. Los resultados obtenidos en este punto servirán de base para poder apreciar el aumento del CBR respecto a los suelos con aditivo.

6.7. Adición de aditivos PROES y cemento Portland: Resultados de CBR y Proctor Modificado por dosificación

Como se mencionó en el punto anterior, este estudio se centró en las calicatas 3, 6 y 9, para las cuales se adicionó el aditivo líquido PROES en diferentes proporciones: 0.23 L/m³, 0.27 L/m³, 0.30 L/m³ y 0.33 L/m³, y también cemento Portland a una proporción de 45 Kg/m³, con el fin de determinar la dosificación óptima del aditivo líquido.

En la muestra del Km 2+500, se apreció un aumento significativo del CBR en todas las dosificaciones realizadas, presentando el máximo CBR con la dosificación de 0.27 L/m³, como se puede apreciar en la Figura n.º 25.

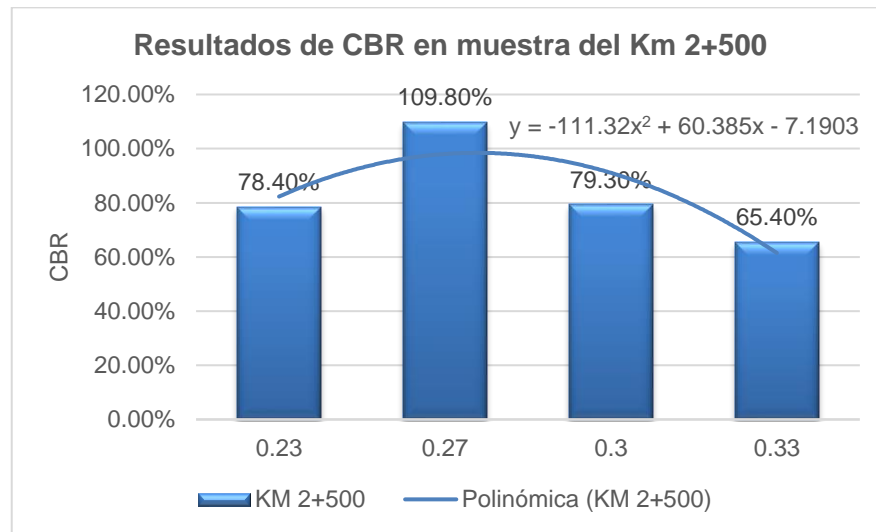


Figura n.º 25. Análisis de resultados de CBR en el Km 2+500

Del mismo modo, en la muestra del Km 5+500 se aprecia el máximo aumento del CBR con la adición de 0.27 L/m³, como se puede apreciar en la Figura n.º 26.

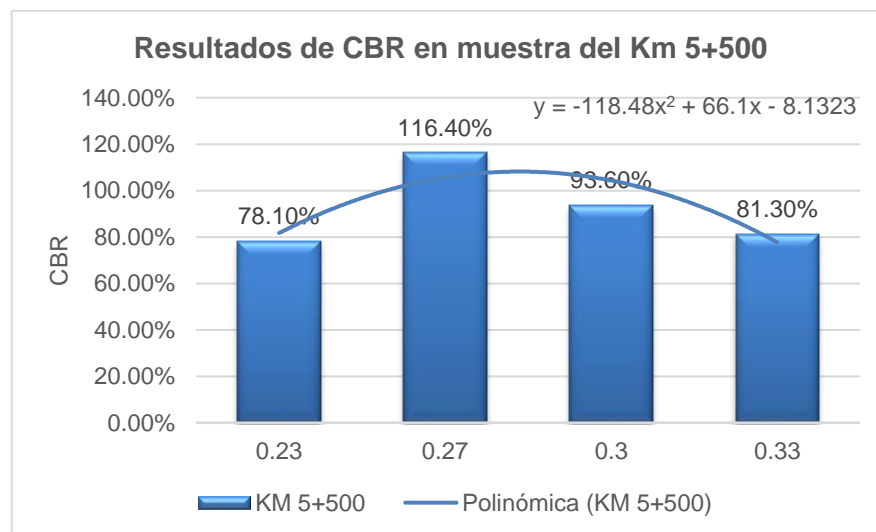


Figura n.º 26. Análisis de resultados de CBR en el Km 5+500

En el Km 8+500, con la adición del 0.27 L/m³ de aditivo PROES se obtiene la máxima capacidad de soporte, la cual supera el 100% (Figura n.º 27).

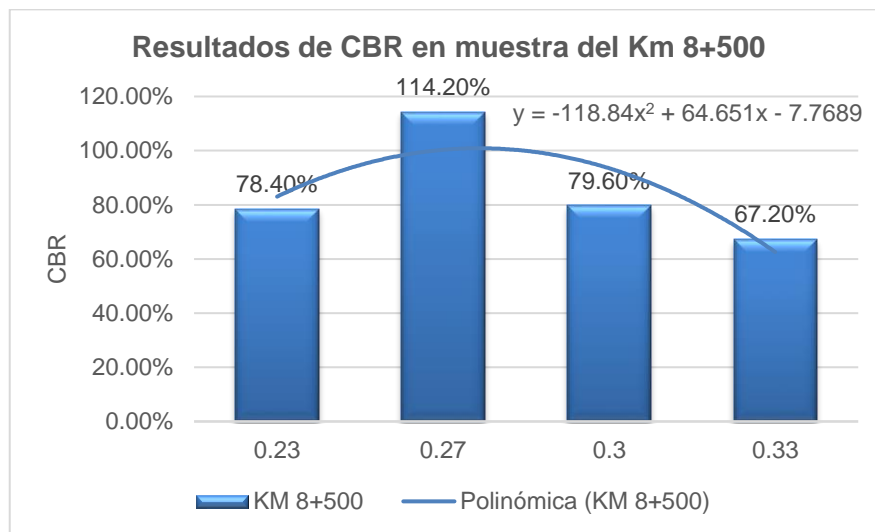


Figura n.º 27. Análisis de resultados de CBR en el Km 8+500

El CBR en los tres (3) kilómetros de carretera con las diferentes dosificaciones utilizadas se muestran en la Tabla n.º 24 y en el Figura n.º 28, presentado a continuación:

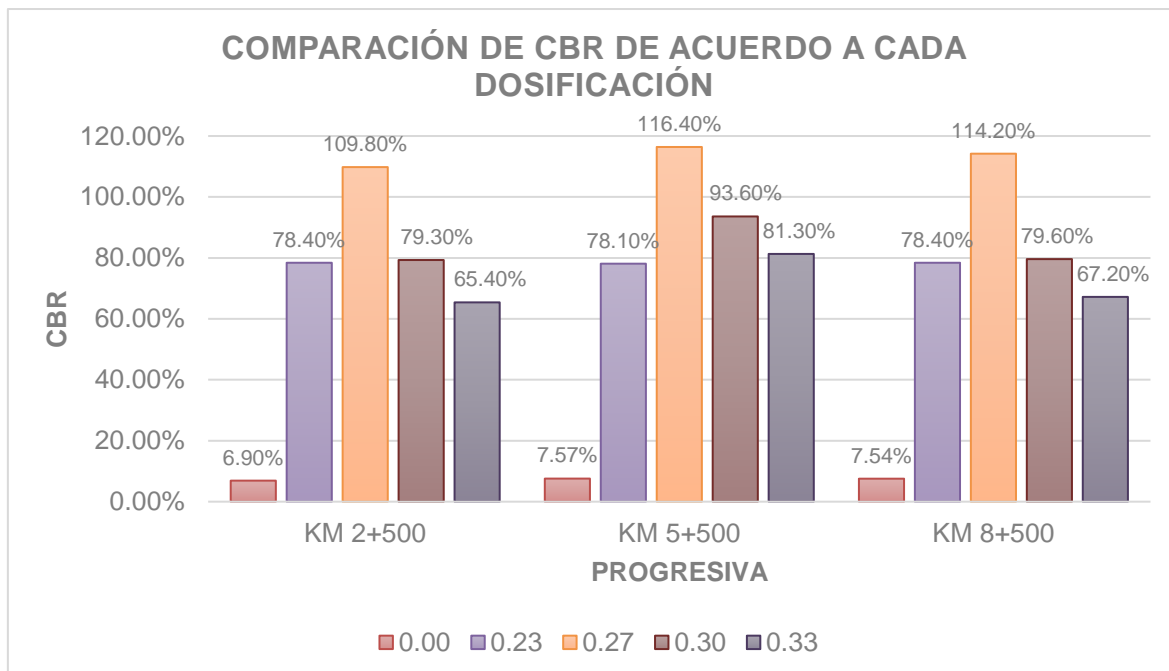


Figura n.º 28. Comparación del CBR de acuerdo a cada dosificación

Como se mencionó anteriormente, se aprecia que el mayor aumento de CBR se encuentra con la adición de 0.27 L/m³ + 45 Kg/m³ de cemento Portland, por lo cual esta será la dosificación óptima. En todas las dosificaciones se aprecia un aumento de CBR elevado, dado que en todos los casos

aumenta a más del 60%, por lo cual, se tendrá una subrasante excelente de acuerdo a las categorías de subrasante dadas por el MTC, mostradas en la Tabla n.º 7.

Con la dosificación óptima, en el Km 2+500, el CBR pasó de 6.90% a 109.80%. Del mismo modo, en el Km 5+500 se observa un aumento considerable de CBR, siendo 7.57% antes de aplicar los aditivos y 116.40% después de su aplicación. Asimismo, en el Km 8+500, el CBR aumentó de 7.54% a 114.20%. En los tres casos, se aprecia que el CBR aumentó en más de quince veces. Esto evidencia que el uso de aditivo PROES y cemento Portland sí cumplen la función de estabilizar los suelos y aumentar su CBR significativamente.

En el caso del ensayo Proctor Modificado, se determinaron el contenido de humedad óptima y el peso unitario seco máximo necesarios para conseguir el porcentaje de CBR óptimo de acuerdo a cada dosificación.

6.8. Diseño del pavimento

6.8.1. Número de repeticiones de Ejes Equivalentes

En la Tabla n.º 40 se presenta el cálculo de ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Luego se determinó el Factor de Crecimiento acumulado para el período de diseño (10 años). En la Tabla n.º 41 se calculó el EAL de diseño para el año 10, que resultó de 8.34×10^5 EE, y que al redondearlo, se asumió un EAL de 8.40×10^5 EE; por consiguiente, de acuerdo al Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, la carretera en estudio presenta un tráfico tipo T_{P4} (bajo volumen de tránsito). Este dato es de vital importancia para el diseño del pavimento.

6.8.2. Diseño del pavimento sin el uso de aditivos

Una vez calculado el EAL de diseño, se procede con el diseño del pavimento. En la Tabla n.º 42, se observan los requisitos para el diseño del pavimento, como los índices de serviciabilidad inicial y final y el factor de confiabilidad, los cuales se obtuvieron a partir de tablas ofrecidas por el Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos, ofrecido por el MTC. En la Tabla n.º 43, se presentan las propiedades mecánicas de los materiales de cada capa que conformará el pavimento, como el CBR y el Módulo de Resiliencia, que se obtiene a través del primero. A partir de los datos mencionados anteriormente, se calculó el número estructural a partir de un software llamado 'Ecuación AASHTO 93' (Figura n.º 13), el cual arrojó un número estructural de 3.15. Esto indica que el número estructural del pavimento diseñado no debe ser inferior a este número calculado.

Previo al cálculo de los espesores de las capas que conformarán el pavimento, se determinan los coeficientes estructurales y de drenaje de cada una de las capas. Estos datos se

obtuvieron de tablas ofrecidas por el MTC. Los coeficientes utilizados están plasmados en la Tabla n.º 44.

Con todos los datos mencionados, se procedió a la estimación de espesores del pavimento flexible. Para verificar un correcto diseño de estos espesores, se verificó que el número estructural superara el número estructural requerido de 3.15. Con espesores de capa asfáltica de 8 cm, capa base de 25 cm y capa sub base de 17 cm, se obtuvo un SN de 3.25, el cual es superior al SN requerido. Finalmente, el pavimento obtenido por el método AASHTO tendrá un espesor de 50 cm (Tabla n.º 45).

6.8.3. Diseño del pavimento con el uso del aditivo PROES y cemento Portland para cada dosificación

Se realizó el diseño del pavimento con aditivo PROES y cemento Portland de acuerdo a cada dosificación del aditivo, a fin de determinar el diseño óptimo en relación a la evaluación por costos.

Para ello, se determinó el coeficiente estructural de la subrasante mejorada, de acuerdo al CBR obtenido en cada dosificación. Con este dato, se procede a calcular el número estructural requerido para el pavimento que se ubicará sobre la subrasante mejorada de acuerdo a cada dosificación y su resultado de CBR:

- En el caso de la dosificación de $0.23 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland, el SN es de 1.73 (Figura n.º 15). Con un espesor de carpeta asfáltica de 8 cm y un espesor de capa base de 17 cm, se obtiene un SN de 2.16 superior al requerido.
- En el caso de la dosificación de $0.27 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland, el SN es de 1.59 (Figura n.º 16). Con un espesor de carpeta asfáltica de 8 cm y un espesor de capa base de 17 cm, se obtiene un SN de 2.16 superior al requerido.
- En el caso de la dosificación de $0.30 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland, el SN es de 1.73 (Figura n.º 17). Con un espesor de carpeta asfáltica de 8 cm y un espesor de capa base de 15 cm, se obtiene un SN de 2.16 superior al requerido.
- En el caso de la dosificación de $0.33 \text{ L/m}^3 + 45 \text{ Kg/m}^3$ de cemento Portland, el SN es de 1.82 (Figura n.º 18). Con un espesor de carpeta asfáltica de 8 cm y un espesor de capa base de 17 cm, se obtiene un SN de 2.16 superior al requerido.

A partir de estos resultados, se procedió a calcular el espesor de la subrasante mejorada del pavimento. Como en todos los casos, el CBR de la subrasante mejorada es superior al 20%, la capa sub base granular no fue considerada.

Con los espesores de la capa base granular y carpeta asfáltica, se determinó el espesor de la subrasante mejorada hasta obtener un SN superior al SN inicial (3.15). Para todas las dosificaciones se determinó que el espesor para la subrasante mejorada es de 20 cm, obteniendo un SN resultante de 3.20 a 3.22. El espesor total del pavimento, incluyendo la subrasante mejorada, oscila entre 45 cm a 48 cm dependiendo de las dosificaciones utilizadas (Tabla n.º 58).

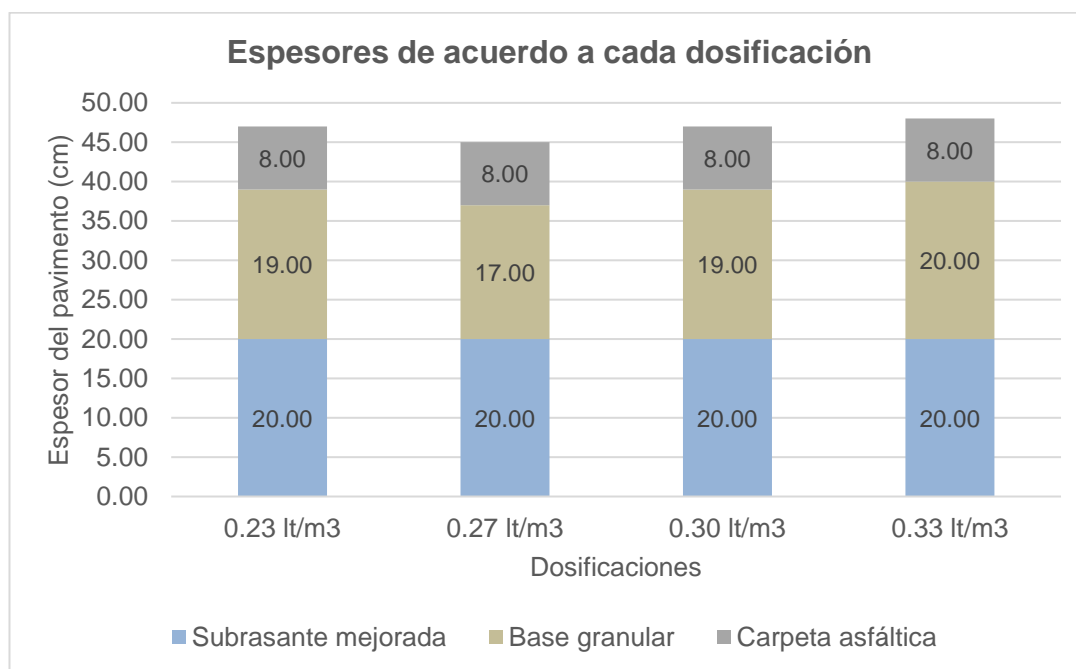


Figura n.º 29. Espesores de las capas del pavimento acorde a cada dosificación

6.9. Evaluación por costos

Se realizó una evaluación por costos, para verificar qué pavimento resulta más conveniente. Esto se calculó teniendo en cuenta los espesores de pavimento hallados previamente. Los precios se obtuvieron a partir de un análisis de precios unitarios. A partir de ello, se determinó que el pavimento flexible sin aditivo resulta más costoso que un pavimento que utiliza el aditivo PROES más cemento Portland.

La estructura de pavimento de menor costo fue la que tenía una adición de 0.27 L/m³ de aditivo PROES y 45 Kg/m³ de cemento Portland. Al comparar el costo de cada dosificación (0.23 L/m³, 0.27 L/m³, 0.30 L/m³, 0.33 L/m³) con el pavimento sin el uso de aditivos, este último los supera en 16.90%, 18.45%, 13.35% y 10.34% en sus costos por Kilómetro, respectivamente. Es por ello que queda demostrado que el uso de aditivo PROES más cemento Portland resulta más conveniente tanto por la mejora en las propiedades mecánicas de una subrasante así como en los costos del pavimento.

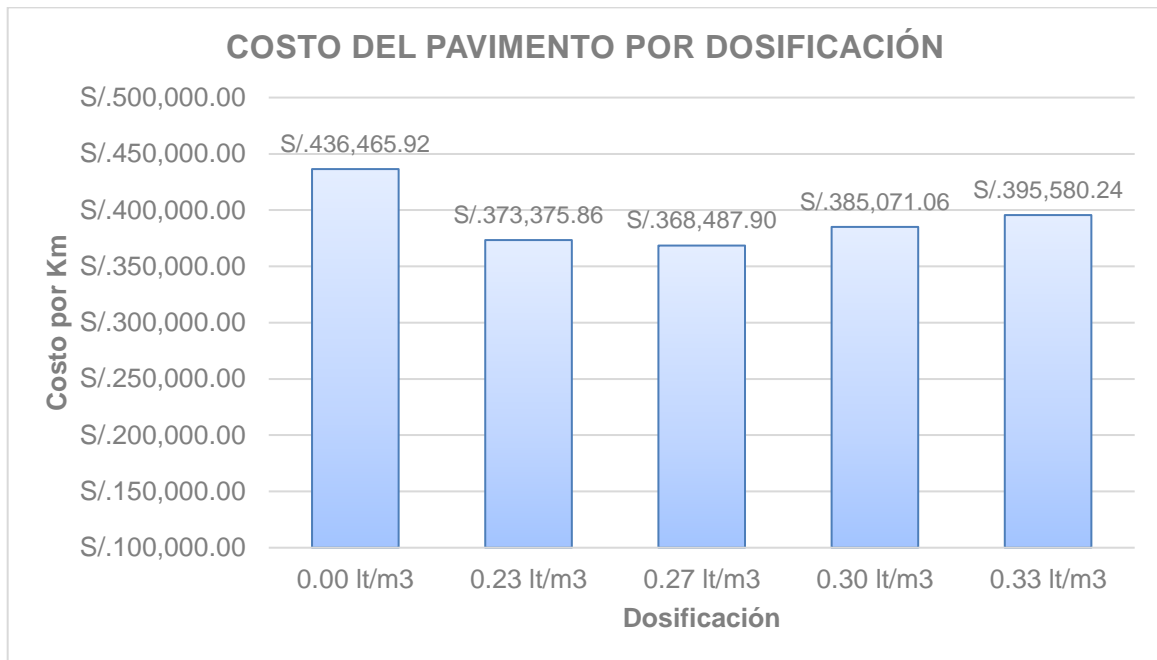


Figura n.º 30. Costos del pavimento para cada dosificación

6.10. Análisis Físico Químico

En el ensayo químico se determinó el pH del suelo, donde se obtuvo que el suelo sin aditivo es fuertemente ácido y el suelo con aditivo es muy fuertemente ácido, de acuerdo a la Clasificación de Rangos de pH (*Tabla n.º 9*). Es decir, el aditivo tiende a volver más ácido a los suelos.

Las partículas de arcilla tienen una carga neta negativa y cuando entran en contacto con moléculas de agua (H₂O), que son dipolos, se alinean formando cadenas, creando capas alrededor de las partículas de tierra. El agua que absorbe la arcilla actúa como lubricante entre las partículas de tierra y por ende, genera una baja capacidad de soporte y alta expansión. El aditivo rompe las moléculas de agua en iones H⁺ y OH⁻. La partícula de tierra se vuelve eléctricamente neutra con la capa de H⁺ e iones positivos de metal. El OH⁻ restante y los iones de metal libres, se remueven mediante compactación mecánica, gravedad y evaporación. El aumento de iones H⁺ en la partícula de arcilla explica el aumento de la acidez en el suelo.

6.11. Cronograma de ejecución

Para determinar la eficiencia del uso de aditivo químico PROES más cemento Portland, además de realizar la evaluación por costos, se realizó el cronograma de ejecución para el caso del pavimento sin uso de aditivos y uno que sí los utiliza. Como se aprecia en el Figura n.º 31, la duración de la ejecución del primer pavimento es de 13 días, mientras que el que usa aditivos, tiene una duración de 9 días, lo que representa una mengua del 30.77%. Esto demuestra que además de resultar

conveniente a nivel de costos, también implica una reducción de tiempos en cuanto a la ejecución del proyecto.

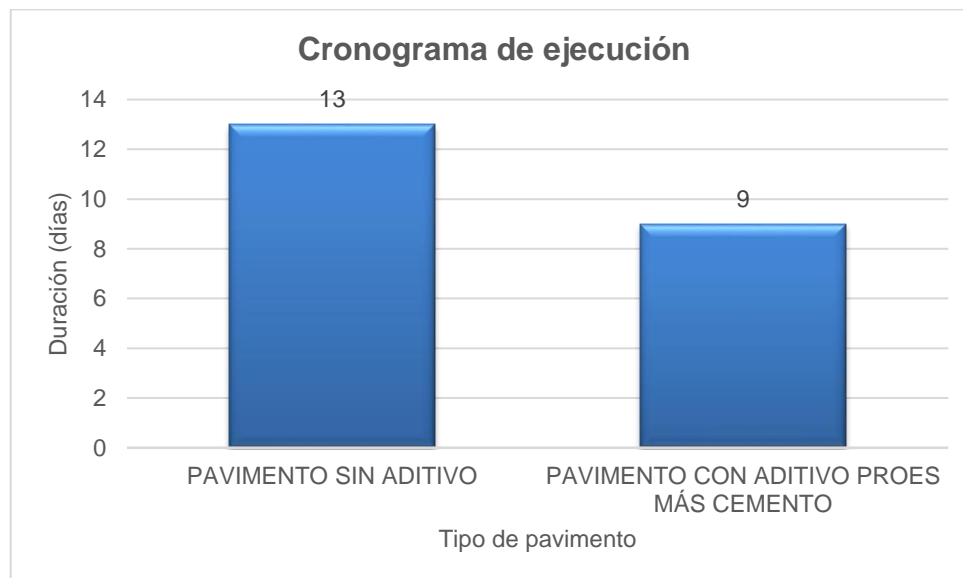


Figura n.º 31. Comparación de duración para ejecución

6.12. Análisis de datos

6.12.1. Prueba de normalidad

Para realizar la prueba K-S, se establecieron una hipótesis nula y una hipótesis alternativa:

- H_0 : Los datos provienen de una distribución normal (normalidad)
- H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal (no normalidad)

De los resultados de la Tabla n.º 69, el estadístico de prueba Z de Kolmogorov-Smirnov resultó tener un valor de 0.948 con un nivel de significancia igual a 0.329 que por tener un valor superior a 0.05 se acepta la hipótesis nula, por lo tanto se concluye que los datos provienen de una distribución normal, es decir los datos son normales y óptimos para realizar el estudio de análisis de varianza (ANOVA).

6.12.2. Prueba de homogeneidad de varianzas

Para realizar la prueba de homogeneidad de varianzas, se utilizó el Estadístico de Levene. Por lo cual se establecieron una hipótesis nula y una hipótesis alternativa:

- H_0 : La varianza de las muestras son homogéneas.

- H_1 : La varianza de las muestras no son homogéneas.

De los resultados de la Tabla n.º 70, se obtuvo una significancia de 0.492 que es superior a 0.05, por lo cual se acepta la hipótesis nula, es decir, se concluye que la varianza de las muestras son homogéneas; por tanto, los datos cumplen con uno de los requisitos para realizar el ANOVA.

6.12.3. Prueba de hipótesis de investigación: Análisis de Varianza

Una vez verificadas la normalidad de los datos y la homogeneidad de las muestras, se procedió a realizar la prueba de hipótesis con el Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre los diferentes niveles de dosificación.

Se plantearon las siguientes hipótesis (nula y alternativa) para la siguiente investigación:

- H_0 : La aplicación de aditivo PROES más cemento Portland no influye en la estabilización de suelos cohesivos ($\mu_{0.00} = \mu_{0.23} = \mu_{0.27} = \mu_{0.30} = \mu_{0.33}$).
- H_1 : La aplicación de aditivo PROES más cemento Portland sí influye en la estabilización de suelos cohesivos (Al menos dos medias son distintas).

De los resultados obtenidos en la Tabla n.º 71, se encontró una significancia de 0.000 que es menor a 0.05, lo cual indica que existe diferencia significativa en los valores promedios de CBR entre los diferentes niveles de dosificación, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

6.12.4. Prueba de Tukey

Como se concluyó que existe diferencia entre los niveles de dosificación, se procederá a encontrar el nivel que represente mayor CBR a través del análisis de comparación de Tukey (Ver Tabla n.º 72).

Se realizó el análisis de comparaciones múltiples de Tukey entre los niveles de dosificación para determinar el mejor nivel que sobresale del resto de niveles. En el nivel de 0.27 L/m³ se encontró las diferencias más significativas con cada una de las demás dosis, pues se observa una significancia de 0.000 (comparación con 0.00 L/m³), luego de 0.000 (comparación con 0.23 L/m³), después de 0.001 (comparación con 0.27 L/m³) y por último de 0.000 (comparación con 0.33 L/m³), que por ser menor a 0.05 en todos los casos, se concluye que la mejor dosis y que se diferencia del resto en el valor promedio de CBR es la del nivel 0.27 L/m³. Además, se puede apreciar que no existen diferencias significativas en los valores

obtenidos para CBR en el caso de las dosificaciones 0.23 L/m^3 , 0.30 L/m^3 y 0.33 L/m^3 , donde la significancia para cada uno de ellos es superior a 0.05.

Luego de realizar el análisis de datos, se pudo comprobar la hipótesis, es decir, la aplicación de aditivos químicos en las cantidades óptimas influye positivamente en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos.

CONCLUSIONES

- Después de realizados los ensayos necesarios para evaluar la influencia del aditivo PROES, se concluyó que el aditivo PROES mejora las propiedades mecánicas del suelo con la dosificación de 0.27 L/m³ de aditivo líquido PROES y 45 Kg/m³ de cemento Portland, debido a que la capacidad de soporte aumenta significativamente. Esto se vio reflejado en tres puntos de la carretera donde el suelo era inadecuado, a los cuales se les añadió el aditivo PROES, de tal forma que el CBR del suelo del Km 2+500 aumentó del 6.90% al 109.80%, del Km 5+500 pasó de 7.57% a 116.40%, y del Km 8+500 aumentó de 7.54% a 114.28%, lo cual indica que el aditivo mejoró el CBR del suelo en más de quince veces. Esto a su vez, influyó positivamente en los costos para la elaboración de la carretera, de tal forma que el costo por Kilómetro de pavimento (de acuerdo a las principales partidas involucradas) con la adición de 0.27 L/m³ de aditivo PROES más cemento Portland es de S/ 368,487.90 y del pavimento sin aditivo es de S/ 436,465.92. Es decir, el pavimento con aditivo PROES y cemento Portland reduce los costos en hasta 15.57% respecto a un pavimento que no utiliza este aditivo.
- Después de realizados los ensayos de laboratorio a las muestras de suelo extraídas de la carretera, se determinó que el suelo presente en la carretera es una arcilla de baja plasticidad (CL) y limo de baja plasticidad (ML) acorde a la clasificación SUCS, mientras que en la clasificación AASHTO, se encontraron suelos de tipo A-7-6, A-6 y A-4. A partir de los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice plástico, se calculó el índice de grupo para la clasificación AASHTO. De esta manera, se determinó que el suelo presente a lo largo de la carretera posee una plasticidad media. Así mismo, de los ensayos de contenido de humedad, los rangos de humedad oscilan de 4.40% a 6.30%, obteniendo una humedad promedio de 5.35% a partir de las diez calicatas realizadas.
- De los ensayos de Proctor Modificado, se obtuvo una densidad seca máxima entre 1.365 gr/cm³ a 1.720 gr/cm³, bajo una humedad óptima de 14% a 20% y con la adición del aditivo se obtuvo una densidad seca máxima entre 1.523 gr/cm³ a 1.881 gr/cm³, bajo una humedad óptima de 16% a 22.9% los cuales son parámetros que garantizan alcanzar las propiedades óptimas buscadas.
- Del ensayo de CBR realizado cada tres kilómetros de la carretera, se determinó que su totalidad se encuentran suelos de baja a regular capacidad de soporte por lo cual se realizó la estabilización de suelos. Con la adición de 0.27 L/m³ del aditivo líquido PROES y 45 Kg/m³ del cemento Portland, los cuales se calcularon mediante ensayos de laboratorio, se determinó que el CBR del suelo del aumentó a más del 100% respecto al suelo en estado natural.
- A través del ensayo químico, se observó que el aditivo PROES aumenta la acidez de los suelos, debido a que tiende a romper el enlace entre las moléculas de agua en iones H⁺ y OH⁻. Los iones

H⁺ se adhieren a la partícula de arcilla, que tiene carga negativa, generando la disminución del número de pH, es decir vuelve más ácido al suelo. Los iones OH⁻ se remueven luego por compactación. Esta disociación genera el aumento en la capacidad de soporte del suelo.

- Se calculó el número de repeticiones de Ejes Equivalentes de la carretera que conecta a Calamarca y Huaso, que resultó de 8.42×10^5 EE para un periodo de diseño de 10 años.
- Para el diseño de la carretera sin el uso de aditivos, se tomó en cuenta el resultado obtenido del número de ejes equivalentes, determinando que la estructura deberá estar compuesta por una capa de asfalto de espesor igual a 8 cm, una capa base de 25 cm y una sub base de 17 cm, teniendo en total un pavimento de 50 cm, así mismo para el diseño de la carretera con la dosificación óptima de PROES y cemento Portland, se determinó que el espesor de subrasante mejorada es de 20 cm, la capa base granular será de 17 cm, y poseerá una carpeta asfáltica de 8 cm, obteniendo un espesor de pavimento de 45 cm.
- Se realizó la evaluación de costos por Kilómetro de carretera para el pavimento flexible sin uso de aditivos y para pavimento con el uso de PROES y cemento Portland, obteniendo que el primero tiene un costo de S/ 436,465.92 por Kilómetro, mientras que el que utiliza aditivo PROES más cemento Portland es de S/ 368,487.90 por Kilómetro, en el caso de la estructura con el menor costo (dosificación 0.27 L/m³ de PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland). La diferencia de precios radica en el espesor de la base granular y en que el pavimento con aditivo no se utiliza una sub base granular. Asimismo, la profundidad de excavación y transporte de material granular es superior para el pavimento sin mejoramiento de subrasante. Esto demuestra que el uso de PROES más cemento Portland, además de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, también reduce costos para la construcción de carreteras en aproximadamente 15%.
- A través de cronogramas de obra, se determinó que la duración para la ejecución de un pavimento sin el uso de aditivos es de 13 días, mientras que en el que aplica aditivo líquido PROES más cemento Portland es de 9 días; es decir, disminuye el tiempo de ejecución en 30.77%, lo cual tiene una repercusión positiva para un proyecto. Esto determina que el uso de PROES más cemento Portland es positivo tanto en cuanto a costos como en duración.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las empresas constructoras que implementen el uso de este aditivo en sus obras, utilizar el contenido de humedad óptima calculado en los ensayos de Proctor modificado en lugar de la humedad natural del suelo para determinar el CBR, puesto que esto permite obtener valores de CBR mayores. El uso de una adecuada técnica constructiva y energía de compactación son también fundamentales para lograr una base cuyo desempeño y calidad sean lo más conveniente.
- Se recomienda la evaluación de otros aditivos ya que en el mercado existen diferentes productos que mejoran las propiedades del suelo con fines de pavimentación.
- Se recomienda evaluar por separado el aditivo sólido (cemento Portland) y el aditivo líquido (PROES), para así ver el comportamiento de este último y comparar el incremento que genera respecto al suelo con cemento Portland.
- Se recomienda realizar otros tipos de ensayos para evaluar la mejora que produce la adición del aditivo líquido (PROES) y el aditivo sólido (cemento Portland), como por ejemplo el ensayo de permeabilidad que permite conocer si el suelo estabilizado, al entrar en contacto con el agua, llega a penetrar en su interior o no, lo cual es muy importante ya que el agua es uno de los factores por lo que fallan los pavimentos actuales. Otro ensayo a realizar es el ensayo de compresión no confinado, que permitirá conocer la resistencia al corte del suelo estabilizado.
- Se recomienda al MTC desarrollar métodos estándares para el diseño de la estructura de pavimentos con el uso de aditivos como un capítulo dentro del Manual de Carreteras. Asimismo, considerar el diseño de subrasantes mejoradas dentro de dicho manual.
- Los resultados obtenidos en esta investigación no deberán ser utilizados para suelos similares. Para cada tipo de suelo a estabilizar, se recomienda realizar los ensayos de laboratorio pertinentes para poder calcular el porcentaje óptimo de aditivo líquido PROES y cemento Portland.
- Para el estudio de mecánica de suelos, se recomienda que en todos los ensayos de laboratorio se sigan estrictamente los procedimientos especificados en la Normativa Técnica Peruana, con el fin de obtener datos confiables y que se rijan a la realidad nacional.
- Para cada tipo de carretera, se recomienda realizar el estudio de tráfico pertinente para poder calcular el tipo y volumen de tránsito de la misma, el cual es un factor que tendrá influencia en el espesor de cada capa del pavimento a utilizar, lo cual afecta en el costo de la misma.
- Es de suma importancia la buena manipulación del aditivo PROES debido a que es altamente corrosivo por lo cual podría ocasionar graves daños en la salud de la persona. El efecto principal

que genera el aditivo sobre el cuerpo es la irritación; si en caso ocurriera, se deberá lavar con abundante agua asegurando detener la exposición de la piel con el producto y si los efectos persisten, se deberá buscar atención médica inmediata.

- Asimismo, se recomienda el uso adecuado del aditivo en las zonas a aplicar puesto que al ser un material que aumenta la acidez de los suelos, se vuelve perjudicial para las plantas, ya que impide su crecimiento.
- Para futuras líneas de investigación, se recomienda complementar aspectos como los efectos a largo plazo del uso de este aditivo PROES, reflejada en la durabilidad, serviciabilidad y eficiencia del pavimento.

REFERENCIAS

- Alonzo, L., & Rodríguez, G. (2005). *Carreteras*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=h-F1o3FkfyEC&printsec=frontcover&dq=carreteras&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjdmY7XsbDPAhULJB4KHaB6DyoQ6AEIGjAA#v=onepage&q=carreteras&f=false>
- Analistas Económicos de Andalucía. (2001). El transporte: importancia económica y social. En *Las infraestructuras de transporte del eje mediterráneo andaluz: efectos socioeconómicos*. Andalucía.
- Atarama, E. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES*. Piura.
- Beltrán, M. A., & Copado, J. A. (2011). *Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como para subrasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de Ciudad Obregón, Son. Obregón*. Recuperado de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/310_copado_jose.pdf
- Brack, A., & Mendiola, C. (2004). *Ecología del Perú*. PNUD. Lima: Bruño.
- Cedeño, D. (2013). *Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante de la Avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito*. Quito.
- CON-AID ARGENTINA. (2012). *CON-AID ARGENTINA*. Recuperado de <http://www.conaid.com.ar/wp-content/uploads/2012/08/conaid-1.pdf>
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). México: Limusa.
- Dal-Ré, R. (2001). *Caminos Rurales: Proyecto y Construcción*. Madrid: Mundi-Prensa Libros, S.A. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=Tpb_f8ijTBcC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- De Solminihac, H., Echevarría, G., & Thenoux, G. (2012). *Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimentos*. Santiago de Chile.
- Diario La República. (30 de Septiembre de 2015). Carretera inaugurada recientemente por Humala está en mal estado. *Diario La República*. Recuperado de <http://larepublica.pe/impresia/sociedad/706922-carretera-inaugurada-recientemente-por-humala-esta-en-mal-estado>
- Díaz, J., & Sampedro, Á. (2008). *La adecuada elección del conglomerante en la estabilización de suelos*. Valladolid. Recuperado de <http://www.anter.es/ACTUALIZACIONES/charlas/charla-eleccion.pdf>

- Fassbender, H., & Bornemisza, E. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Costa Rica: IICA.
- García, E., & Suárez, M. (s.f.). *Las arcillas: propiedades y usos*. Madrid. Recuperado de campus.usal.es/~delcien/doc/GA.pdf
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw-Hill.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Diciembre de 2017). *Cuentas Nacionales del Perú: Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2016*. Lima. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1439/libro.pdf
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. (Enero de 2000). *Los análisis físicos y químicos en la cartografía edafológica del INEGI*. México. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccat/edafologia/doc/normedaf.pdf>
- Jiménez, M. (2014). *Diagnóstico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matemático de Hogg y Viga Benkelman*. Lima. Recuperado de http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/325860/2/jimenez_lm-pub-tesis.pdf
- Martínez-Álvarez, R., Rodríguez, J., & Sánchez, L. (2007). *Química: Un Proyecto de la American Chemical Society*. Barcelona: Reverté.
- MTC. (2013). Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. En *Sección Suelos y Pavimentos*. Lima.
- MTC. (2014). Recuperado de http://www.mtc.gob.pe/logros_red_vial.html
- MTC. (2014). Manual de Carreteras. En *Diseño Geométrico (DG-2014)*. Lima.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de nutrientes esenciales para las plantas* (Tercera ed.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=RSs6AgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gsb_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- PROESTECH. (2011). Recuperado de <http://www.proes.cl/>
- PROVIAS. (22 de Diciembre de 2011). *Resolución Ministerial*. Recuperado de <http://gis.proviasnac.gob.pe/FilesPdfs/resoluciones/2011/R.M%20878-2011.pdf>
- Ravines, M. A. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. Piura. Recuperado de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1354/ICI_185.pdf?sequence=1
- Rico, A., & Del Castillo, H. (2005). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. México, D.F.: Limusa S.A. Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=d042vJAKVK8C&pg=PA493&dq=ESTABILIZACION+DE+SUELOS&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjMhM30qNXMAhWJSiYKHadQA_cQ6AEIzAA#v=onepage&q&f=false

Ruano, D. (2012). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva*. Guatemala.

Talledo, J. (18 de Junio de 2015). Menos del 10% de las carreteras departamentales tienen asfalto. *El Comercio*. Recuperado de <http://elcomercio.pe/peru/pais/menos-10-carreteras-departamentales-tienen-asfalto-noticia-1819576#comentarios>

TDM. (2011). *GRUPO TDM*. Recuperado de <http://epivial.com/descargas/tm/estabilizaciondevias.pdf>

Ugaz, R., Tupia, C., & Alva, J. (2001). *Ensayos de estabilización de suelos con el aditivo RBI-81*. Puno. Recuperado de http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo17_a.pdf

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Cartilla de dosificación de la tecnología PROES, de acuerdo al tipo de suelo a estabilizar

a. Arenas (finas, medias y gruesas)

Pasante por malla N.º 200: varía entre 0.25% - 10%

Índice de plasticidad: N.P.

La estabilización en este caso considera mezclar el suelo natural con un porcentaje de arcilla que varía entre el 10% y el 20% dependiendo de la plasticidad de este último, de modo que el pasante por la malla N.º 200 de la mezcla de suelo sea superior a 12% y el I.P. mínimo 5%.

Aditivo líquido: entre 0.23 y 0.30 L/m³ de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 45 y 80 kg/m³ de suelo compacto

b. Arcillas

Pasante por malla N.º 200: superior a 50%

Índice de plasticidad: superiores a 10%

La estabilización para este tipo de suelo en algunos casos puede considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2", que varía entre 20% y 30%. La mezcla de los materiales debe cumplir $2% < I.P. < 20%$.

Aditivo líquido: entre 0.23 y 0.30 L/m³ de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 40 y 70 kg/m³ de suelo compacto

c. Limos

Pasante por malla N.º 200: superior a 50%

Índice de plasticidad: inferiores a 10%

La estabilización para este tipo de suelo debe considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2" que varía entre 25% y 40% dependiendo del CBR del suelo natural. La mezcla de los materiales debe cumplir $2% < I.P. < 20%$.

Aditivo líquido: entre 0.24 y 0.30 L/m³ de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 40 y 70 kg/m³ de suelo compacto

d. Maicillos

Tamaño máximo: variable

Pasante por malla N.º 200: inferiores a 50%

Índice de plasticidad: varía entre 1% y 15%

La estabilización para este tipo de suelo solamente en algunos casos puede considerar mezclar el suelo natural con un porcentaje de material granular de tamaño máximo 2" que varía entre 15% y 25%.

Aditivo líquido: entre 0.25 y 0.30 L/m³ de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 50 y 65 kg/m³ de suelo compacto

e. Bases estabilizadas

Tamaño máximo: malla 2"

Pasante por malla N.º 200: entre 3% - 12%

Índice de plasticidad: superior a 1%

Aditivo líquido: entre 0.22 y 0.30 L/m³ de suelo compacto

Aditivo sólido: entre 45 y 65 kg/m³ de suelo compacto

f. Bases granulares

Tamaño máximo: malla 2"

Pasante por malla N.º 200: entre 3% - 6%

Índice de plasticidad: N.P.

La estabilización para este tipo de suelo considera mezclar el suelo natural con un porcentaje de arcilla que varía entre el 10% y el 20% dependiendo de la plasticidad de este último, de modo que el pasante por malla N^o200 de la mezcla de suelo sea superior a 12% y el I.P. mínimo 3%.

Aditivo líquido: entre 0.22 y 0.30 L/m³ de suelo compacto


Aditivo sólido: entre 45 y 65 kg/m³ de suelo compacto


ANEXO n.º 2. Guía de Observación para el registro de los principales problemas que afectan la carretera Calamarca - Huaso.


Guía de Observación N.º				
Progresiva				
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	B)Liviano	C)Pesado	D)Muy pesado
Tipo de pavimento				
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía	D)Polvo en la vía
	E)Huecos en la vía		F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	C)Alto	D)Muy alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	C)10-15 m ²	D)Toda la calzada
Posibles causas	A)Malos materiales		B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia				


Validado por:


Ing. Roxana Aguilar Villena
Asesora


Guía de Observación N.º 1			
Progresiva	Km 1+900 – Km 1+950		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	<input checked="" type="radio"/> A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> D)Toda la calzada
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			


Guía de Observación N.º 2			
Progresiva	Km 2+100 – Km 2+110		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	<input checked="" type="radio"/> B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	C)10-15 m ²
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			


Guía de Observación N.º 3			
Progresiva	Km 3+500 – Km 3+600		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía		<input checked="" type="radio"/> F)Ahuellamiento
Nivel de severidad	A)Bajo	<input checked="" type="radio"/> B)Medio	C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> C)10-15 m ²
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			


Guía de Observación N.º 4			
Progresiva	Km 4+200 – Km 4+300		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	<input checked="" type="radio"/> D)Polvo en la vía
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	C)10-15 m ²
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			


Guía de Observación N.º 5			
Progresiva	Km 5+800 – Km 5+900		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	<input checked="" type="radio"/> E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> C)10-15 m ²
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

Guía de Observación N.º 6			
Progresiva	Km 6+100 – Km 6+200		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	<input checked="" type="radio"/> C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	<input checked="" type="radio"/> B)Medio	C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> C)10-15 m ²
Posibles causas	<input checked="" type="radio"/> A)Malos materiales	B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

Guía de Observación N.º 7			
Progresiva	Km 7+300 – Km 7+400		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado D)Muy pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía D)Polvo en la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	<input checked="" type="radio"/> G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	<input checked="" type="radio"/> B)Medio	C)Alto D)Muy alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	C)10-15 m ² <input checked="" type="radio"/> D)Toda la calzada
Posibles causas	<input checked="" type="radio"/> A)Malos materiales	B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

Guía de Observación N.º 8			
Progresiva	Km 8+100 – Km 8+150		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	<input checked="" type="radio"/> F)Ahuellamiento	G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> D)Muy alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> D)Toda la calzada
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

Guía de Observación N.º 9			
Progresiva	Km 9+000 – Km 9+050		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía		<input checked="" type="radio"/> F)Ahuellamiento
Nivel de severidad	A)Bajo	<input checked="" type="radio"/> B)Medio	C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> C)10-15 m ²
Posibles causas	<input checked="" type="radio"/> A)Malos materiales	B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

Guía de Observación N.º 10			
Progresiva	Km 9+500 – Km 9+550		
Tipo de tránsito	A)Muy liviano	<input checked="" type="radio"/> B)Liviano	C)Pesado
Tipo de pavimento	Afirmado		
Tipo de falla encontrada	A)Sección inapropiada	B)Drenaje inadecuado	C)Corrugación de la vía
	E)Huecos en la vía	F)Ahuellamiento	<input checked="" type="radio"/> G)Desprendimiento de agregados
Nivel de severidad	A)Bajo	B)Medio	<input checked="" type="radio"/> C)Alto
Dimensiones de la falla	A)1-5 m ²	B)5-10 m ²	<input checked="" type="radio"/> D)Toda la calzada
Posibles causas	A)Malos materiales	<input checked="" type="radio"/> B)Inadecuado mantenimiento	C)Otros:
Evidencia			

ANEXO n.º 3. Clasificación SUCS (ASTM D-2487)

Tabla n.º 73

Sistema de clasificación SUCS

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio				Clasificación de suelos		
				Símbolo de grupo	Nombre del grupo	
Suelos de partículas gruesas más del 50% es retenido en la malla N.º 200	Gravas Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N.º 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla N.º 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien gradada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal gradada	
		Gravas con finos Más del 12% pasa la malla N.º 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
		Gravas limpias y con finos Entre el 5% y 12% pasa malla N.º 200	Cumple con los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien gradada con limo	
			Cumple con los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien gradada con arcilla	
		Cumple con los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal gradada con limo		
		Cumple con los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal gradada con arcilla		
	Arenas El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N.º 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla N.º 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien gradada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal gradada	
		Arenas con finos Más del 12% pasa la malla N.º 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
Arenas limpias y con finos Entre el 5% y 12% pasa malla N.º 200		Cumple con los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien gradada con limo		
		Cumple con los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien gradada con arcilla		
	Cumple con los criterios para SP y SM	SP-SM	Arena mal gradada con limo			
	Cumple con los criterios para SP y SC	SP-SC	Arena mal gradada con arcilla			
Suelos de partículas finas El 50% o más pasa la malla N.º 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
	Limos y arcillas Límite líquido mayor que 50	Inorgánicos		$\frac{\text{Límite líquido-secado al horno}}{\text{Límite líquido-no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico
				IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
		Orgánicos		IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
				$\frac{\text{Límite líquido-secado al horno}}{\text{Límite líquido-no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba		

Fuente: ASTM D 2487

ANEXO n.º 4. Clasificación AASHTO M-145

Tabla n.º 74

Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz N.º 200)							Materiales limo-arcillosos (más de 35% pasa el tamiz N.º 200)				
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5	A-7-6
Tamizado, % que pasa												
N.º 10 (2.00 mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N.º 40 (425 µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...	...
N.º 200 (75 µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia												
Límite líquido	...	...	...	...	...	B	...	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	...	N.P.	...	...	B	...	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos								Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Clasificación	Excelente a bueno							Regular a malo				

Nota: ^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

ANEXO n.º 5. Factores de Distribución Direccional y de Carril

Tabla n.º 75

Factores de Distribución Direccional y de Carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.6
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.5
	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas (para IMDA total de las 2 calzadas)	2 sentido	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentido	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentido	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentido	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 6. Factor de Crecimiento Acumulado

Tabla n.º 76.

Factor de Crecimiento Acumulado (FCa)

Período análisis (años)	Factor de crecimiento	Tasa de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	20.5	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 7. Valores para el Nivel de Confiabilidad

Tabla n.º 77

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	100,000	150,000	65%
	Tp1	150,001	300,000	70%
	Tp2	300,001	500,000	75%
	Tp3	500,001	750,000	80%
	Tp4	750,001	1,000,000	85%
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%
	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%
	Tp12	15,000,001	20,000,000	95%
	Tp13	20,000,001	25,000,000	95%
	Tp14	25,000,001	30,000,000	95%
	Tp15		>30,000,000	95%

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 8. Valores para el Coeficiente de Desviación Estándar Normal (Zr)

Tabla n.º 78
Valor Zr para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	100,000	150,000	-0.385
	Tp1	150,001	300,000	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	-0.842
	Tp4	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	Tp9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	Tp10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	Tp11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	Tp12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	Tp13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	Tp14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	Tp15		>30,000,000	-1.645

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 9. Valores para el Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)

Tabla n.º 79
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	100,000	150,000	3.80
	Tp1	150,001	300,000	3.80
	Tp2	300,001	500,000	3.80
	Tp3	500,001	750,000	3.80
	Tp4	750,001	1,000,000	4.00
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	4.00
	Tp6	1,500,001	3,000,000	4.00
	Tp7	3,000,001	5,000,000	4.00
	Tp8	5,000,001	7,500,000	4.00
	Tp9	7,500,001	10,000,000	4.00
	Tp10	10,000,001	12,500,000	4.00
	Tp11	12,500,001	15,000,000	4.20
	Tp12	15,000,001	20,000,000	4.20
	Tp13	20,000,001	25,000,000	4.20
	Tp14	25,000,001	30,000,000	4.20
	Tp15		>30,000,000	4.20

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 10. Valores Índice de Serviciabilidad Final (Pt)

Tabla n.º 80
Índice de Serviciabilidad Final (Pt) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	100,000	150,000	2.00
	Tp1	150,001	300,000	2.00
	Tp2	300,001	500,000	2.00
	Tp3	500,001	750,000	2.00
	Tp4	750,001	1,000,000	2.50
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	2.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	2.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	2.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	2.50
	Tp9	7,500,001	10,000,000	2.50
	Tp10	10,000,001	12,500,000	2.50
	Tp11	12,500,001	15,000,000	3.00
	Tp12	15,000,001	20,000,000	3.00
	Tp13	20,000,001	25,000,000	3.00
	Tp14	25,000,001	30,000,000	3.00
	Tp15		>30,000,000	3.00

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 11. Valores de la Variación de Serviciabilidad (Δ PSI)

Tabla n.º 81
Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	Tp0	100,000	150,000	1.80
	Tp1	150,001	300,000	1.80
	Tp2	300,001	500,000	1.80
	Tp3	500,001	750,000	1.80
	Tp4	750,001	1,000,000	1.50
Resto de Caminos	Tp5	1,000,001	1,500,000	1.50
	Tp6	1,500,001	3,000,000	1.50
	Tp7	3,000,001	5,000,000	1.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	1.50
	Tp9	7,500,001	10,000,000	1.50
	Tp10	10,000,001	12,500,000	1.50
	Tp11	12,500,001	15,000,000	1.20
	Tp12	15,000,001	20,000,000	1.20
	Tp13	20,000,001	25,000,000	1.20
	Tp14	25,000,001	30,000,000	1.20
	Tp15		>30,000,000	1.20

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 12. Valores de Coeficientes estructurales a_1 , a_2 , a_3

Tabla n.º 82

Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,964 MPa (430,000 PSI) a 20°C	a_1	0.170 / cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión	a_1	0.125 / cm	Capa superficial recomendada para Tráfico <1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa superficial recomendada para Tráfico <1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa	a_1	0.250	Capa superficial recomendada para tráfico \leq 500,000 EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm	a_1	0.150	Capa superficial recomendada para tráfico \leq 500,000 EE. No aplica con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
BASE			
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico < 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_2	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todo tipo de tráfico
Base Granular Tratada con Cemento Portland (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²)	a_2	0.070 / cm	Capa de Base recomendada para todo tipo de tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm²)	a_2	0.080 / cm	Capa de Base recomendada para todo tipo de tráfico
SUB BASE			
Sub base granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub base recomendada para Tráfico < 15'000,000 EE
Sub base granular CBR 60% compactada al 100% de la MDS	a_3	0.050 / cm	Capa de Sub base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 13. Valores para el Coeficiente de drenaje m_i

Tabla n.º 83

Valores recomendados del Coeficiente de drenaje m_i para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DE DRENAJE	P = % DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANOS A LA SATURACIÓN			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: (MTC, 2014)

ANEXO n.º 14. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>¿Cómo influye la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos localizados entre los sectores Calamarca – Huaso?</p>	<p>Objetivo general Determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar el estudio de mecánica de suelos, para identificar sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. - Evaluar el aumento de la máxima densidad seca del suelo estabilizado de la carretera a través del ensayo Proctor modificado. - Explicar cómo actúa el aditivo PROES en el suelo químicamente. - Elaborar el diseño del pavimento de la carretera con y sin la aplicación de la tecnología PROES de acuerdo a la normativa vigente del MTC. - Elaborar el presupuesto con y sin la aplicación de la tecnología PROES, en base al análisis de costos unitarios por partidas. - Elaborar el cronograma de obra para la ejecución del pavimento con y sin la aplicación del aditivo PROES más cemento Portland. 	<p>La aplicación de aditivos químicos en las cantidades óptimas influye positivamente en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, La Libertad, 2018.</p>	<p>Variable independiente: Uso de aditivos químicos</p> <p>El uso de aditivo líquido PROES más cemento Portland aporta ventajas como utilizar el terreno natural y generar ahorros en costos de materiales y transporte además de mejorar significativamente la capacidad de soporte del suelo (CBR>100%).</p> <p>Variable dependiente: Estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca - Huaso</p> <p>Consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo a través de métodos o procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos. En este caso será a través del uso del aditivo líquido PROES más cemento Portland. Este mejoramiento de las propiedades del suelo será comprobado a través de los ensayos de CBR y Proctor Modificado.</p>

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

ANEXO n.º 15. Resultados del ensayo de Granulometría

Tabla n.º 84

Granulometría de la calicata n.º 1

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	5.2	1.7	1.7	98.3
Nº4	4.750	3.2	1.1	2.8	97.2
Nº10	2.000	9.2	3.1	5.8	94.2
Nº16	1.180	9.9	3.3	9.2	90.8
Nº30	0.600	10.4	3.5	12.6	87.4
Nº40	0.425	5.0	1.7	14.3	85.7
Nº100	0.150	13.9	4.6	18.9	81.1
Nº200	0.075	9.1	3.0	22.0	78.0
< Nº200	Fondo	234.1	78.0	100.0	
Total		300.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

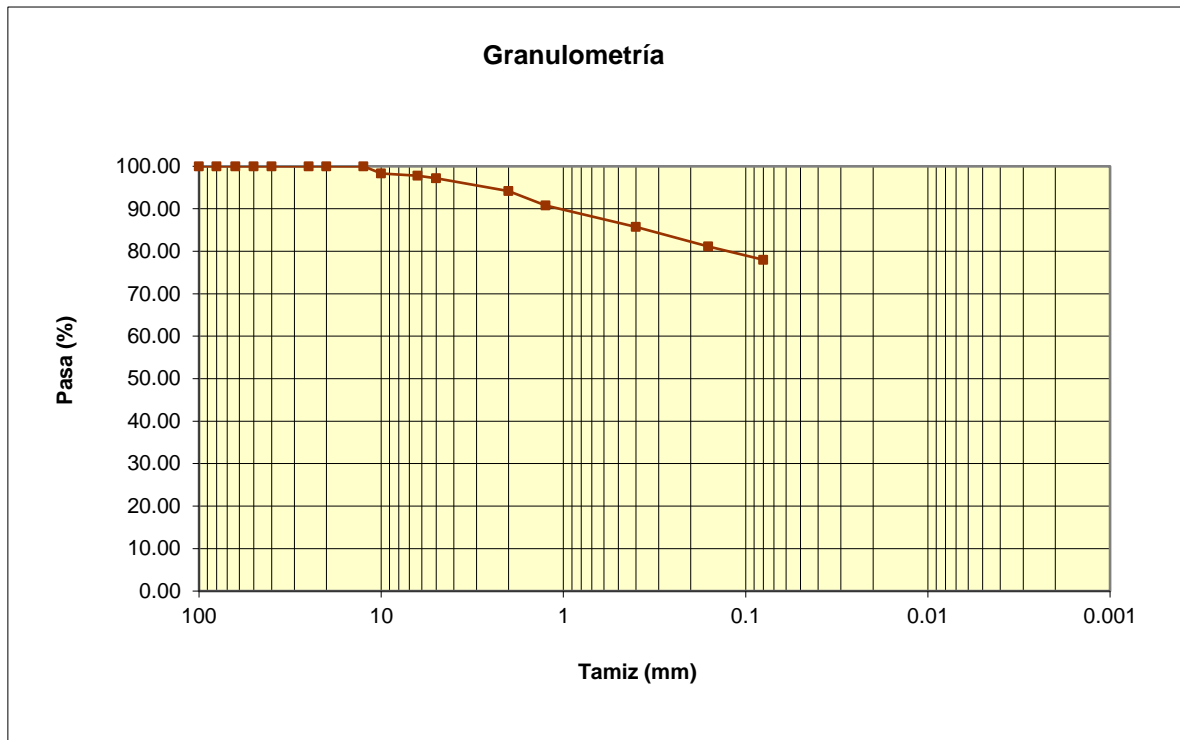


Figura n.º 32. Curva Granulométrica de la calicata n.º 1

Tabla n.º 85
Granulometría de la calicata n.º 2

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	5.2	1.6	1.6	98.4
Nº4	4.750	3.2	1.0	2.5	97.5
Nº10	2.000	9.2	2.8	5.3	94.7
Nº16	1.180	9.9	3.0	8.3	91.7
Nº30	0.600	10.4	3.1	11.5	88.5
Nº40	0.425	5.0	1.5	13.0	87.0
Nº100	0.150	13.9	4.2	17.2	82.8
Nº200	0.075	9.1	2.8	20.0	80.0
< Nº200	Fondo	264.1	80.0	100.0	
Total		330.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

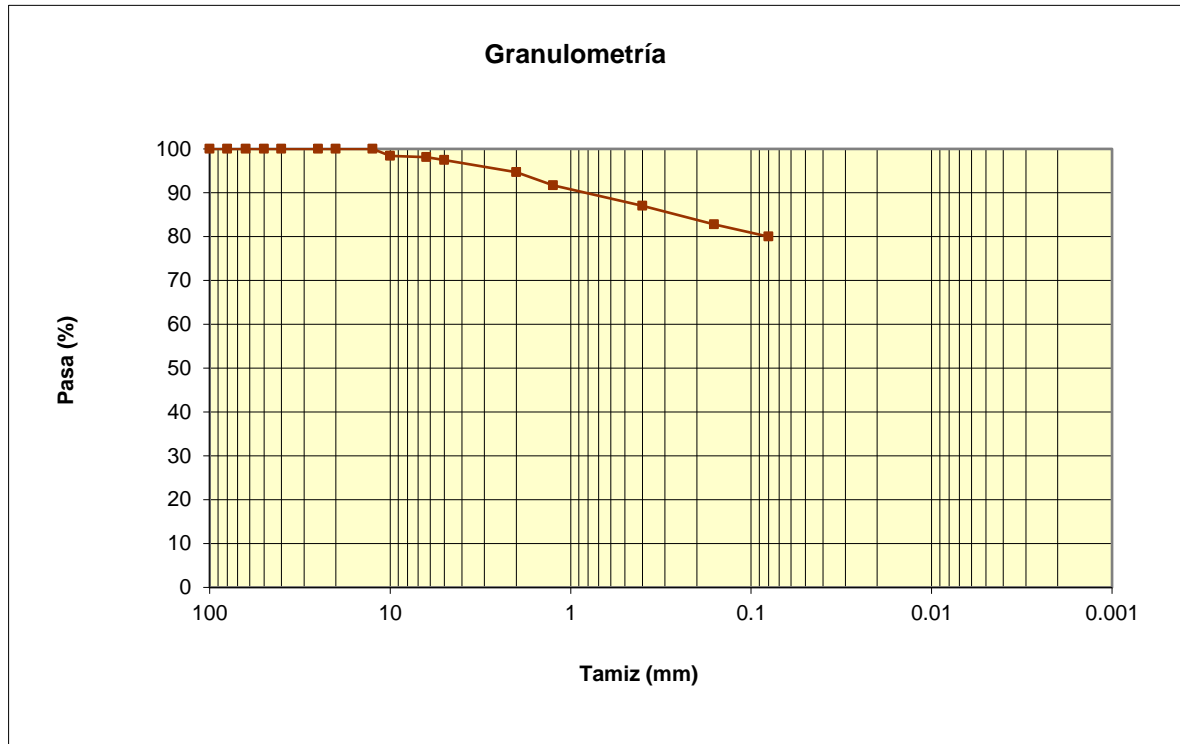


Figura n.º 33. Curva Granulométrica de la calicata n.º 2

Tabla n.º 86
Granulometría de la calicata n.º 3

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	3.1	0.7	0.7	99.3
Nº4	4.750	4.2	1.0	1.8	98.2
Nº10	2.000	19.0	4.6	6.3	93.7
Nº16	1.180	19.5	4.7	11.0	89.0
Nº30	0.600	21.0	5.0	16.0	84.0
Nº40	0.425	13.0	3.1	19.2	80.8
Nº100	0.150	23.9	5.7	24.9	75.1
Nº200	0.075	19.6	4.7	29.6	70.4
< Nº200	Fondo	293.1	70.4	100.0	
Total		416.5	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

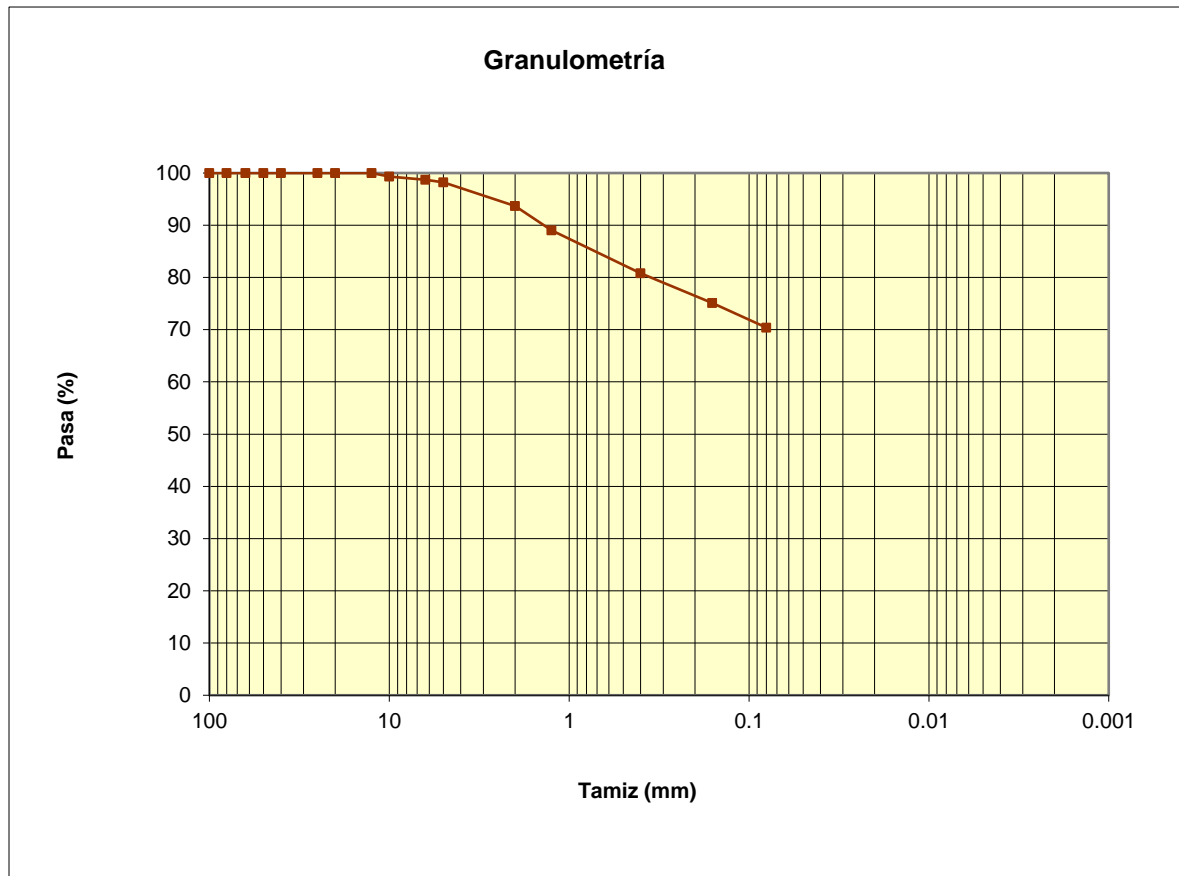


Figura n.º 34. Curva Granulométrica de la calicata n.º 3

Tabla n.º 87
Granulometría de la calicata n.º 4

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	3.2	1.1	1.1	98.9
Nº4	4.750	5.1	1.8	2.9	97.1
Nº10	2.000	12.2	4.2	7.0	93.0
Nº16	1.180	9.9	3.4	10.4	89.6
Nº30	0.600	16.4	5.6	16.0	84.0
Nº40	0.425	8.0	2.7	18.8	81.2
Nº100	0.150	23.9	8.2	27.0	73.0
Nº200	0.075	9.1	3.1	30.1	69.9
< Nº200	Fondo	204.1	69.9	100.0	
Total		292.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

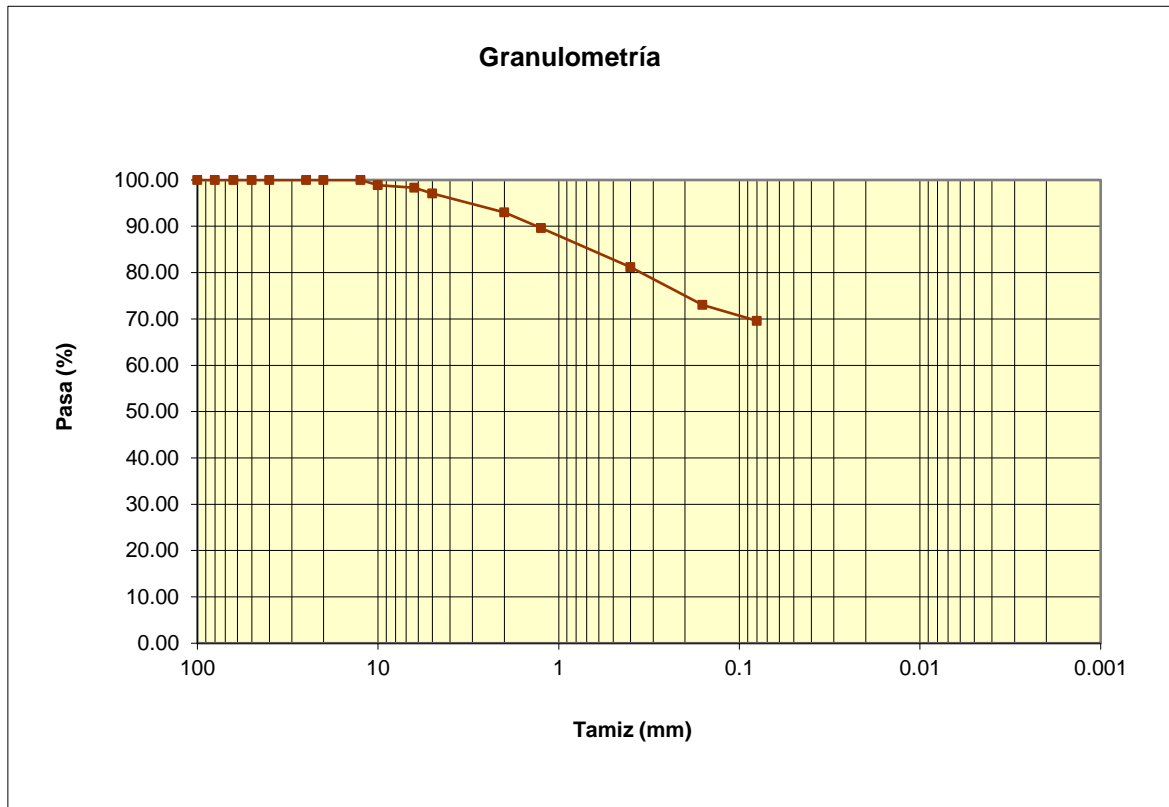


Figura n.º 35. Curva Granulométrica de la calicata n.º 4

Tabla n.º 88
Granulometría de la calicata n.º 5

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	5.2	1.7	1.7	98.3
Nº4	4.750	13.3	4.3	6.0	94.0
Nº10	2.000	11.2	3.6	9.6	90.4
Nº16	1.180	11.6	3.7	13.4	86.6
Nº30	0.600	12.9	4.2	17.5	82.5
Nº40	0.425	8.9	2.9	20.4	79.6
Nº100	0.150	22.2	7.2	27.6	72.4
Nº200	0.075	19.5	6.3	33.9	66.1
< Nº200	Fondo	204.1	66.1	100.0	
Total		308.8	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

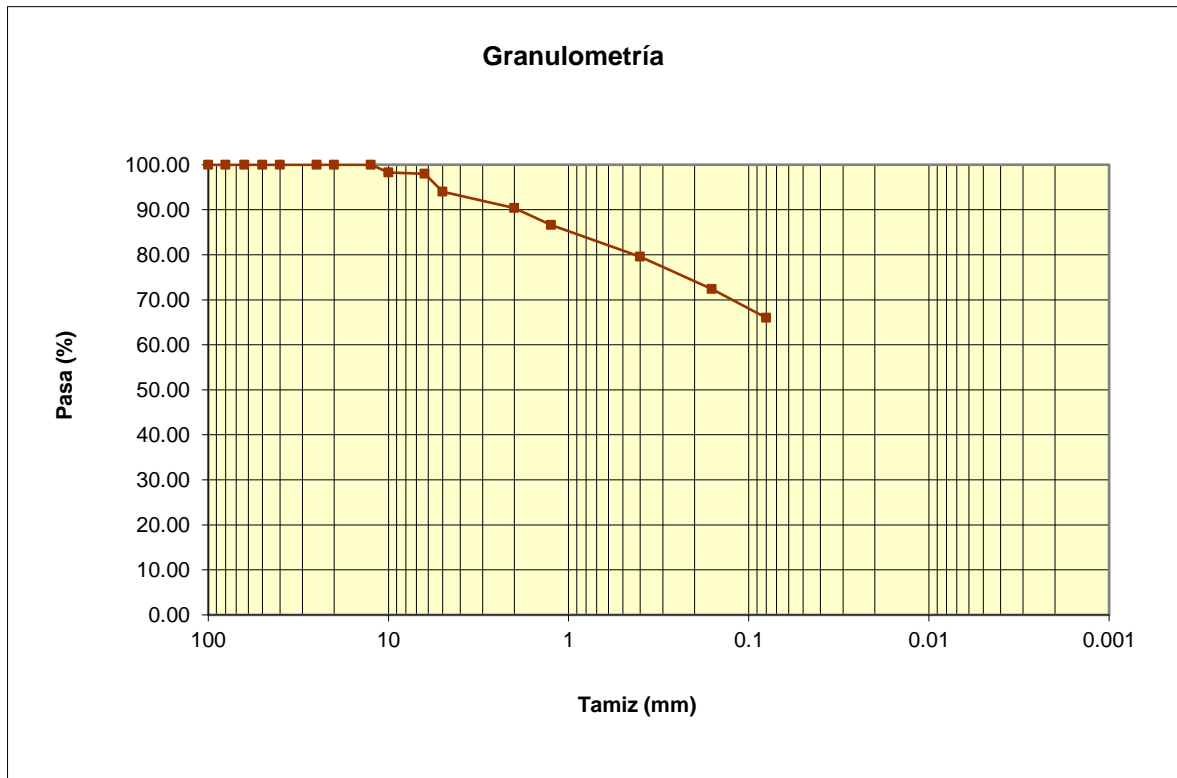


Figura n.º 36. Curva Granulométrica de la calicata n.º 5

Tabla n.º 89
Granulometría de la calicata n.º 6

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	1.9	0.3	0.3	99.7
Nº4	4.750	12.6	1.9	2.2	97.8
Nº10	2.000	18.8	2.8	5.0	95.0
Nº16	1.180	48.8	7.3	12.3	87.7
Nº30	0.600	58.2	8.7	20.9	79.1
Nº40	0.425	21.2	3.2	24.1	75.9
Nº100	0.150	58.6	8.7	32.8	67.2
Nº200	0.075	30.2	4.5	37.4	62.6
< Nº200	Fondo	419.7	62.6	100.0	
Total		670.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

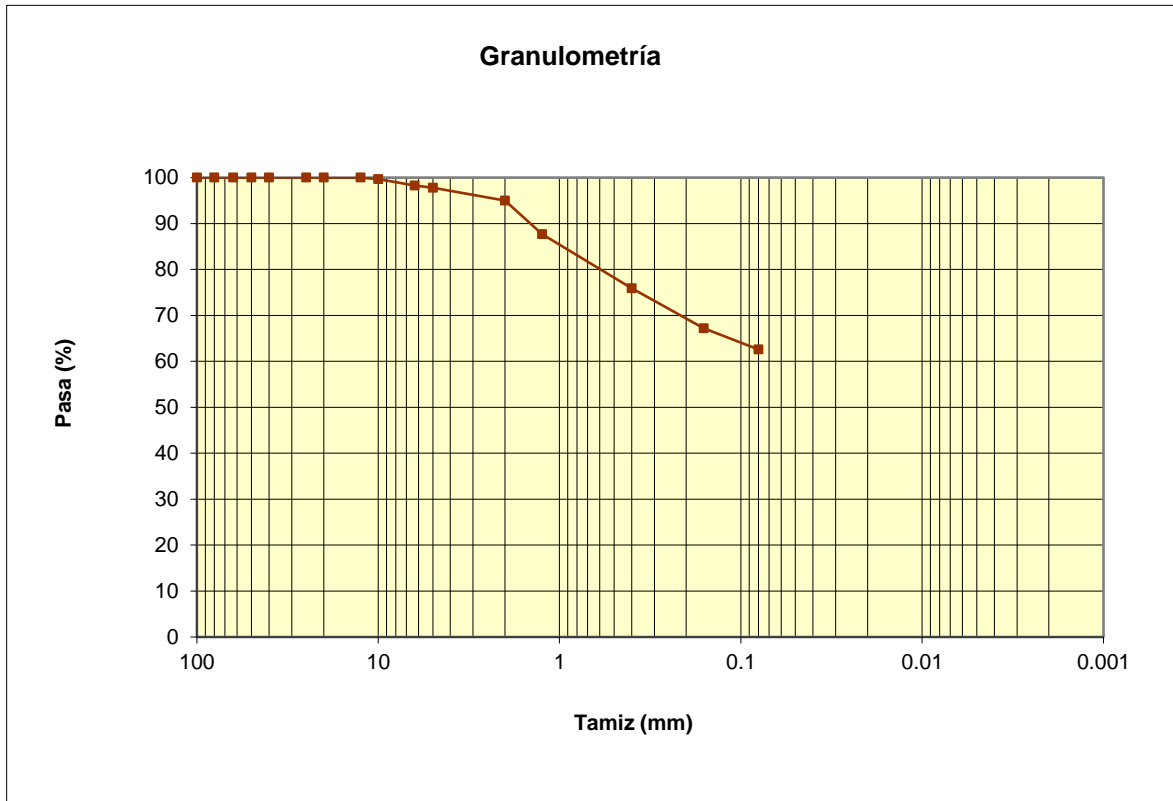


Figura n.º 37. Curva Granulométrica de la calicata n.º 6

Tabla n.º 90.
Granulometría de la calicata n.º 7

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	2.9	0.4	0.4	99.6
Nº4	4.750	22.6	3.0	3.4	96.6
Nº10	2.000	27.8	3.7	7.1	92.9
Nº16	1.180	44.8	6.0	13.1	86.9
Nº30	0.600	58.2	7.8	20.8	79.2
Nº40	0.425	22.2	3.0	23.8	76.2
Nº100	0.150	58.6	7.8	31.6	68.4
Nº200	0.075	30.2	4.0	35.6	64.4
< Nº200	Fondo	482.7	64.4	100.0	
Total		750.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

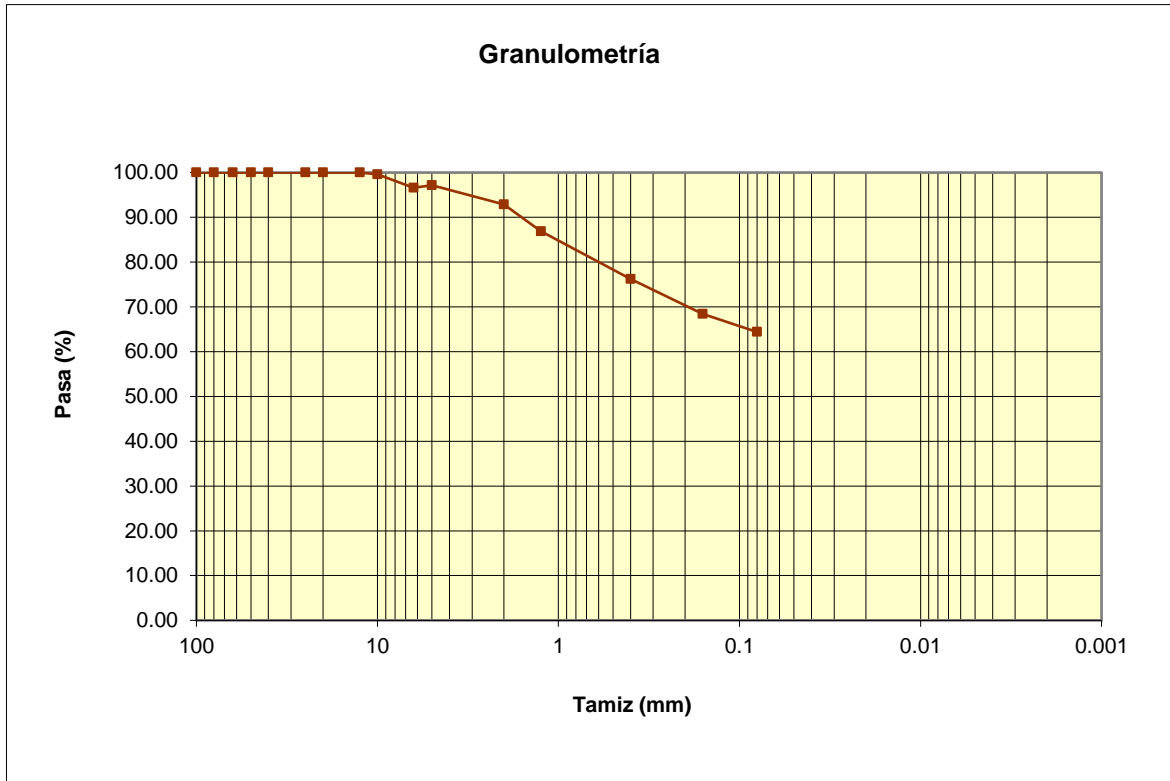


Figura n.º 38. Curva Granulométrica de la calicata n.º 7

Tabla n.º 91
Granulometría de la calicata n.º 8

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500				100.0
Nº4	4.750	22.6	2.9	2.9	97.1
Nº10	2.000	28.9	3.8	6.7	93.3
Nº16	1.180	44.8	5.8	12.5	87.5
Nº30	0.600	59.2	7.7	20.2	79.8
Nº40	0.425	22.2	2.9	23.1	76.9
Nº100	0.150	58.6	7.6	30.7	69.3
Nº200	0.075	30.2	3.9	34.6	65.4
< Nº200	Fondo	502.7	65.4	100.0	
Total		769.2	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

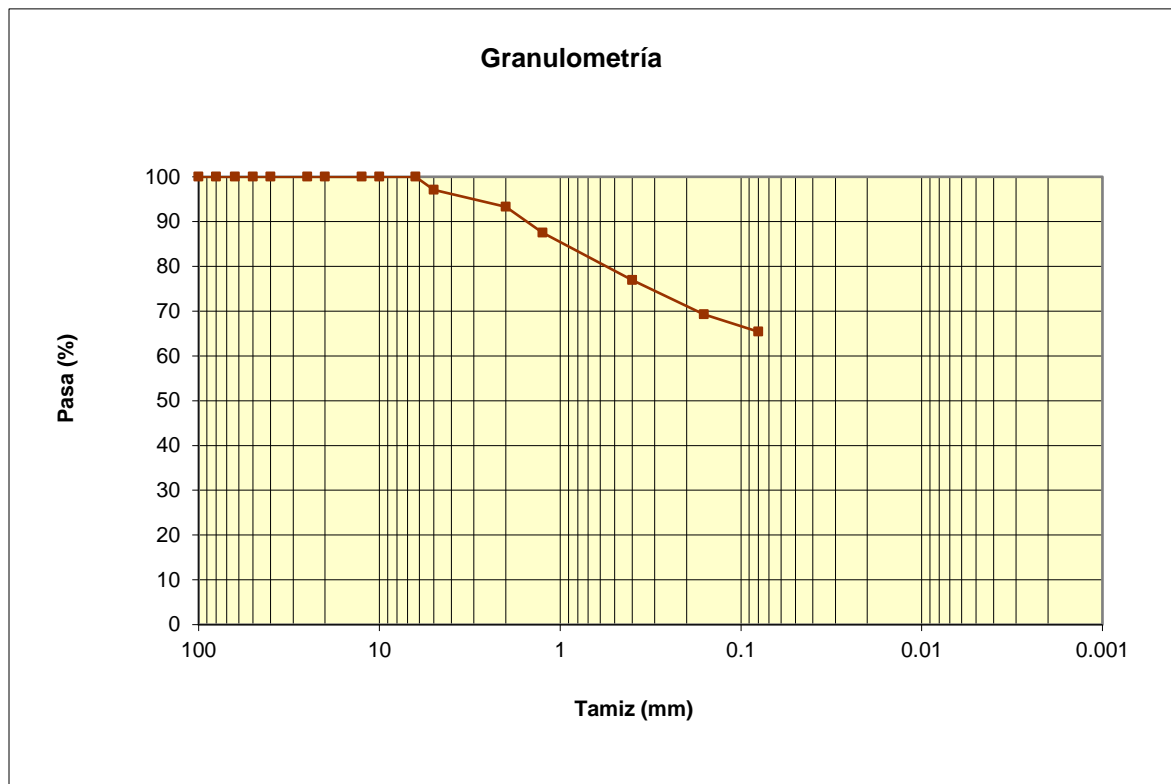


Figura n.º 39. Curva Granulométrica de la calicata n.º 8

Tabla n.º 92
Granulometría de la calicata n.º 9

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	3.3	0.5	0.5	99.5
Nº4	4.750	12.6	1.8	2.2	97.8
Nº10	2.000	18.9	2.7	4.9	95.1
Nº16	1.180	34.8	4.9	9.8	90.2
Nº30	0.600	49.2	6.9	16.7	83.3
Nº40	0.425	12.2	1.7	18.4	81.6
Nº100	0.150	48.6	6.8	25.2	74.8
Nº200	0.075	30.2	4.2	29.4	70.6
< Nº200	Fondo	502.7	70.6	100.0	
Total		712.5	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

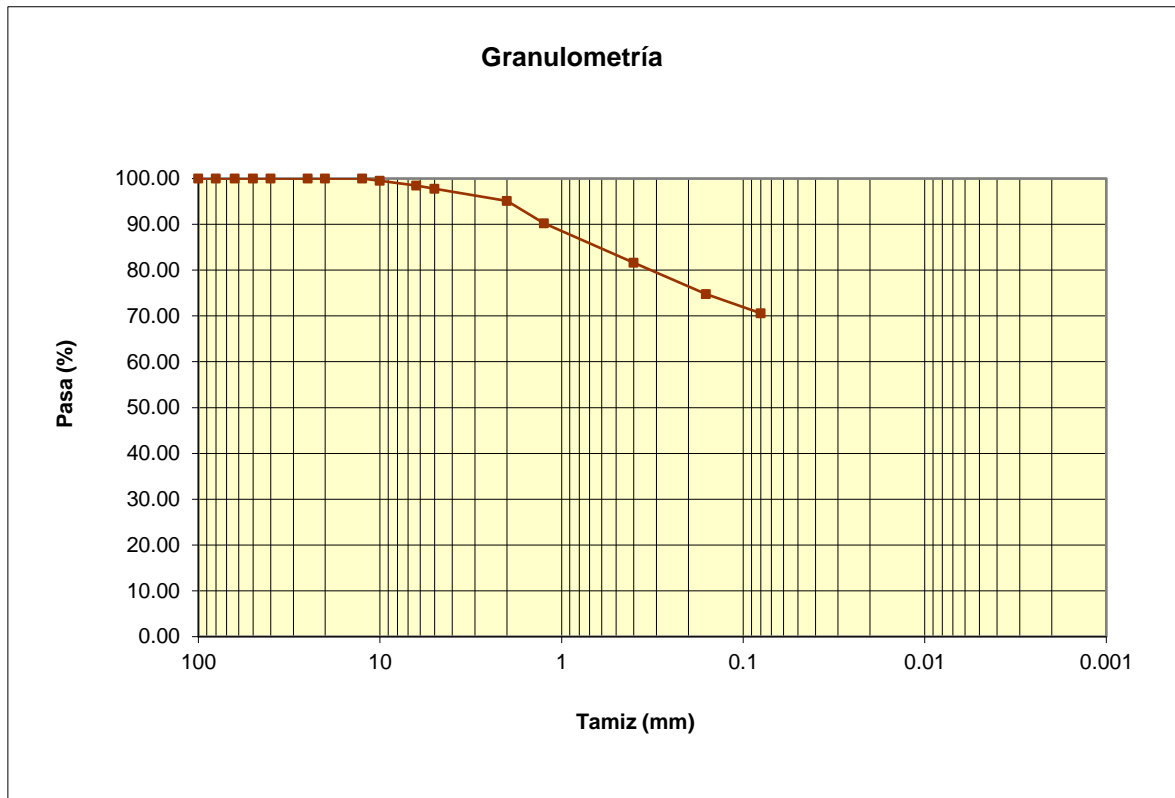


Figura n.º 40. Curva Granulométrica de la calicata n.º 9

Tabla n.º 93
Granulometría de la calicata n.º 10

MALLA SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA NTP. 339.128 (99)				
	ABERTURA (mm)	PESO RET. (g)	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				100.00
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.000				100.0
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500				100.0
3/8"	9.500	3.3	0.5	0.5	99.5
Nº4	4.750	12.6	1.9	2.4	97.6
Nº10	2.000	18.9	2.8	5.2	94.8
Nº16	1.180	24.8	3.7	8.9	91.1
Nº30	0.600	39.2	5.9	14.8	85.2
Nº40	0.425	2.1	0.3	15.1	84.9
Nº100	0.150	38.6	5.8	20.8	79.2
Nº200	0.075	20.2	3.0	23.9	76.1
< Nº200	Fondo	510.2	76.1	100.0	
Total		670.0	100.0		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

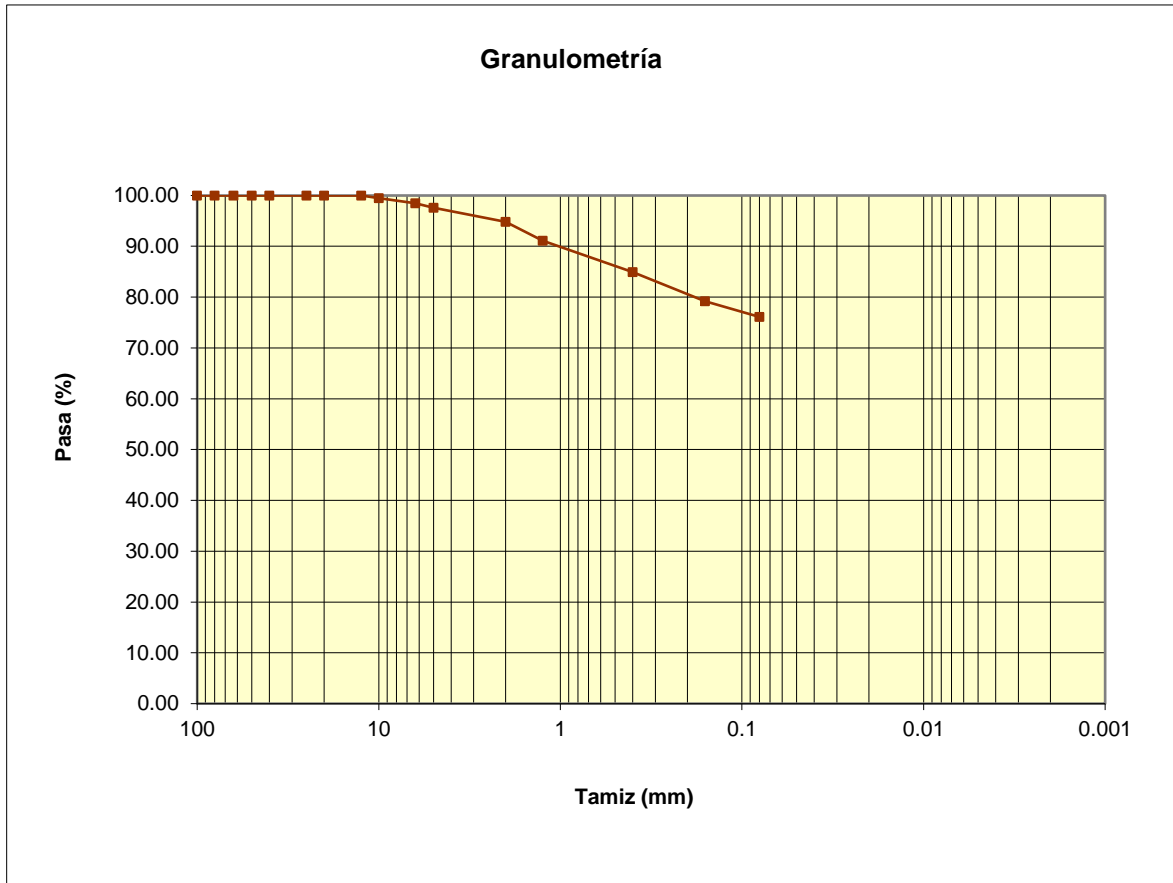


Figura n.º 41. Curva Granulométrica de la calicata n.º 10

ANEXO n.º 16. Resultados de los ensayos de Límites de Consistencia

Tabla n.º 94

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 1

CRIS- TAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	72.18	70.46	1.72	66.53	3.93	43.8	16
2	66.17	64.79	1.38	61.49	3.3	41.8	20
3	77.47	75.4	2.07	70.42	4.98	41.6	29
LÍMITE PLÁSTICO							
1	71.62	71.49	0.13	70.86	0.63	20.6	
2	68.18	68.1	0.08	67.74	0.36	22.2	
3	71.97	71.82	0.15	71.22	0.6	25.0	

L.L. **41.8**

L.P. 22.6

I.P. 19.2

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 95

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 2

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	74.67	72.15	2.52	66.54	5.61	44.9	17
2	76.58	72.14	4.44	61.51	10.63	41.8	22
3	68.74	66.24	2.5	60.21	6.03	41.5	31
LÍMITE PLÁSTICO							
1	75.64	75.45	0.19	74.65	0.8	23.7	
2	64.23	64.02	0.21	63.21	0.81	25.9	
3	71.52	71.48	0.04	71.32	0.16	25.0	

L.L. **42.2**

L.P. 24.9

I.P. 17.3

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 96

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 3

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	67.42	66.32	1.1	63.63	2.69	40.9	17
2	72.16	71.02	1.14	68.05	2.97	38.4	21
3	68.73	67.54	1.19	64.25	3.29	36.2	30
LÍMITE PLÁSTICO							
1	82.45	81.73	0.72	78.46	3.27	22.0	
2	68.18	67.54	0.64	64.59	2.95	21.7	
3	87.12	86.45	0.67	83.47	2.98	22.5	

L.L. **37.5**

L.P. 22.1

I.P. 15.4

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 97

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 4

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	74.36	74.01	0.35	73.02	0.99	35.4	17
2	89.45	89.13	0.32	88.17	0.96	33.3	22
3	87.69	86.96	0.73	84.58	2.38	30.7	32
LÍMITE PLÁSTICO							
1	78.46	77.54	0.92	73.19	4.35	21.1	
2	76.45	75.46	0.99	70.78	4.68	21.2	
3	71.97	71.02	0.95	66.53	4.49	21.2	

L.L. **32.5**

L.P. 21.2

I.P. 11.3

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 98

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 5

CRISTAL No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	76.23	74.36	1.87	69.36	5	37.4	16
2	82.34	80.45	1.89	75.12	5.33	35.5	23
3	78.46	76.62	1.84	71.23	5.39	34.1	32
LÍMITE PLÁSTICO							
1	85.34	84.32	1.02	80.44	3.88	26.3	
2	85.64	84.54	1.1	80.34	4.2	26.2	
3	79.58	78.49	1.09	74.35	4.14	26.3	

L.L.	35.2
L.P.	26.3
I.P.	9.0

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 99

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 6

CRISTA L No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	76.57	75.21	1.36	71.42	3.79	35.9	15
2	73.06	71.28	1.78	65.86	5.42	32.8	20
3	76.44	74.92	1.52	70.16	4.76	31.9	28
LÍMITE PLÁSTICO							
1	72.58	72.28	0.3	71.15	1.13	26.5	
2	68.51	68.24	0.27	67.22	1.02	26.5	
3	72.58	72.28	0.3	71.14	1.14	26.3	

L.L.	32.3
L.P.	26.4
I.P.	5.8

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 100

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 7

CRISTA L No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPE S
LÍMITE LÍQUIDO							
1	86.45	85.12	1.33	81.53	3.59	37.0	17
2	76.48	75.16	1.32	71.43	3.73	35.4	22
3	78.23	77.01	1.22	73.23	3.78	32.3	30
LÍMITE PLÁSTICO							
1	75.46	75.02	0.44	73.41	1.61	27.3	
2	85.32	84.86	0.46	83.16	1.7	27.1	
3	76.46	75.98	0.48	74.23	1.75	27.4	
				L.L.	34.0		
				L.P.	27.3		
				I.P.	6.7		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 101

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.º 8

CRISTA L No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO							
1	76.45	75.12	1.33	71.52	3.6	36.9	18
2	86.46	85.14	1.32	81.43	3.71	35.6	21
3	78.23	77.01	1.22	73.29	3.72	32.8	32
LÍMITE PLÁSTICO							
1	67.45	66.78	0.67	64.28	2.5	26.8	
2	98.56	97.85	0.71	95.18	2.67	26.6	
3	76.46	75.98	0.48	74.17	1.81	26.5	
				L.L.	34.5		
				L.P.	26.6		
				I.P.	7.9		

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 102

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.° 9

CRISTA L No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPE S
LÍMITE LÍQUIDO							
1	85.45	84.26	1.19	81.29	2.97	40.1	18
2	79.64	78.32	1.32	74.99	3.33	39.6	21
3	78.35	77.1	1.25	73.79	3.31	37.8	32
LÍMITE PLÁSTICO							
1	85.46	84.75	0.71	82.42	2.33	30.5	
2	79.46	78.78	0.68	76.52	2.26	30.1	
3	86.26	85.62	0.64	83.53	2.09	30.6	
			L.L.	38.8			
			L.P.	30.4			
			I.P.	8.4			

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 103

Cálculo del límite líquido y límite plástico para calicata n.° 10

CRISTA L No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	No. GOLPE S
LÍMITE LÍQUIDO							
1	78.26	77.12	1.14	74.35	2.77	41.2	17
2	80.56	79.43	1.13	76.59	2.84	39.8	21
3	78.35	77.1	1.25	73.89	3.21	38.9	33
LÍMITE PLÁSTICO							
1	78.56	77.85	0.71	75.02	2.83	25.1	
2	79.46	78.78	0.68	76.05	2.73	24.9	
3	84.56	83.78	0.78	80.69	3.09	25.2	
			L.L.	39.7			
			L.P.	25.1			
			I.P.	14.6			

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 17. Resultados del ensayo de Contenido de humedad

Tabla n.º 104

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 1

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	43.25	42.75	0.5	33.21	9.54	5.2	
2	56.54	55.72	0.82	40.25	15.47	5.3	5.5
3	77.47	76.8	0.67	65.42	11.38	5.9	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 105

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 2

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	55.24	54.45	0.79	39.56	14.89	5.3	
2	68.57	67.58	0.99	48.25	19.33	5.1	5.3
3	86.23	85.62	0.61	74.25	11.37	5.4	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 106

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 3

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	75.24	74.32	0.92	58.23	16.09	5.7	
2	85.34	84.32	1.02	65.75	18.57	5.5	5.6
3	78.64	77.58	1.06	58.45	19.13	5.5	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 107

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 4

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	68.47	67.45	1.02	50.12	17.33	5.9	
2	67.45	66.32	1.13	47.56	18.76	6.0	5.9
3	76.45	75.44	1.01	58.32	17.12	5.9	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 108

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.° 5

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	73.25	71.24	2.01	36.25	34.99	5.7	
2	89.26	87.15	2.11	49.46	37.69	5.6	5.7
3	95.46	93.32	2.14	55.23	38.09	5.6	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 109

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.° 6

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	73.45	72.34	1.11	54.76	17.58	6.3	
2	75.46	74.24	1.22	54.23	20.01	6.1	6.3
3	77.47	76.24	1.23	57.02	19.22	6.4	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 110

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.° 7

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	68.45	66.79	1.66	40.12	26.67	6.2	
2	112.32	110.89	1.43	87.98	22.91	6.2	6.3
3	77.47	76.24	1.23	57.02	19.22	6.4	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.° 111

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.° 8

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	85.26	84.03	1.23	62.23	21.8	5.6	
2	76.46	74.68	1.78	42.36	32.32	5.5	5.6
3	86.48	85.23	1.25	63.55	21.68	5.8	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 112

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 9

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	79.64	78.26	1.38	50.26	28	4.9	
2	98.45	97.13	1.32	70.56	26.57	5.0	5.0
3	78.26	76.89	1.37	50.45	26.44	5.2	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 113

Cálculo del contenido de humedad para calicata n.º 10

No.	Wh + CRISTAL (grs)	Ws + CRISTAL (grs)	W AGUA (grs)	W CRISTAL (grs)	Ws (grs)	HUMEDAD (%)	HUMEDAD (%)
1	81.35	80.12	1.23	51.23	28.89	4.3	
2	89.23	88.02	1.21	62.13	25.89	4.7	4.4
3	79.26	78.12	1.14	51.56	26.56	4.3	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 18. Resultados del ensayo de Gravedad específica

Tabla n.º 114

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 1

PICNÓMETRO N°	1
PESO PICNÓMETRO , gr.	176.19
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	230.72
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.53
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	707.46
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.9
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	672.43
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	27.2
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.8
K	0.99729
GS A 20 ° C	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 115

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 2

PICNÓMETRO N°	2
PESO PICNÓMETRO , gr.	164.71
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	222.51
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	57.8
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	699
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.9
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	661.66
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	27.5
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.83
K	0.99817
GS A 20 ° C	2.82

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 116

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 3

PICNÓMETRO N°	3
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.83
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	238.18
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	55.35
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.8
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.09
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	30.1
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.79
K	0.99741
GS A 20 ° C	2.78

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 117

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 4

PICNÓMETRO N°	4
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.67
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	240.35
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	57.68
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.87
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.9
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	677.81
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	29.7
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.8
K	0.99753
GS A 20 ° C	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 118

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 5

PICNÓMETRO N°	5
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.8
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.61
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.81
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.5
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.19
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	29.8
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.82
K	0.9975
GS A 20 ° C	2.81

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 119

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 6

PICNÓMETRO N°	6
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.8
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.71
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.91
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.5
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.19
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	28.6
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.81
K	0.99785
GS A 20 ° C	2.80

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 120

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 7

PICNÓMETRO N°	7
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.6
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.72
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	55.12
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.5
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.19
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	30.5
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.8
K	0.99729
GS A 20 ° C	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 121

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 8

PICNÓMETRO N°	8
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.6
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.57
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.97
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.47
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.22
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	27.5
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.8
K	0.99817
GS A 20 ° C	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 122

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 9

PICNÓMETRO N°	9
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.6
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.57
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.97
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.47
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.19
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	27.2
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.81
K	0.99825
GS A 20 ° C	2.81

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 123

Cálculo de gravedad específica para calicata n.º 10

PICNÓMETRO N°	9
PESO PICNÓMETRO , gr.	182.6
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	237.46
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	54.86
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	714.59
PESO PICN. + AGUA a C.T. , gr. (W2)	656.47
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	679.32
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	28.3
GS A TEMPERATURA ENSAYO	2.8
K	0.99794
GS A 20 ° C	2.79

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 19. Resultados del ensayo de Proctor Modificado

Tabla n.º 124

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 1 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	125.1	125.1	101.8	101.8	108.3	108.3	156.2	156.2	187.5	187.5
Rec + suelo seco	g	120.6	120.6	98.61	98.61	103.3	103.3	141.2	141.2	170.8	170.8
Peso del recipiente	g	66.56	66.56	71.34	71.34	70.86	70.86	64.51	64.51	99.56	99.56
Peso del suelo seco	g	54.01	54.01	27.27	27.27	32.48	32.48	76.64	76.64	71.24	71.24
Peso del agua	g	4.51	4.51	3.18	3.18	5.00	5.00	15.08	15.08	16.65	16.65
Contenido de Humedad	%	8.35	8.35	11.66	11.66	15.39	15.39	19.68	19.68	23.37	23.37
Humedad promedio	%	8.35		11.66		15.39		19.68		23.37	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 125

Determinación de la densidad de la calicata n.º 1 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12255.00	12478.00	13006.00	13113.00	13153.00
Peso del suelo húmedo	g	4329.00	4552.00	5080.00	5187.00	5227.00
Humedad calculada	%	8.36	11.67	15.38	19.68	23.38
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.362	1.432	1.598	1.632	1.644
Densidad seca	g/cm ³	1.257	1.282	1.385	1.363	1.333

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

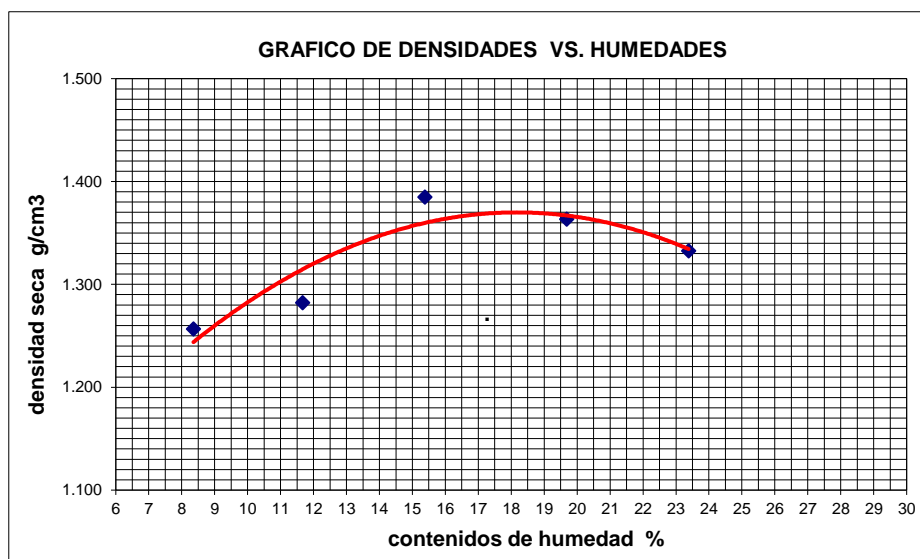


Figura n.º 42. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 1 sin aditivo

Tabla n.º 126
Resultados de la calicata n.º 1 sin aditivo

Densidad Máxima
1.370
Humedad óptima
18.50

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 127
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 2 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	135.3	135.3	124.3	124.3	115.2	115.2	154.3	156.2	186.5	186.5
Rec + suelo seco	g	129.2	129.2	118.5	118.5	109.2	109.2	141.2	141.2	170.8	170.8
Peso del recipiente	g	66.04	66.04	71.01	71.01	70.96	70.96	64.51	64.51	99.56	99.56
Peso del suelo seco	g	63.19	63.19	47.45	47.45	38.27	38.27	76.64	76.64	71.24	71.24
Peso del agua	g	6.03	6.03	5.88	5.88	6.01	6.01	13.11	15.08	15.65	15.65
Contenido de Humedad	%	9.54	9.54	12.39	12.39	15.70	15.70	17.11	19.68	21.97	21.97
Humedad promedio	%	9.54		12.39		15.70		18.39		21.97	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 128
Determinación de la densidad de la calicata n.º 2 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12258.00	12459.00	12857.00	13084.00	13161.00
Peso del suelo húmedo	g	4332.00	4533.00	4931.00	5158.00	5235.00
Humedad calculada	%	9.54	12.39	15.70	18.39	21.97
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.363	1.426	1.551	1.622	1.647
Densidad seca	g/cm ³	1.244	1.269	1.340	1.370	1.350

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

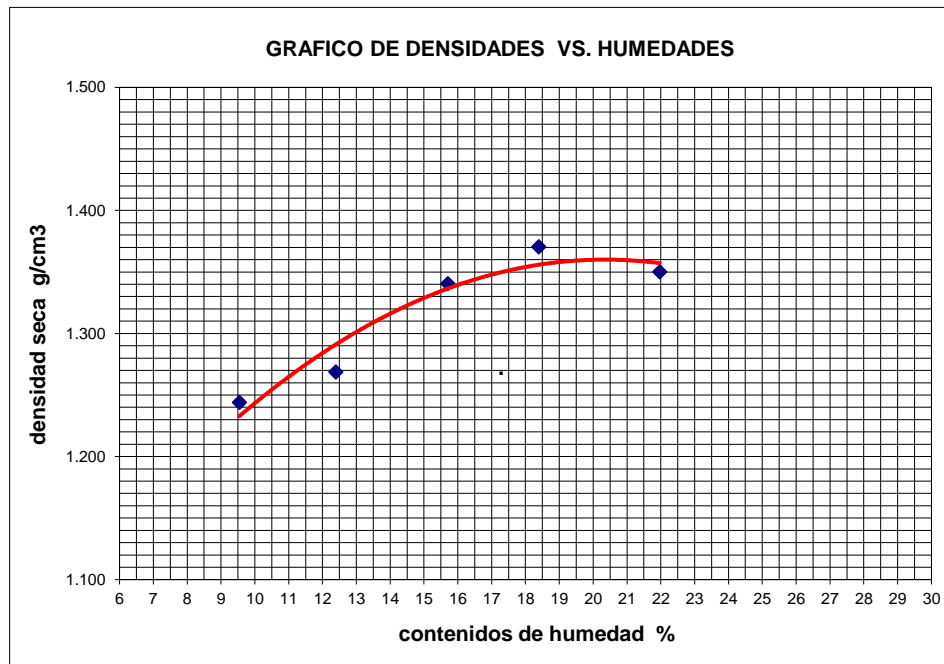


Figura n.º 43. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 2 sin aditivo

Tabla n.º 129
 Resultados de la calicata n.º 2 sin
 aditivo

Densidad Máxima
1.365
Humedad óptima
20.00

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 130

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 3 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	128.2	128.2	134.3	134.3	115.3	115.3	156.3	156.3	196.5	196.5
Rec + suelo seco	g	124.7	125.3	127	127	109.2	109.2	141.2	141.2	177.1	177.1
Peso del recipiente	g	87.56	87.56	71.01	71.01	70.96	70.96	68.51	68.51	99.56	99.56
Peso del suelo seco	g	37.16	37.76	55.99	55.99	38.27	38.27	72.64	72.64	77.54	77.54
Peso del agua	g	3.52	2.92	7.25	7.25	6.11	6.11	15.11	15.11	19.35	19.35
Contenido de Humedad	%	9.47	7.73	12.95	12.95	15.97	15.97	20.80	20.80	24.95	24.95
Humedad promedio	%	8.60		12.95		15.97		20.80		24.95	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 131

Determinación de la densidad de la calicata n.º 3 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12262.00	12662.00	12999.00	13100.00	13158.00
Peso del suelo húmedo	g	4336.00	4736.00	5073.00	5174.00	5232.00
Humedad calculada	%	8.60	12.95	15.97	20.80	24.95
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.364	1.490	1.596	1.627	1.646
Densidad seca	g/cm ³	1.256	1.319	1.376	1.347	1.317

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

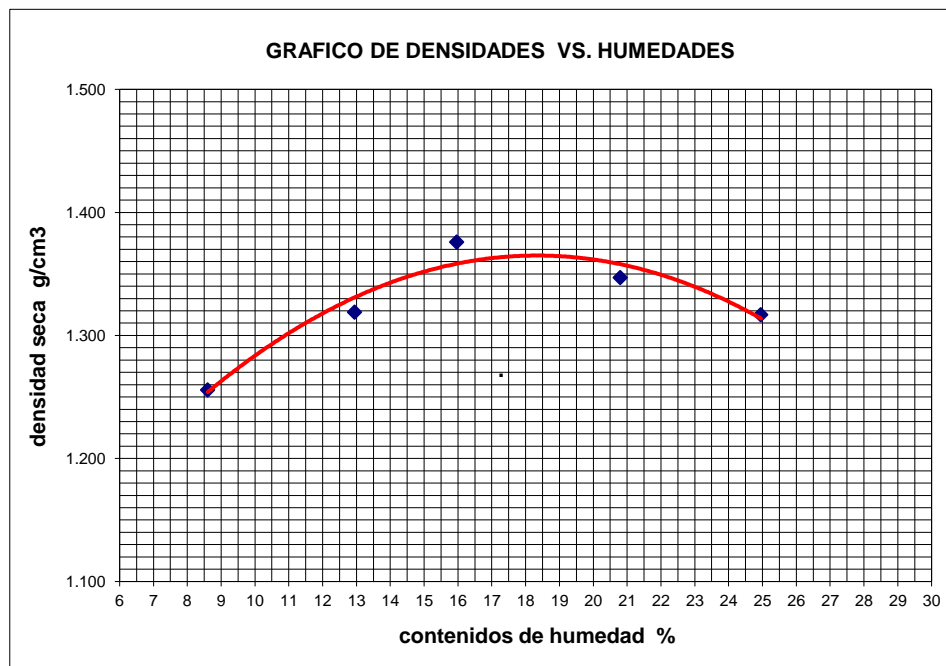


Figura n.º 44. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 3 sin aditivo

Tabla n.º 132
Resultados de la calicata n.º 3 sin aditivo

Densidad Máxima
1.370
Humedad óptima
19.00

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 133
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 4 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	131.2	131.2	145.2	145.2	121.7	121.7	168.3	168.3	189.3	189.3
Rec + suelo seco	g	127.5	127.5	136.3	136.3	114.2	114.2	152.2	152.2	172.1	172.1
Peso del recipiente	g	87.56	87.56	71.64	71.64	70.96	70.96	69.51	69.51	98.45	98.45
Peso del suelo seco	g	39.98	39.98	64.61	64.61	43.25	43.25	82.64	82.64	73.67	73.67
Peso del agua	g	3.66	3.66	8.90	8.90	7.44	7.44	16.11	16.11	17.13	17.13
Contenido de Humedad	%	9.15	9.15	13.77	13.77	17.20	17.20	19.49	19.49	23.25	23.25
Humedad promedio	%	9.15	13.77	17.20	19.49	23.25					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 134
Determinación de la densidad de la calicata n.º 4 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12274.00	12822.00	13122.00	13153.00	13188.00
Peso del suelo húmedo	g	4348.00	4896.00	5196.00	5227.00	5262.00
Humedad calculada	%	9.15	13.77	17.20	19.49	23.25
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.368	1.540	1.634	1.644	1.655
Densidad seca	g/cm ³	1.253	1.354	1.394	1.376	1.343

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

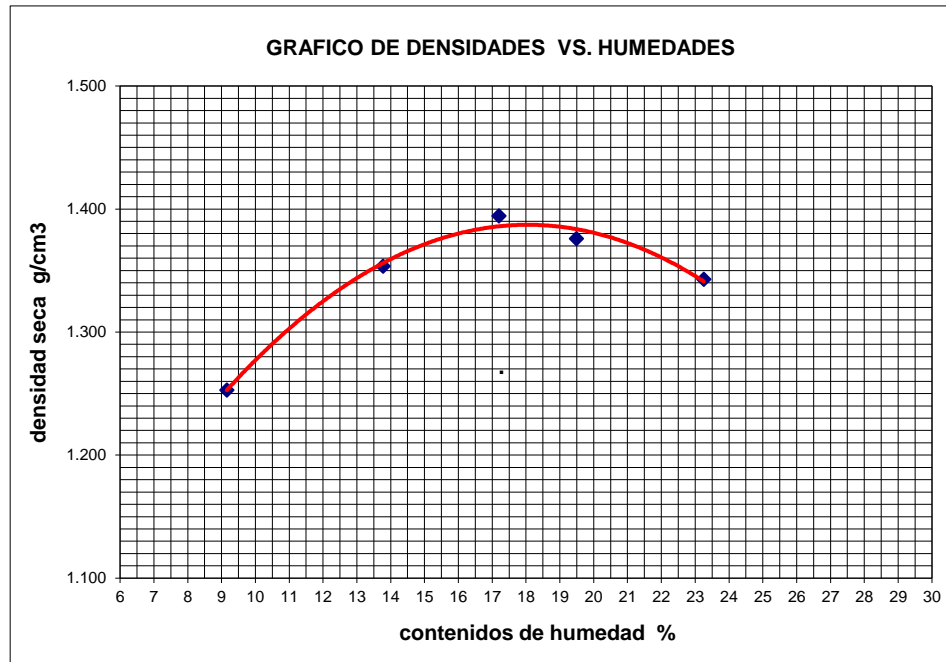


Figura n.º 45. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 4 sin aditivo

Tabla n.º 135
 Resultados de la calicata n.º 4 sin
 aditivo

Densidad Máxima
1.390
Humedad óptima
18.00

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 136

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 5 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	102.9	102.9	107.5	107.5	93.1	93.1	97.9	97.9	187.4	187.4
Rec + suelo seco	g	100.1	100.1	103.6	103.6	90.31	90.31	93.62	93.62	174.5	174.5
Peso del recipiente	g	71.23	71.23	70.14	70.14	70.41	70.41	66.52	66.52	99.51	99.51
Peso del suelo seco	g	28.87	28.87	33.46	33.46	19.90	19.90	27.10	27.10	74.99	74.99
Peso del agua	g	2.80	2.80	3.90	3.90	2.79	2.79	4.28	4.28	12.94	12.94
Contenido de Humedad	%	9.70	9.70	11.66	11.66	14.02	14.02	15.79	15.79	17.26	17.26
Humedad promedio	%	9.70		11.66		14.02		15.79		17.26	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 137

Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13304.00	13681.00	14234.00	14152.00	14195.00
Peso del suelo húmedo	g	5378.00	5755.00	6308.00	6226.00	6269.00
Humedad calculada	%	9.70	11.66	14.02	15.79	17.26
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.692	1.810	1.984	1.958	1.972
Densidad seca	g/cm ³	1.542	1.621	1.740	1.691	1.682

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

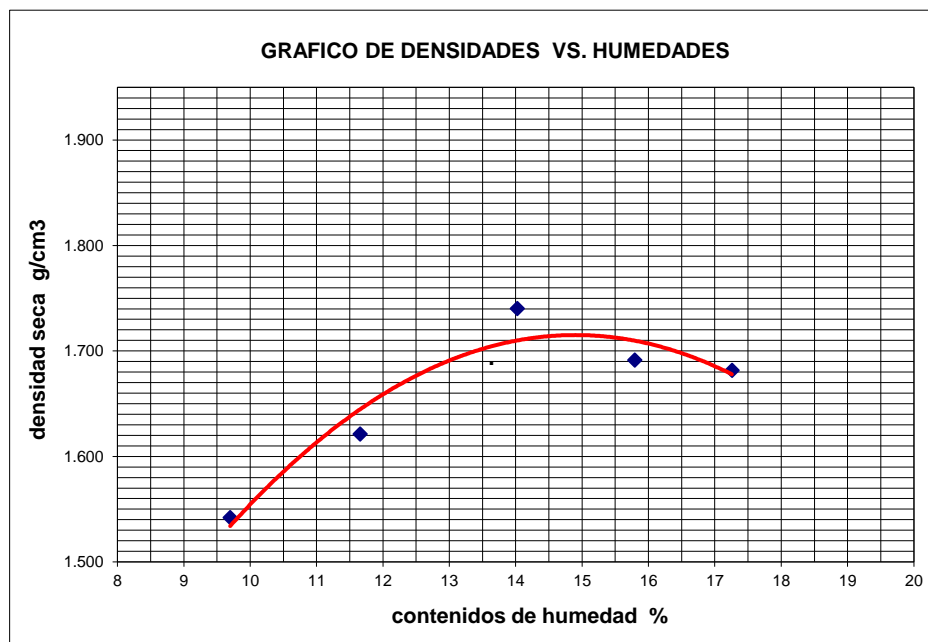


Figura n.º 46. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 5 sin aditivo

Tabla n.º 138
Resultados de la calicata n.º 5 sin aditivo

Densidad Máxima
1.720
Humedad óptima
15.00

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 139
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 6 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	103.3	103.30	107.3	107.3	92.9	92.9	97.7	97.7	187.5	187.5
Rec + suelo seco	g	100.3	100.25	103.1	103.1	90.04	90.04	93.51	93.51	173.8	173.8
Peso del recipiente	g	71.25	71.25	70.17	70.17	70.43	70.43	66.55	66.55	99.56	99.56
Peso del suelo seco	g	29.00	29.00	32.96	32.96	19.61	19.61	26.96	26.96	74.24	74.24
Peso del agua	g	3.05	3.05	4.14	4.14	2.86	2.86	4.19	4.19	13.65	13.65
Contenido de Humedad	%	10.52	10.52	12.56	12.56	14.58	14.58	15.54	15.54	18.39	18.39
Humedad promedio	%	10.52		12.56		14.58		15.54		18.39	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 140
Determinación de la densidad de la calicata n.º 6 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13307.00	13686.00	14032.00	14151.00	14198.00
Peso del suelo húmedo	g	5381.00	5760.00	6106.00	6225.00	6272.00
Humedad calculada	%	10.52	12.56	14.58	15.54	18.39
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.693	1.812	1.921	1.958	1.973
Densidad seca	g/cm ³	1.531	1.610	1.676	1.695	1.666

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

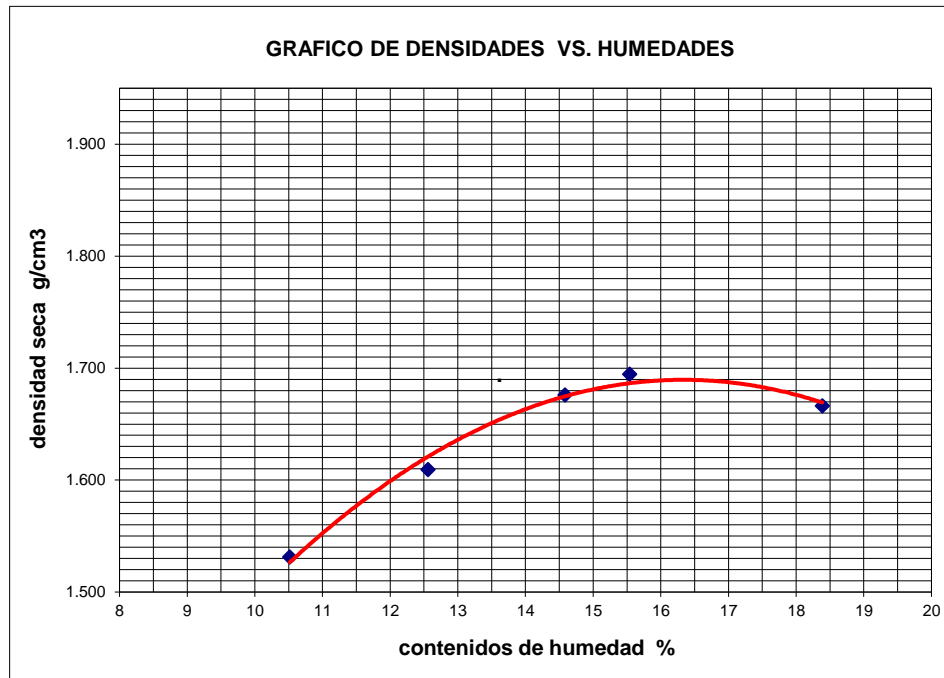


Figura n.º 47. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 6 sin aditivo

Tabla n.º 141.
 Resultados de la calicata n.º 6 sin aditivo

Densidad Máxima
1.690
Humedad óptima
16.50

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 142

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 7 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	103.1	103.1	107.2	107.2	92.7	92.7	97.5	97.5	187.3	187.3
Rec + suelo seco	g	100.3	100.3	103.1	103.1	90.02	90.02	93.49	93.49	174.6	174.6
Peso del recipiente	g	71.24	71.24	70.15	70.15	70.41	70.41	66.53	66.53	99.54	99.54
Peso del suelo seco	g	29.01	29.01	32.98	32.98	19.61	19.61	26.96	26.96	75.06	75.06
Peso del agua	g	2.85	2.85	4.07	4.07	2.68	2.68	4.01	4.01	12.70	12.70
Contenido de Humedad	%	9.82	9.82	12.34	12.34	13.67	13.67	14.87	14.87	16.92	16.92
Humedad promedio	%	9.82	12.34	13.67	14.87	16.92					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 143

Determinación de la densidad de la calicata n.º 7 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13306.00	13684.00	14030.00	14150.00	14196.00
Peso del suelo húmedo	g	5380.00	5758.00	6104.00	6224.00	6270.00
Humedad calculada	%	9.82	12.34	13.67	14.87	16.92
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.692	1.811	1.920	1.958	1.972
Densidad seca	g/cm ³	1.541	1.612	1.689	1.704	1.687

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

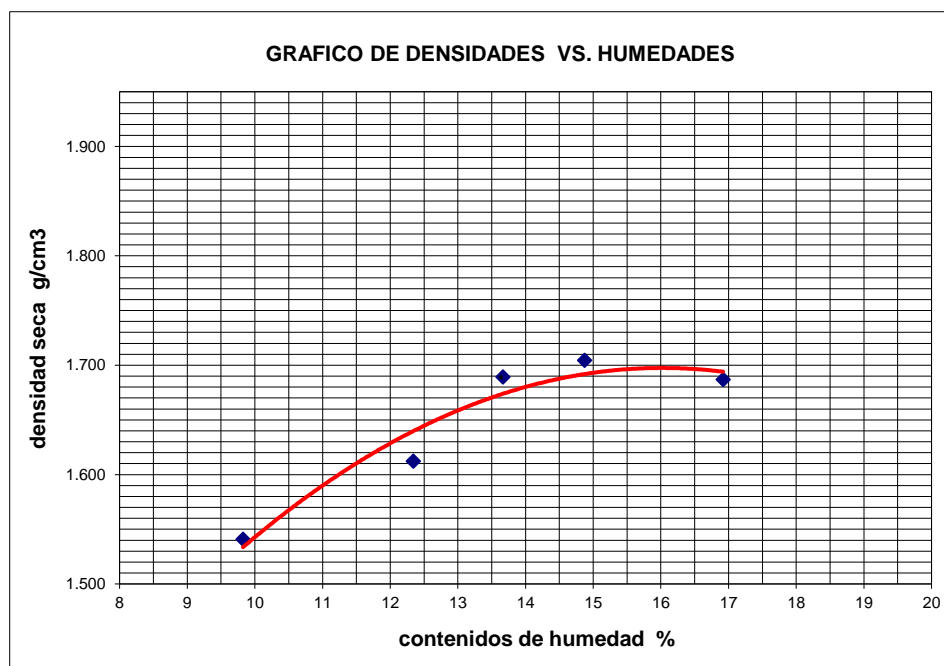


Figura n.º 48. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 7 sin aditivo

Tabla n.º 144
*Resultados de la calicata n.º 7 sin
aditivo*

Densidad Máxima
1.700
Humedad óptima
16.00

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 145
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 8 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	102.7	121.7	106.9	116.5	92.6	118.7	97.6	99.78	187.4	175.7
Rec + suelo seco	g	100.1	118.7	103.2	113.7	90.01	115.1	93.5	95.68	174.6	162.7
Peso del recipiente	g	71.21	85.3	70.16	86.01	70.4	88.45	66.54	68.74	99.55	86.41
Peso del suelo seco	g	28.89	33.35	33.04	27.64	19.61	26.69	26.96	26.94	75.05	76.24
Peso del agua	g	2.60	3.00	3.70	2.82	2.59	3.53	4.10	4.10	12.81	13.00
Contenido de Humedad	%	9.00	9.00	11.20	10.20	13.21	13.23	15.21	15.22	17.07	17.05
Humedad promedio	%	9.00		10.70		13.22		15.21		17.06	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 146
Determinación de la densidad de la calicata n.º 8 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13509.00	13788.00	14033.00	14153.00	14200.00
Peso del suelo húmedo	g	5583.00	5862.00	6107.00	6227.00	6274.00
Humedad calculada	%	9.00	10.70	13.22	15.21	17.06
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.756	1.844	1.921	1.959	1.973
Densidad seca	g/cm ³	1.611	1.666	1.697	1.700	1.686

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

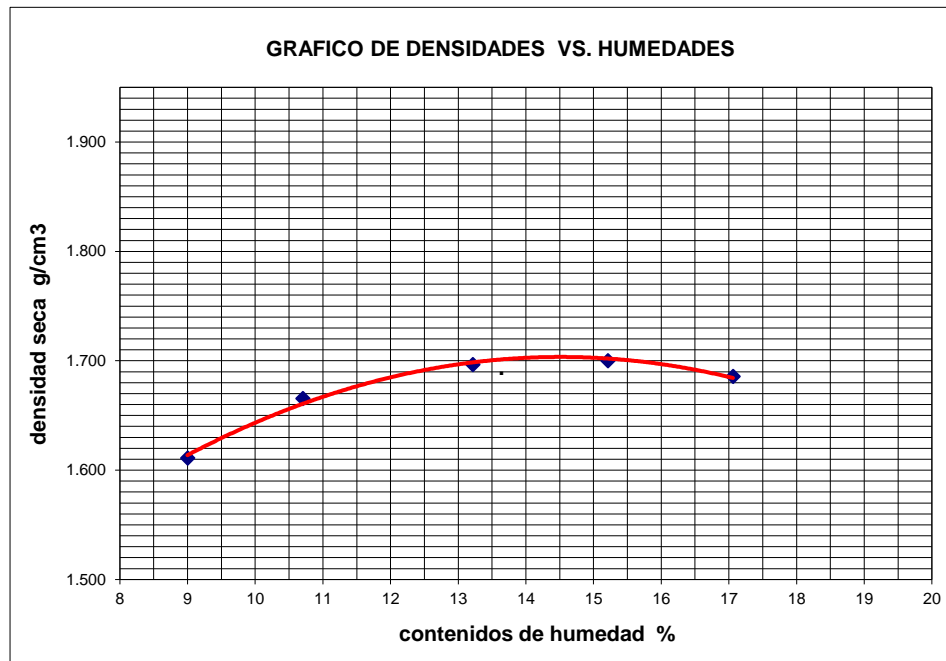


Figura n.º 49. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 8 sin aditivo

Tabla n.º 147
 Resultados de la calicata n.º 8 sin
 aditivo

Densidad Máxima
1.700
Humedad óptima
15.00

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 148

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 9 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	122.8	135.6	106.5	142.6	102.6	114.3	97.3	105.5	185.2	177.2
Rec + suelo seco	g	120.3	132.7	102.9	139.2	100	110.3	93.41	101.2	172.4	164.6
Peso del recipiente	g	91.18	98.68	70.16	108.4	80.39	80.11	66.51	72.08	97.55	90.54
Peso del suelo seco	g	29.12	33.97	32.74	30.83	19.63	30.23	26.90	29.16	74.85	74.03
Peso del agua	g	2.50	2.91	3.60	3.40	2.58	3.97	3.89	4.21	12.80	12.67
Contenido de Humedad	%	8.59	8.57	11.00	11.03	13.14	13.13	14.46	14.44	17.10	17.11
Humedad promedio	%	8.58	11.01	13.14	14.45	17.11					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 149

Determinación de la densidad de la calicata n.º 9 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13499.00	13793.00	14030.00	14149.00	14194.00
Peso del suelo húmedo	g	5573.00	5867.00	6104.00	6223.00	6268.00
Humedad calculada	%	8.58	11.01	13.14	14.45	17.11
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.753	1.845	1.920	1.957	1.972
Densidad seca	g/cm ³	1.614	1.662	1.697	1.710	1.684

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

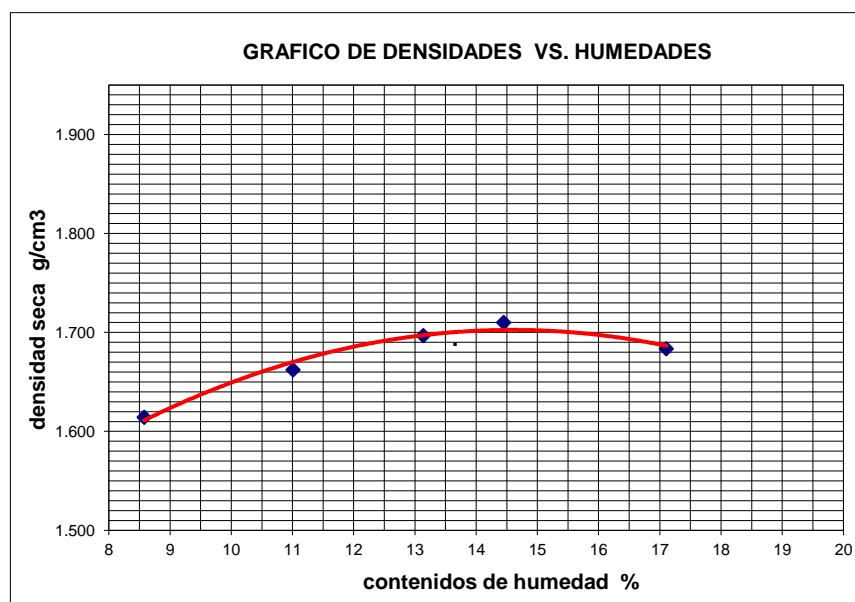


Figura n.º 50. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 9 sin aditivo

Tabla n.º 150
Resultados de la calicata n.º 9 sin aditivo

Densidad Máxima
1.700
Humedad óptima
14.00

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 151
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 10 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	138.2	142.3	139.2	141.3	122.1	99.79	178.5	123.2	190.2	125.7
Rec + suelo seco	g	133.1	138.6	131.2	133.2	114.5	94.25	160.2	114.1	172.2	115.5
Peso del recipiente	g	79.45	99.65	70.45	71.95	70.96	62.47	70.21	69.01	96.45	72.45
Peso del suelo seco	g	53.69	38.91	60.79	61.29	43.58	31.78	90.03	45.07	75.79	43.04
Peso del agua	g	5.10	3.70	8.00	8.08	7.60	5.54	18.21	9.13	18.00	10.22
Contenido de Humedad	%	9.50	9.51	13.16	13.18	17.44	17.43	20.23	20.26	23.75	23.75
Humedad promedio	%	9.50		13.17		17.44		20.24		23.75	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 152
Determinación de la densidad de la calicata n.º 10 sin aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12428.00	12830.00	13197.00	13153.00	13188.00
Peso del suelo húmedo	g	4502.00	4904.00	5271.00	5227.00	5262.00
Humedad calculada	%	9.50	13.17	17.44	20.24	23.75
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.416	1.543	1.658	1.644	1.655
Densidad seca	g/cm ³	1.293	1.363	1.412	1.367	1.337

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

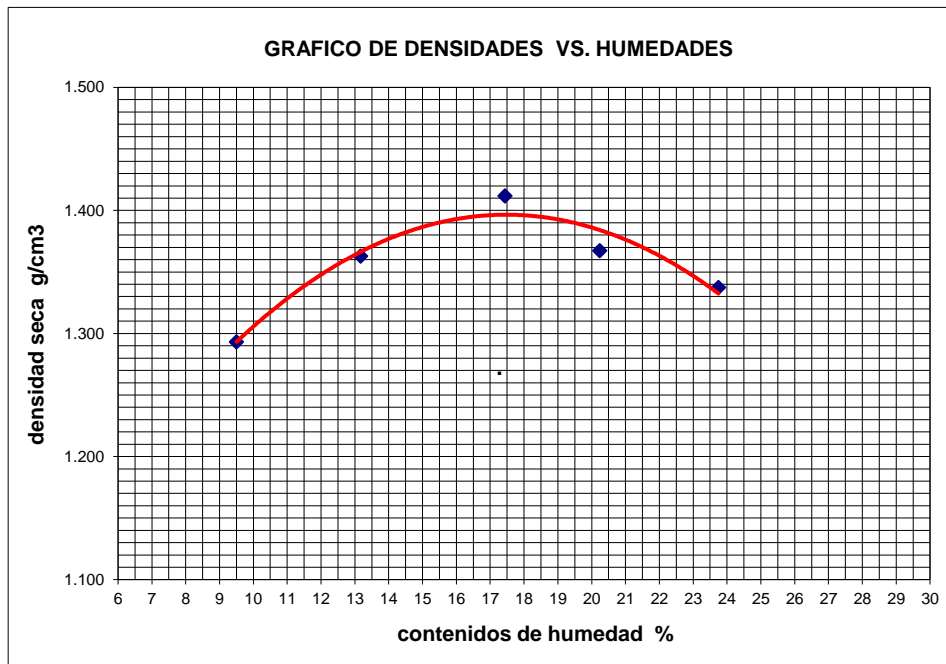


Figura n.º 51. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 10 sin aditivo

Tabla n.º 153.
 Resultados de la calicata n.º 10 sin
 aditivo

Densidad Máxima

1.400

Humedad óptima

18.00

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 20. Resultados del ensayo Proctor Modificado para muestras con aditivo

Tabla n.º 154

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 1 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	108.5	104.7	76.42	76.7	101.4	148.1	155.2	124.3	181.4	115.2
Rec + suelo seco	g	104.8	101.2	72.52	72.39	96.8	136.5	140.2	115.7	164.7	109
Peso del recipiente	g	72.22	70.44	44.34	41.15	70.28	71.31	66.51	73.61	93.45	82.37
Peso del suelo seco	g	32.55	30.74	28.18	31.24	26.52	65.23	73.70	42.10	71.27	26.63
Peso del agua	g	3.76	3.52	3.90	4.31	4.57	11.56	14.98	8.61	16.63	6.23
Contenido de Humedad	%	11.55	11.45	13.84	13.80	17.23	17.72	20.33	20.45	23.33	23.39
Humedad promedio	%	11.50	13.82	17.48	20.39	23.36					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 155

Determinación de la densidad de la calicata n.º 1 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13406.00	13646.00	13790.00	13873.00	13915.00
Peso del suelo húmedo	g	5470.00	5710.00	5854.00	5937.00	5979.00
Humedad calculada	%	11.50	13.82	17.48	20.39	23.36
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.721	1.796	1.841	1.867	1.881
Densidad seca	g/cm ³	1.543	1.578	1.567	1.551	1.524

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

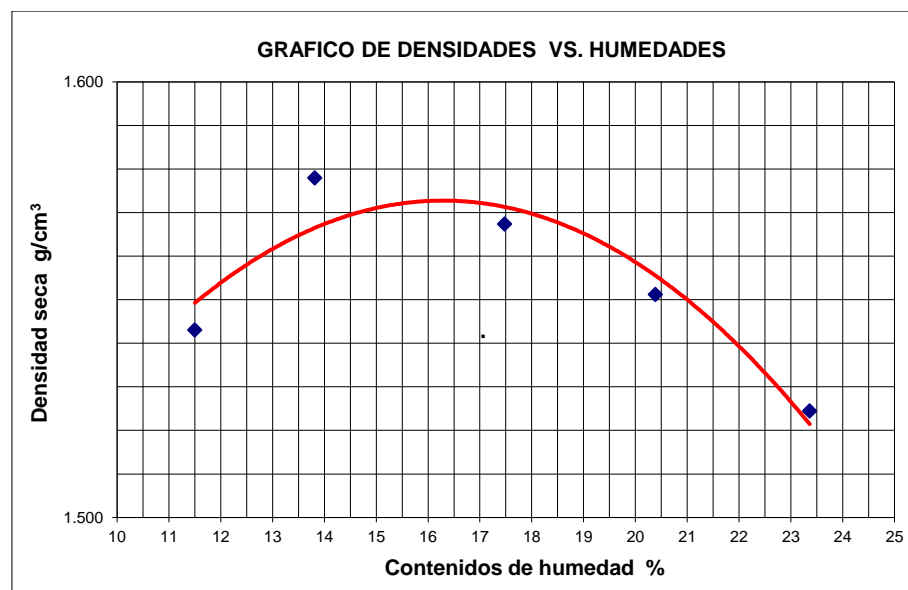


Figura n.º 52. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 1 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 156.
Resultados de la calicata n.º 1 con 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.573
Humedad óptima
16.40

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 157
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 2 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	90.47	123.5	101.7	114.8	92.95	106.9	73.25	89.64	184.2	107.1
Rec + suelo seco	g	86.56	119.5	97.89	107.7	88.65	102.7	71.65	87.98	168.7	104.1
Peso del recipiente	g	52.36	85.26	69.54	55.95	62.65	76.92	63.56	79.23	100.5	90.95
Peso del suelo seco	g	34.20	34.24	28.35	51.70	26.00	25.73	8.09	8.75	68.21	13.18
Peso del agua	g	3.91	4.03	3.76	7.17	4.30	4.26	1.60	1.66	15.43	2.92
Contenido de Humedad	%	11.43	11.77	13.26	13.87	16.54	16.56	19.78	18.97	22.62	22.15
Humedad promedio	%	11.60	13.57	16.55	19.37	22.39					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 158
Determinación de la densidad de la calicata n.º 2 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13309.00	13536.00	13661.00	13750.00	13814.00
Peso del suelo húmedo	g	5373.00	5600.00	5725.00	5814.00	5878.00
Humedad calculada	%	11.60	13.57	16.55	19.37	22.39
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.690	1.761	1.801	1.829	1.849
Densidad seca	g/cm ³	1.514	1.551	1.545	1.532	1.511

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

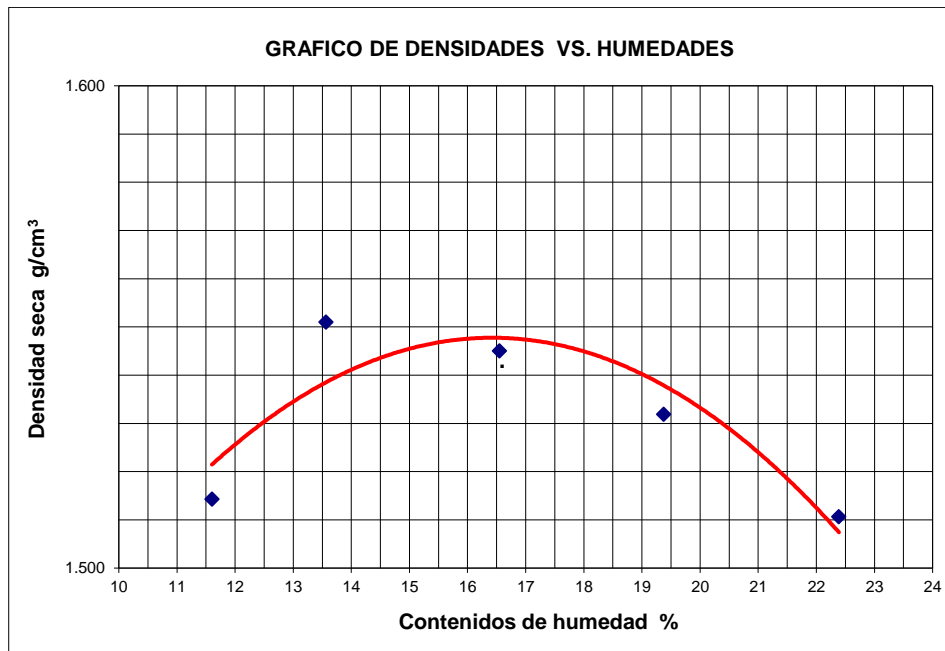


Figura n.º 53. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 2 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 159
 Resultados de la calicata n.º 2 con
 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.548
Humedad óptima
16.60

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º160

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	88.73	108.6	104.8	109.8	72.12	100.3	83.78	90.24	183.2	68.45
Rec + suelo seco	g	84.81	104.5	101	102.6	67.76	95.89	81.86	88.42	167.1	64.98
Peso del recipiente	g	50.66	70.3	71.69	50.85	42.42	70.93	73.13	79.78	99.47	50.54
Peso del suelo seco	g	34.15	34.24	29.26	51.74	25.34	24.96	8.73	8.64	67.64	14.44
Peso del agua	g	3.92	4.03	3.87	7.16	4.36	4.43	1.92	1.82	16.10	3.47
Contenido de Humedad	%	11.48	11.77	13.23	13.84	17.21	17.75	21.99	21.06	23.80	24.03
Humedad promedio	%	11.62	13.53	17.48	21.53	23.92					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 161

Determinación de la densidad de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13395.00	13648.00	13761.00	13841.00	13893.00
Peso del suelo húmedo	g	5459.00	5712.00	5825.00	5905.00	5957.00
Humedad calculada	%	11.62	13.53	17.48	21.53	23.92
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.717	1.797	1.832	1.857	1.874
Densidad seca	g/cm ³	1.538	1.583	1.560	1.528	1.512

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

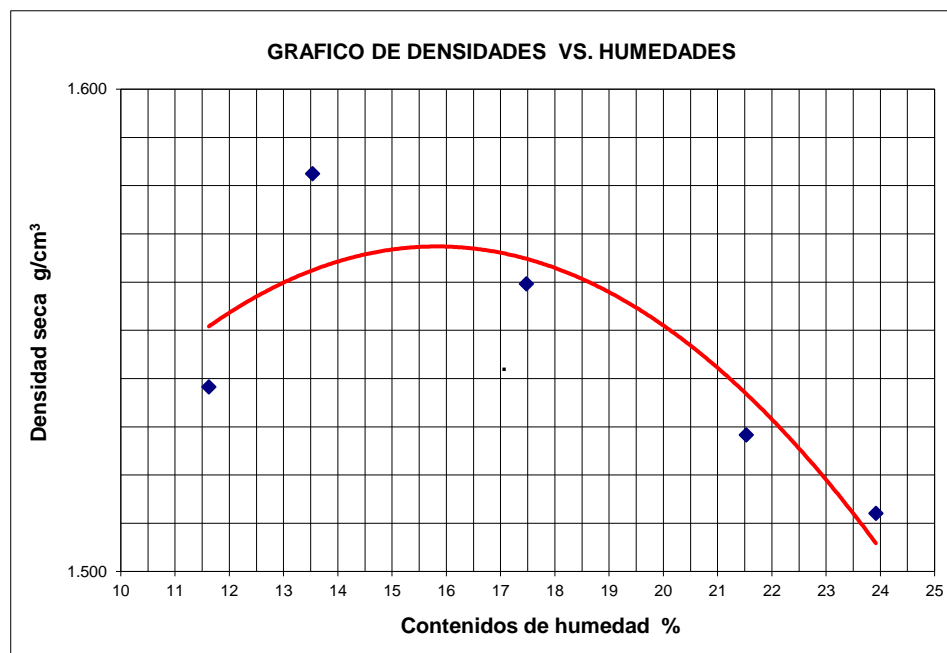


Figura n.º 54. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 162
Resultados de la calicata n.º 2 con 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.568
Humedad óptima
16.10

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 163
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 4 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	132.4	94.93	71.42	81.15	119.3	153.6	158.8	143.7	167.5	112.2
Rec + suelo seco	g	128.7	91.53	67.32	78.45	112.6	142.9	143.6	135.1	150.8	106.2
Peso del recipiente	g	96.17	60.85	39.34	59.95	75.69	83.75	67.75	93.78	80.45	80.77
Peso del suelo seco	g	32.52	30.68	27.98	18.50	36.87	59.16	75.84	41.34	70.37	25.43
Peso del agua	g	3.71	3.40	4.10	2.70	6.70	10.67	15.19	8.60	16.63	6.03
Contenido de Humedad	%	11.41	11.08	14.65	14.59	18.17	18.04	20.03	20.80	23.63	23.71
Humedad promedio	%	11.25		14.62		18.10		20.42		23.67	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 164
Determinación de la densidad de la calicata n.º 4 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13482.00	13702.00	13845.00	13952.00	14042.00
Peso del suelo húmedo	g	5546.00	5766.00	5909.00	6016.00	6106.00
Humedad calculada	%	11.25	14.62	18.10	20.42	23.67
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.744	1.814	1.859	1.892	1.921
Densidad seca	g/cm ³	1.568	1.582	1.574	1.571	1.553

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

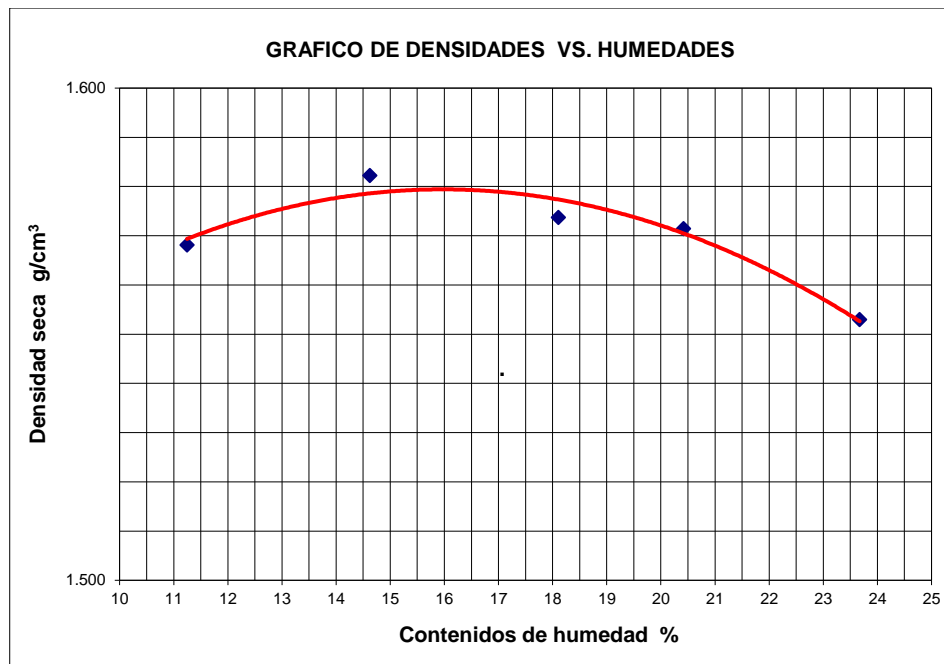


Figura n.º 55. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 4 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 165
 Resultados de la calicata n.º 4 con
 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.579
Humedad óptima
16.00

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 166

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 5 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	74.51	76.44	100.5	122.5	104.08	122.6	87.02	93.89	124.8	128.5
Rec + suelo seco	g	71.56	73.65	97.46	119.2	100.45	117.3	81.78	88.75	119.2	122.8
Peso del recipiente	g	45.65	49.36	75.52	95.45	78.65	85.32	56.45	63.78	96.15	99.44
Peso del suelo seco	g	25.91	24.29	21.94	23.78	21.80	32.00	25.33	24.97	23.08	23.37
Peso del agua	g	2.95	2.79	3.06	3.25	3.63	5.26	5.24	5.14	5.60	5.70
Contenido de Humedad	%	11.39	11.49	13.95	13.67	16.65	16.44	20.69	20.58	24.26	24.39
Humedad promedio	%	11.44	13.81	16.54	20.64	24.33					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 167

Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13523.00	14065.00	14333.00	14509.00	14620.00
Peso del suelo húmedo	g	5587.00	6129.00	6397.00	6573.00	6684.00
Humedad calculada	%	11.44	13.81	16.54	20.64	24.33
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.757	1.928	2.012	2.067	2.102
Densidad seca	g/cm ³	1.577	1.694	1.726	1.714	1.691

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

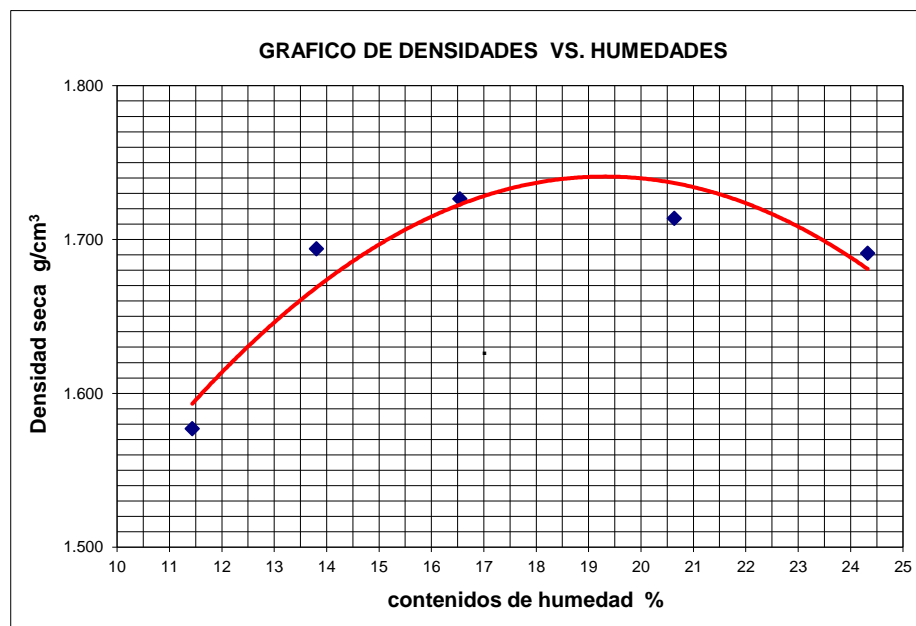


Figura n.º 56. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 5 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 168
Resultados de la calicata n.º 5 con
0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.741
Humedad óptima
19.40

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 169
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	52.33	60.39	61.41	114.5	69.95	78.61	110.2	118.5	129.7	141.4
Rec + suelo seco	g	49.65	59.12	57.25	106.9	66.94	73.46	101.6	106.9	124	133.9
Peso del recipiente	g	25.45	48.20	25.45	52.4	48.20	41.27	60.88	52.4	100.4	102.7
Peso del suelo seco	g	24.20	10.92	31.80	54.53	18.74	32.19	40.76	54.53	23.63	31.22
Peso del agua	g	2.68	1.27	4.16	7.55	3.01	5.15	8.59	11.55	5.69	7.55
Contenido de Humedad	%	11.07	11.63	13.08	13.85	16.06	16.00	21.07	21.18	24.08	24.19
Humedad promedio	%	11.35	13.46	16.03	21.13	24.13					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 170
Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13576.00	14163.00	14458.00	14633.00	14752.00
Peso del suelo húmedo	g	5640.00	6227.00	6522.00	6697.00	6816.00
Humedad calculada	%	11.35	13.46	16.03	21.13	24.13
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.774	1.959	2.051	2.106	2.144
Densidad seca	g/cm ³	1.593	1.726	1.768	1.739	1.727

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

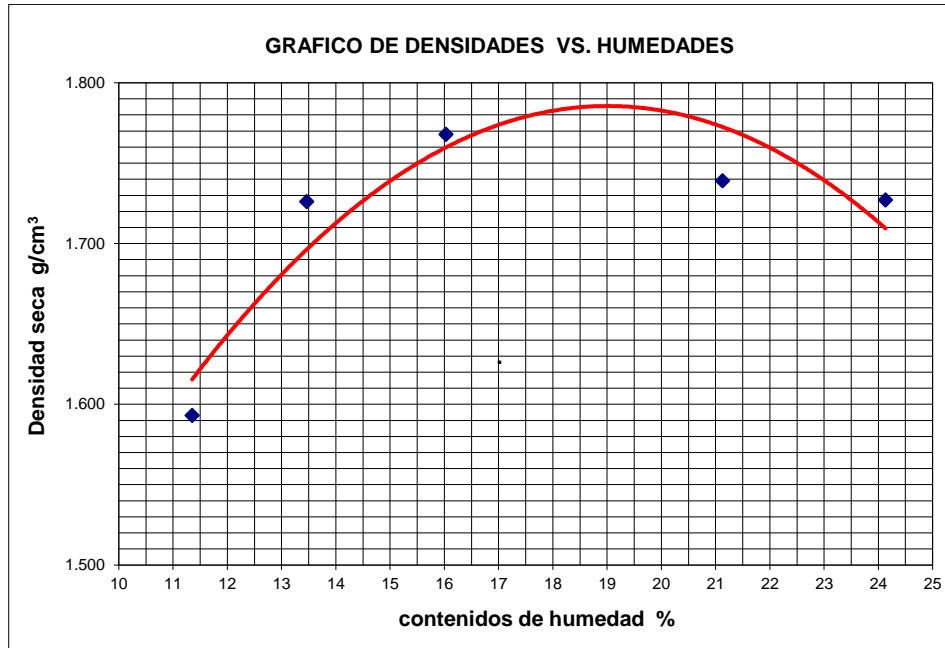


Figura n.º 57. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 171
 Resultados de la calicata n.º 6 con
 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.783
Humedad óptima
19.30

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 172

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 7 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	93.22	75.31	119.4	89.42	111.25	86.96	121.2	76.26	106.8	124.7
Rec + suelo seco	g	90.45	72.55	116.6	85.63	107.19	81.79	115.4	71.65	101.2	120
Peso del recipiente	g	65.32	47.45	96.25	57.56	81.75	49.65	88.11	49.98	78.19	100.5
Peso del suelo seco	g	25.13	25.10	20.36	28.07	25.44	32.14	27.31	21.67	23.04	19.46
Peso del agua	g	2.77	2.76	2.78	3.79	4.06	5.17	5.81	4.61	5.53	4.68
Contenido de Humedad	%	11.02	11.00	13.65	13.50	15.96	16.09	21.27	21.27	24.00	24.05
Humedad promedio	%	11.01	13.58	16.02	21.27	24.03					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 173

Determinación de la densidad de la calicata n.º 7 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13609.00	14156.00	14444.00	14632.00	14790.00
Peso del suelo húmedo	g	5673.00	6220.00	6508.00	6696.00	6854.00
Humedad calculada	%	11.01	13.58	16.02	21.27	24.03
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.784	1.956	2.047	2.106	2.156
Densidad seca	g/cm ³	1.607	1.723	1.764	1.737	1.738

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

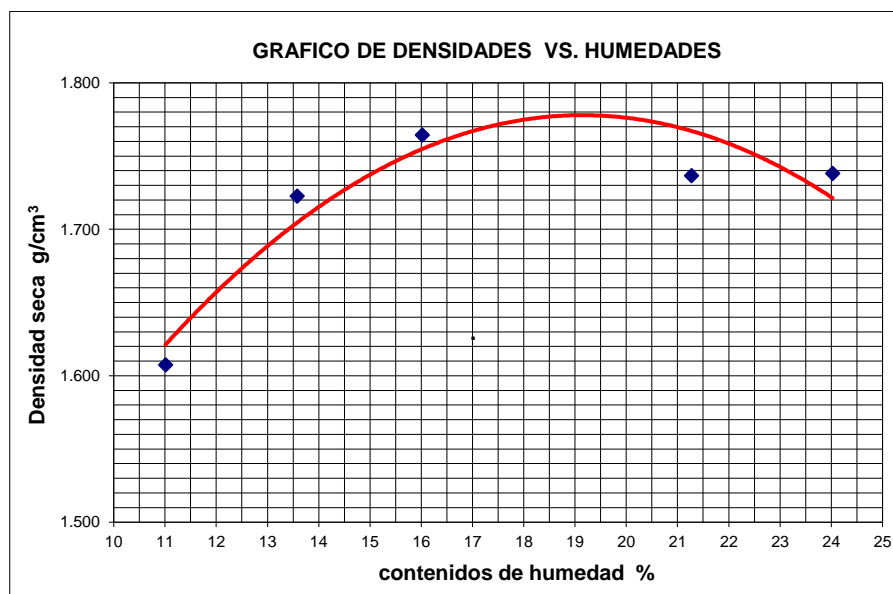


Figura n.º 58. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 7 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 174
Resultados de la calicata n.º 7 con
0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.778
Humedad óptima
19.30

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 175.
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 8 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	126.2	95.92	93.79	78.73	112.99	96.61	87.48	91.53	105.4	111.8
Rec + suelo seco	g	123.4	92.79	89.83	75.46	108.32	92.54	82.56	85.7	99.32	105.8
Peso del recipiente	g	99.23	65.32	60.78	50.78	80.42	68.39	59.78	58.78	73.85	80.99
Peso del suelo seco	g	24.17	27.47	29.05	24.68	27.90	24.15	22.78	26.92	25.47	24.80
Peso del agua	g	2.79	3.13	3.96	3.27	4.67	4.07	4.92	5.83	6.11	5.96
Contenido de Humedad	%	11.54	11.39	13.63	13.25	16.74	16.85	21.60	21.66	23.99	24.03
Humedad promedio	%	11.47	13.44	16.80	21.63	24.01					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 176
Determinación de la densidad de la calicata n.º 8 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13601.00	14196.00	14501.00	14689.00	14809.00
Peso del suelo húmedo	g	5665.00	6260.00	6565.00	6753.00	6873.00
Humedad calculada	%	11.47	13.44	16.80	21.63	24.01
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.782	1.969	2.065	2.124	2.162
Densidad seca	g/cm ³	1.599	1.736	1.768	1.746	1.743

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

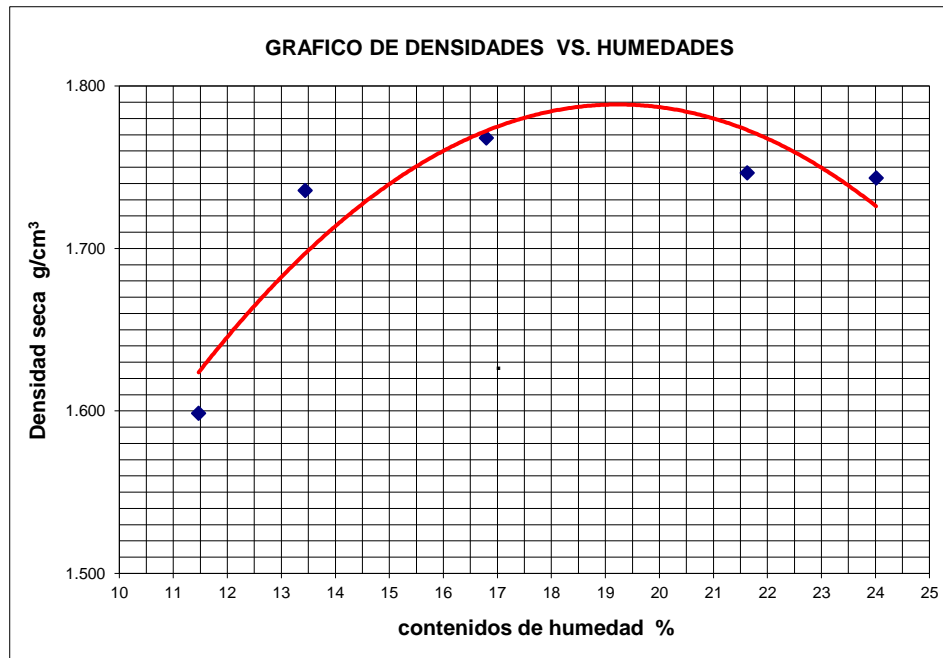


Figura n.º 59. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 8 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º177
 Resultados de la calicata n.º 8 con
 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.789
Humedad óptima
19.30

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 178

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	96.34	100.62	82.86	89.76	92.67	89.89	124.5	117.1	137.6	86.99
Rec + suelo seco	g	93.87	96.87	78.94	85.97	88.49	86.78	119.8	111	130.4	80.36
Peso del recipiente	g	71.55	63.23	49.78	57.19	62.66	67.92	97.65	82.76	100.5	52.76
Peso del suelo seco	g	22.32	33.64	29.16	28.78	25.83	18.86	22.14	28.21	29.96	27.60
Peso del agua	g	2.47	3.75	3.92	3.79	4.18	3.11	4.74	6.14	7.16	6.63
Contenido de Humedad	%	11.07	11.15	13.44	13.17	16.18	16.49	21.41	21.77	23.90	24.02
Humedad promedio	%	11.11	13.31	16.34	21.59	23.96					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 179

Determinación de la densidad de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13512.00	14063.00	14336.00	14524.00	14627.00
Peso del suelo húmedo	g	5576.00	6127.00	6400.00	6588.00	6691.00
Humedad calculada	%	11.11	13.31	16.34	21.59	23.96
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.754	1.927	2.013	2.072	2.105
Densidad seca	g/cm ³	1.579	1.701	1.730	1.704	1.698

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

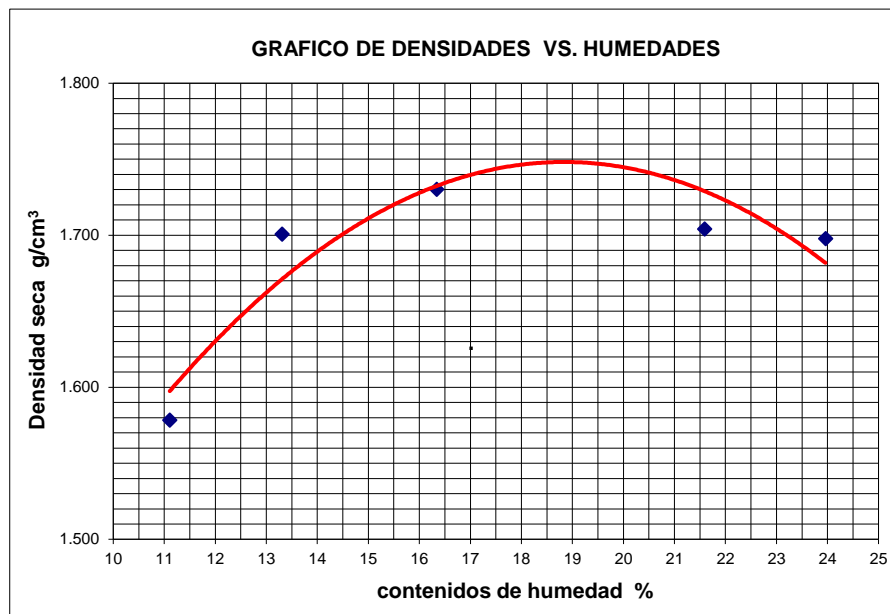


Figura n.º 60. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 180
Resultados de la calicata n.º 9 con
0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.748
Humedad óptima
18.70

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 181
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 10 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	114.1	125.6	92.59	114.3	94.65	115.9	99.35	92.82	180	111
Rec + suelo seco	g	111.6	121.5	88.56	106.8	89.65	109.7	89.65	90.65	164	107.1
Peso del recipiente	g	90.68	87.26	60.74	54.78	62.65	76.42	43.56	80.36	95.95	90.95
Peso del suelo seco	g	20.92	34.24	27.82	51.99	27.00	33.23	46.09	10.29	68.01	16.18
Peso del agua	g	2.51	4.11	4.03	7.48	5.00	6.26	9.70	2.17	15.99	3.82
Contenido de Humedad	%	12.00	12.00	14.49	14.39	18.52	18.84	21.05	21.09	23.51	23.61
Humedad promedio	%	12.00		14.44		18.68		21.07		23.56	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 182
Determinación de la densidad de la calicata n.º 10 con 0.23 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13430.00	13649.00	13795.00	13879.00	13912.00
Peso del suelo húmedo	g	5494.00	5713.00	5859.00	5943.00	5976.00
Humedad calculada	%	12.00	14.44	18.68	21.07	23.56
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.728	1.797	1.843	1.869	1.880
Densidad seca	g/cm ³	1.543	1.570	1.553	1.544	1.521

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

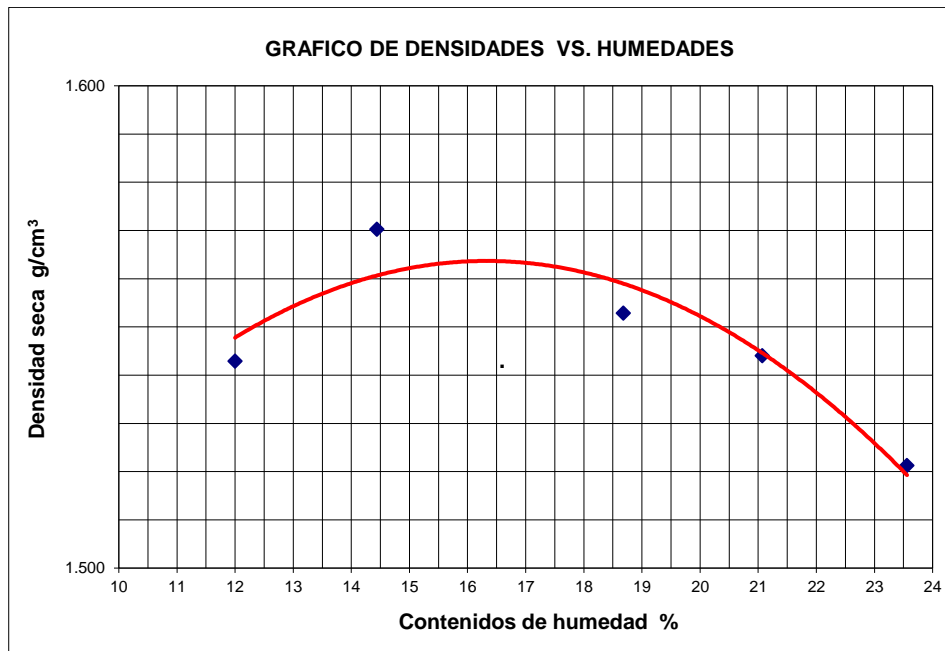


Figura n.º 61. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 10 con 0.23 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 183
 Resultados de la calicata n.º 10 con
 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.562
Humedad óptima
16.50

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 184

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 1 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	119	102.2	84.05	95.03	102	121.4	122.3	87.58	82.35	87.82
Rec + suelo seco	g	114.8	99.18	79.52	90.39	96.46	116.9	115.2	82.36	74.32	80.71
Peso del recipiente	g	80.36	75.65	50.65	60.32	65.36	91.3	80.46	56.35	40.65	50.36
Peso del suelo seco	g	34.40	23.53	28.87	30.07	31.10	25.59	34.70	26.01	33.67	30.35
Peso del agua	g	4.20	3.05	4.53	4.64	5.51	4.54	7.17	5.22	8.03	7.11
Contenido de Humedad	%	12.21	12.96	15.69	15.43	17.72	17.74	20.66	20.07	23.85	23.43
Humedad promedio	%	12.59	15.56	17.73	20.37	23.64					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 185

Determinación de la densidad de la calicata n.º 1 con 0.27 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13626.00	14008.00	14203.00	14289.00	14328.00
Peso del suelo húmedo	g	5690.00	6072.00	6267.00	6353.00	6392.00
Humedad calculada	%	12.59	15.56	17.73	20.37	23.64
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.790	1.910	1.971	1.998	2.011
Densidad seca	g/cm ³	1.590	1.653	1.674	1.660	1.626

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

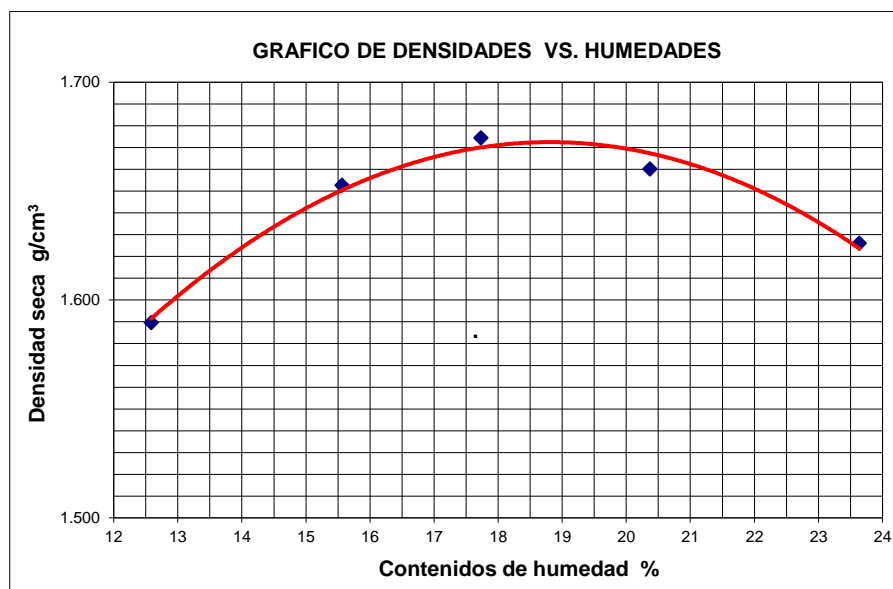


Figura n.º 62. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 1 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 186
Resultados de la calicata n.º 1 con
0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.672
Humedad óptima
18.80

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 187
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 2 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	84.85	79.83	95.95	93.61	89.81	98.1	111	102.7	105	99.86
Rec + suelo seco	g	81.36	76.45	91.54	89.91	83.96	94.35	105.7	96.34	99.42	94.35
Peso del recipiente	g	53.98	49.32	62.48	65.92	49.58	72.65	79.34	64.36	75.68	70.44
Peso del suelo seco	g	27.38	27.13	29.06	23.99	34.38	21.70	26.35	31.98	23.74	23.91
Peso del agua	g	3.49	3.38	4.41	3.70	5.85	3.75	5.30	6.39	5.53	5.51
Contenido de Humedad	%	12.75	12.46	15.18	15.42	17.01	17.28	20.11	19.98	23.29	23.04
Humedad promedio	%	12.60	15.30	17.14	20.05	23.17					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 188
Determinación de la densidad de la calicata n.º 2 con 0.27 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13556.00	13932.00	14062.00	14125.00	14165.00
Peso del suelo húmedo	g	5620.00	5996.00	6126.00	6189.00	6229.00
Humedad calculada	%	12.60	15.30	17.14	20.05	23.17
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.768	1.886	1.927	1.947	1.959
Densidad seca	g/cm ³	1.570	1.636	1.645	1.622	1.591

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

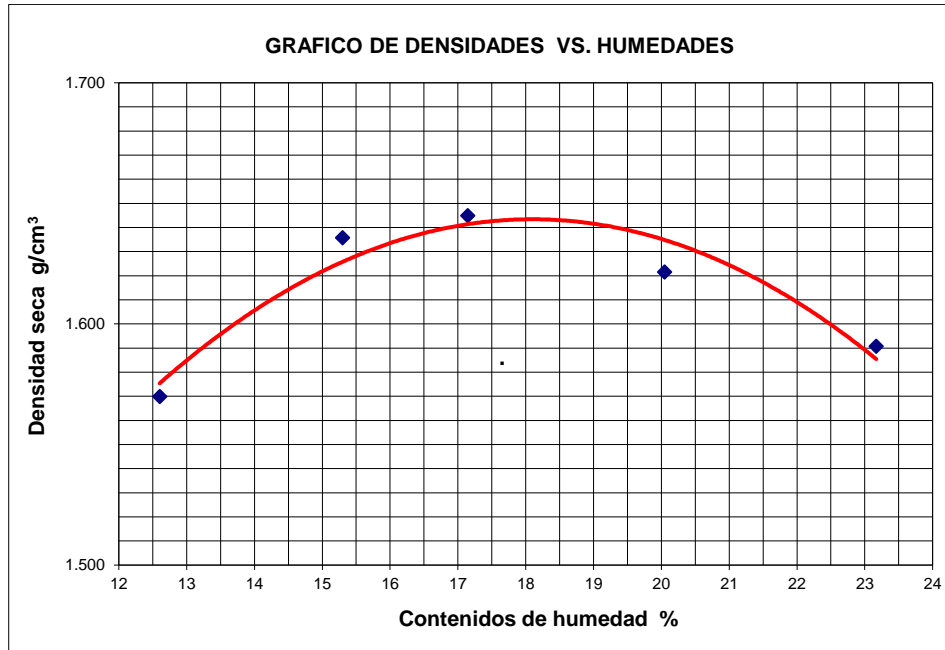


Figura n.º 63. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 2 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 189
 Resultados de la calicata n.º 2 con
 0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.646
Humedad óptima
18.30

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 190

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	84.94	87.05	99.55	83.41	98.73	107.4	109.3	109.2	83.2	107.8
Rec + suelo seco	g	81.65	84.37	95.34	79.38	94.75	102.5	104.4	102.7	77.39	101.4
Peso del recipiente	g	55.46	63.31	69.12	54.28	72.96	75.14	79.65	71.26	53.35	69.82
Peso del suelo seco	g	26.19	21.06	26.22	25.10	21.79	27.31	24.73	31.46	24.04	31.54
Peso del agua	g	3.29	2.68	4.21	4.03	3.98	4.98	4.95	6.50	5.81	6.46
Contenido de Humedad	%	12.56	12.73	16.06	16.06	18.27	18.24	20.02	20.66	24.17	20.48
Humedad promedio	%	12.64	16.06	18.25	20.34	22.32					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 191

Determinación de la densidad de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13426.00	13998.00	14153.00	14206.00	14226.00
Peso del suelo húmedo	g	5490.00	6062.00	6217.00	6270.00	6290.00
Humedad calculada	%	12.64	16.06	18.25	20.34	22.32
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.727	1.907	1.955	1.972	1.978
Densidad seca	g/cm ³	1.533	1.643	1.654	1.639	1.617

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

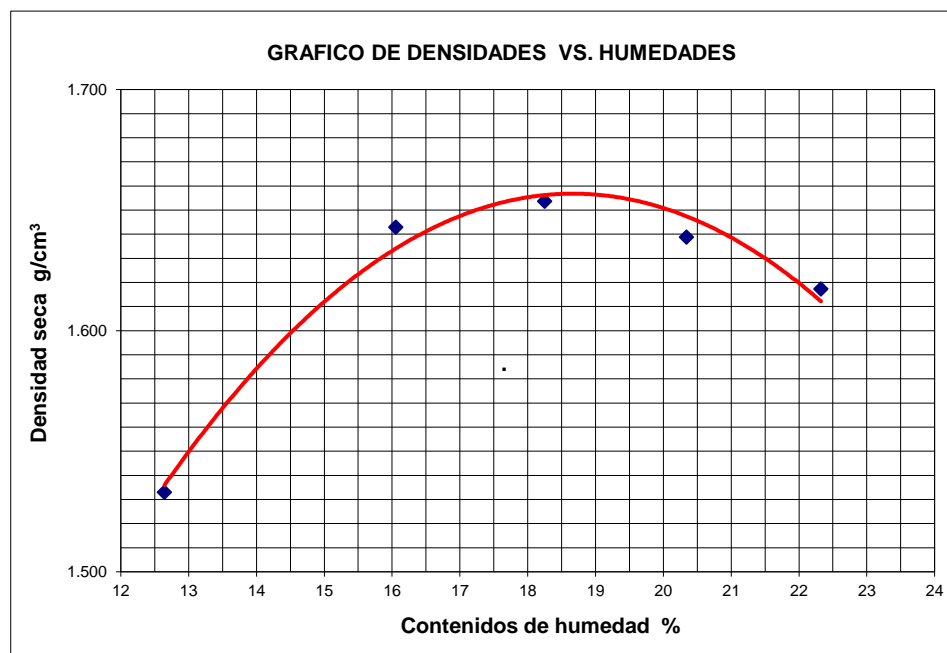


Figura n.º 64. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 192
Resultados de la calicata n.º 3 con
0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.657
Humedad óptima
18.57

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 193
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 4 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	113.8	102.9	85.57	101.9	75.56	103.3	119.8	91.86	96.81	75.65
Rec + suelo seco	g	109.7	99.75	81.03	97.12	70.47	98.42	108.2	87.92	95.78	70.95
Peso del recipiente	g	75.26	75.37	52.23	67.41	40.65	70.31	52.37	68.47	91.32	50.49
Peso del suelo seco	g	34.40	24.38	28.80	29.71	29.82	28.11	55.80	19.45	4.46	20.46
Peso del agua	g	4.17	3.13	4.54	4.73	5.09	4.87	11.62	3.94	1.03	4.70
Contenido de Humedad	%	12.12	12.84	15.76	15.92	17.07	17.32	20.83	20.26	23.09	22.98
Humedad promedio	%	12.48	15.84	17.20	20.54	23.04					

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 194
Determinación de la densidad de la calicata n.º 4 con 0.27 L/m³ de aditivo.

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13626.00	14008.00	14203.00	14289.00	14328.00
Peso del suelo húmedo	g	5690.00	6072.00	6267.00	6353.00	6392.00
Humedad calculada	%	12.48	15.84	17.20	20.54	23.04
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.790	1.910	1.971	1.998	2.011
Densidad seca	g/cm ³	1.591	1.649	1.682	1.658	1.634

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

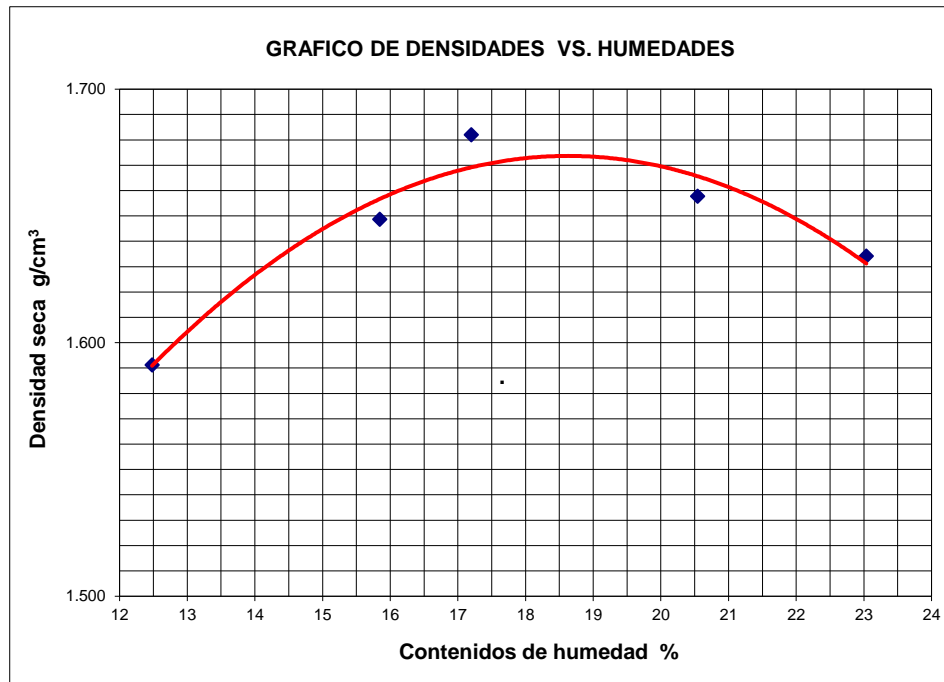


Figura n.º 65. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 4 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 195
 Resultados de la calicata n.º 4 con
 0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.657
Humedad óptima
18.57

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 196

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 5 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	111.9	120.18	75.35	154.9	77.54	151.6	92.75	108.7	137.3	138.4
Rec + suelo seco	g	106.9	111.21	71.17	143.4	70.2	138	86.91	103.1	129.6	130.6
Peso del recipiente	g	71.31	48.20	45.77	72.21	32.44	67.04	60.55	77.96	99.56	99.63
Peso del suelo seco	g	35.60	63.01	25.40	71.23	37.76	70.92	26.36	25.13	30.03	30.99
Peso del agua	g	5.02	8.97	4.18	11.43	7.34	13.63	5.84	5.60	7.66	7.82
Contenido de Humedad	%	14.10	14.24	16.46	16.05	19.44	19.22	22.15	22.28	25.51	25.23
Humedad promedio	%	14.17	16.25	19.33	22.22	25.37					

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 197

Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14236.0	14734.0	14987.0	15107.0	15190.0
Peso del suelo húmedo	g	6300.00	6798.00	7051.00	7171.00	7254.00
Humedad calculada	%	14.17	16.25	19.33	22.22	25.37
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.982	2.138	2.218	2.256	2.282
Densidad seca	g/cm ³	1.736	1.839	1.859	1.846	1.820

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

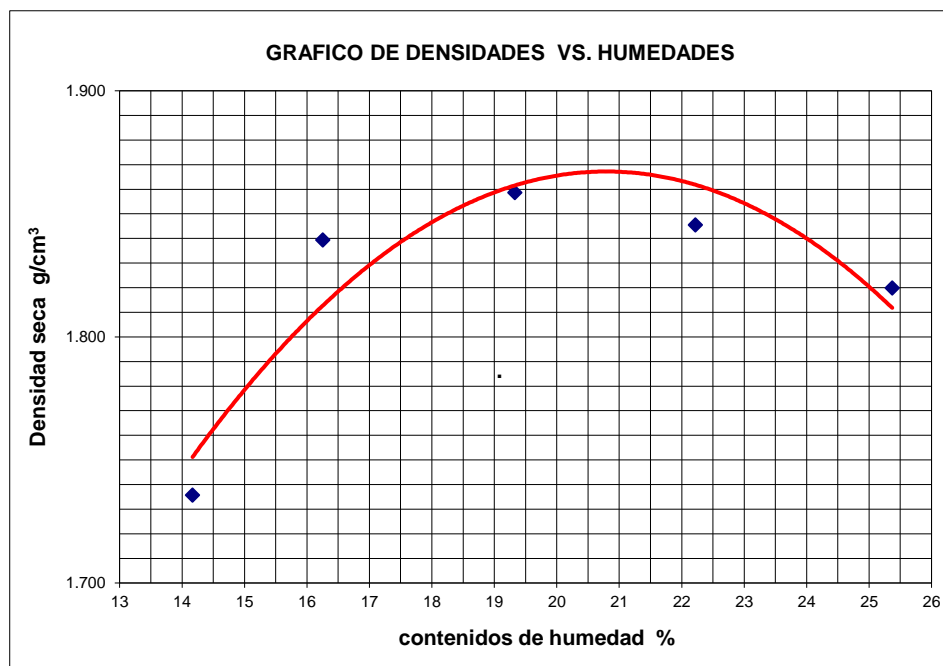


Figura n.º 66. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 5 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 198
Resultados de la calicata n.º 1 con 0.23 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.869 g/cm³
Humedad óptima
20.80%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 199
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	82.89	123.92	108.8	76.86	86.83	114.6	117.3	89.82	88.46	112.2
Rec + suelo seco	g	78.32	120.49	104.2	72.96	82.29	109.9	112.5	82.37	82.9	105.7
Peso del recipiente	g	45.68	96.58	75.65	49.58	58.65	85.65	90.58	48.65	60.87	80.16
Peso del suelo seco	g	32.64	23.91	28.50	23.38	23.64	24.24	21.87	33.72	22.03	25.50
Peso del agua	g	4.57	3.43	4.67	3.90	4.54	4.67	4.88	7.45	5.56	6.55
Contenido de Humedad	%	14.00	14.35	16.39	16.68	19.20	19.27	22.31	22.09	25.24	25.69
Humedad promedio	%	14.17		16.53		19.24		22.20		25.46	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 200
Determinación de la densidad de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14207.0	14734.0	15002.0	15118.0	15198.0
Peso del suelo húmedo	g	6271.00	6798.00	7066.00	7182.00	7262.00
Humedad calculada	%	14.17	16.53	19.24	22.20	25.46
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.972	2.138	2.223	2.259	2.284
Densidad seca	g/cm ³	1.728	1.835	1.864	1.849	1.821

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

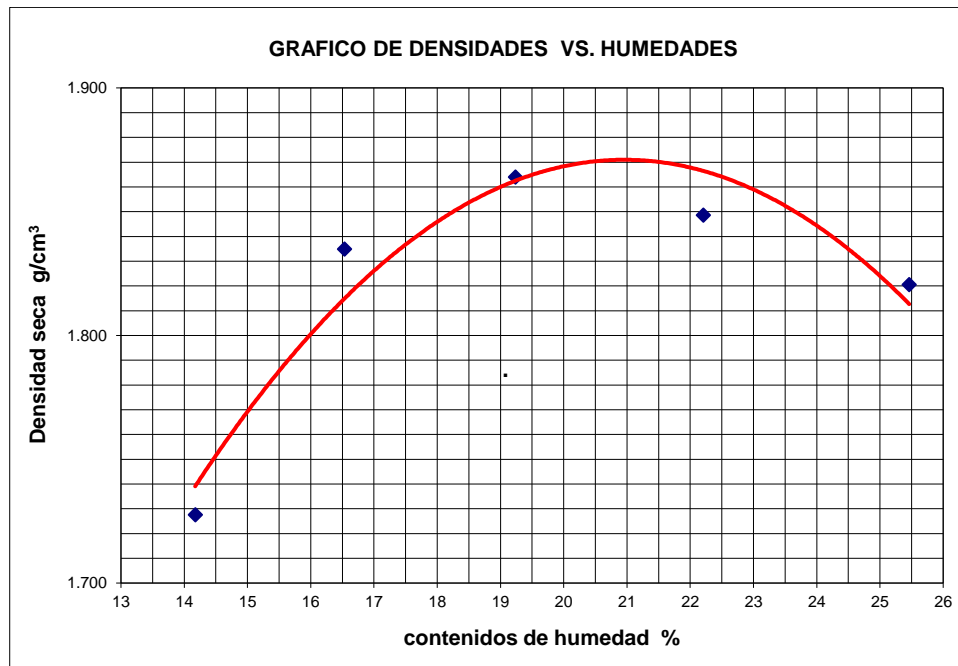


Figura n.º 67. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 201
 Resultados de la calicata n.º 6 con
 0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.871 g/cm³
Humedad óptima
21.10%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 202

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 7 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	90.48	114.72	109.5	113.6	77.08	116.4	105.3	78.18	130.4	106.3
Rec + suelo seco	g	86.59	111.21	105.4	110.2	72.46	110.8	98.79	73.54	124.2	99.02
Peso del recipiente	g	59.86	86.59	79.65	89.65	48.25	81.46	69.75	52.76	100.1	70.29
Peso del suelo seco	g	26.73	24.62	25.71	20.57	24.21	29.32	29.04	20.78	24.10	28.73
Peso del agua	g	3.89	3.51	4.16	3.41	4.62	5.66	6.50	4.64	6.21	7.26
Contenido de Humedad	%	14.55	14.26	16.18	16.58	19.08	19.30	22.38	22.33	25.77	25.27
Humedad promedio	%	14.40		16.38		19.19		22.36		25.52	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 203

Determinación de la densidad de la calicata n.º 7 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14290.00	14806.00	15009.00	15166.00	15257.00
Peso del suelo húmedo	g	6354.00	6870.00	7073.00	7230.00	7321.00
Humedad calculada	%	14.40	16.38	19.19	22.36	25.52
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.999	2.161	2.225	2.274	2.303
Densidad seca	g/cm ³	1.747	1.857	1.866	1.859	1.835

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

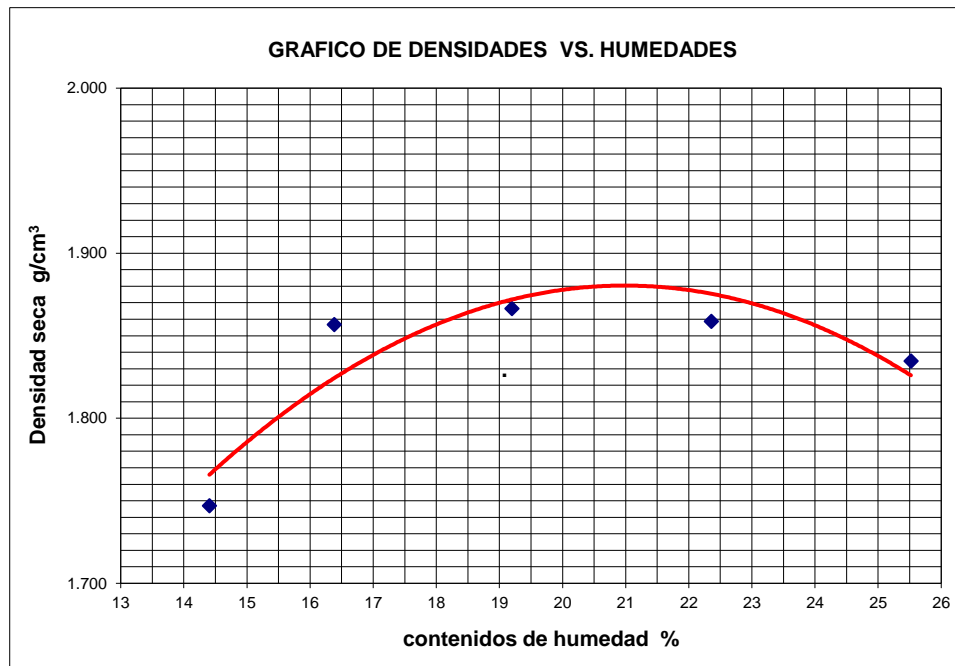


Figura n.º 68. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 7 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 204
Resultados de la calicata n.º 7 con
0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.881 g/cm³
Humedad óptima
21.20%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 205
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 8 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	74.76	75.85	88.82	146.8	75.5	144	156.7	125.3	181.4	115.7
Rec + suelo seco	g	70.76	71.42	86.24	136.2	68.22	130.5	140.2	115.7	163.5	109
Peso del recipiente	g	42.64	40.05	70.28	71.31	30.44	60.04	66.51	73.61	92.26	82.37
Peso del suelo seco	g	28.12	31.37	15.96	64.88	37.78	70.42	73.70	42.10	71.25	26.63
Peso del agua	g	4.00	4.43	2.58	10.56	7.28	13.53	16.48	9.54	17.91	6.73
Contenido de Humedad	%	14.22	14.12	16.17	16.28	19.27	19.21	22.36	22.66	25.14	25.27
Humedad promedio	%	14.17		16.22		19.24		22.51		25.20	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 206
Determinación de la densidad de la calicata n.º 8 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14236.00	14734.00	14987.00	15107.00	15190.00
Peso del suelo húmedo	g	6300.00	6798.00	7051.00	7171.00	7254.00
Humedad calculada	%	14.17	16.22	19.24	22.51	25.20
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.982	2.138	2.218	2.256	2.282
Densidad seca	g/cm ³	1.736	1.840	1.860	1.841	1.822

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

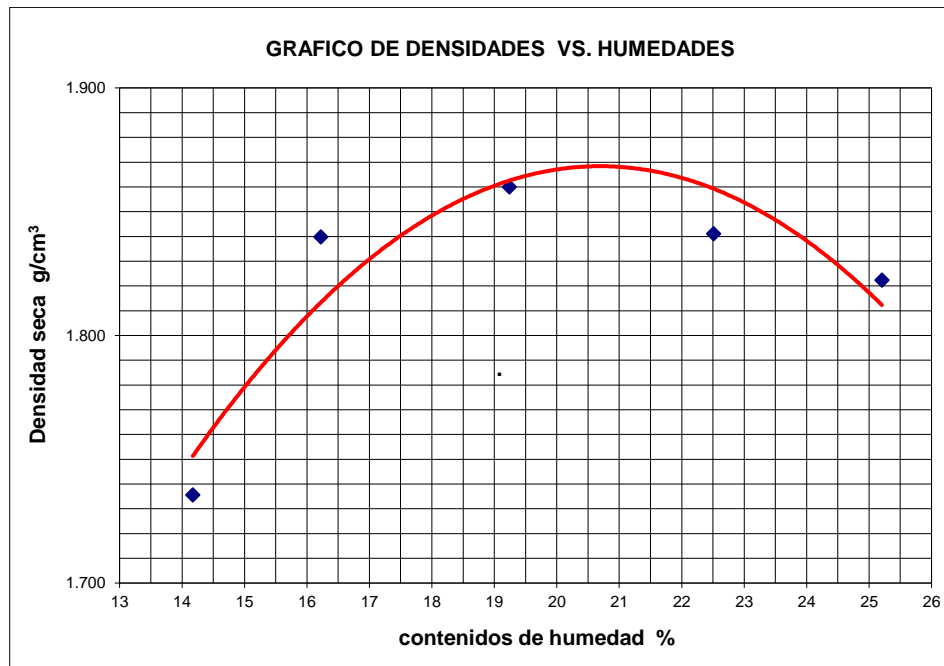


Figura n.º 69. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 8 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 207
 Resultados de la calicata n.º 8 con
 0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.869 g/cm³
Humedad óptima
20.80%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 208

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	95.7	93.34	89.56	97.91	110.8	102.4	92.75	99.49	139	198.5
Rec + suelo seco	g	91.54	89.91	83.96	94.35	105.7	96.34	86.91	94.09	131.6	178.6
Peso del recipiente	g	62.48	65.92	49.58	72.65	79.34	64.36	60.55	69.86	102.6	100.6
Peso del suelo seco	g	29.06	23.99	34.38	21.70	26.35	31.98	26.36	24.23	29.03	77.99
Peso del agua	g	4.16	3.43	5.60	3.56	5.10	6.09	5.84	5.40	7.42	19.84
Contenido de Humedad	%	14.32	14.30	16.28	16.41	19.35	19.04	22.15	22.29	25.56	25.44
Humedad promedio	%	14.31		16.34		19.20		22.22		25.50	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 209

Determinación de la densidad de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14220.00	14714.00	14975.00	15087.00	15174.00
Peso del suelo húmedo	g	6284.00	6778.00	7039.00	7151.00	7238.00
Humedad calculada	%	14.31	16.34	19.20	22.22	25.50
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.977	2.132	2.214	2.249	2.277
Densidad seca	g/cm ³	1.729	1.832	1.857	1.840	1.814

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

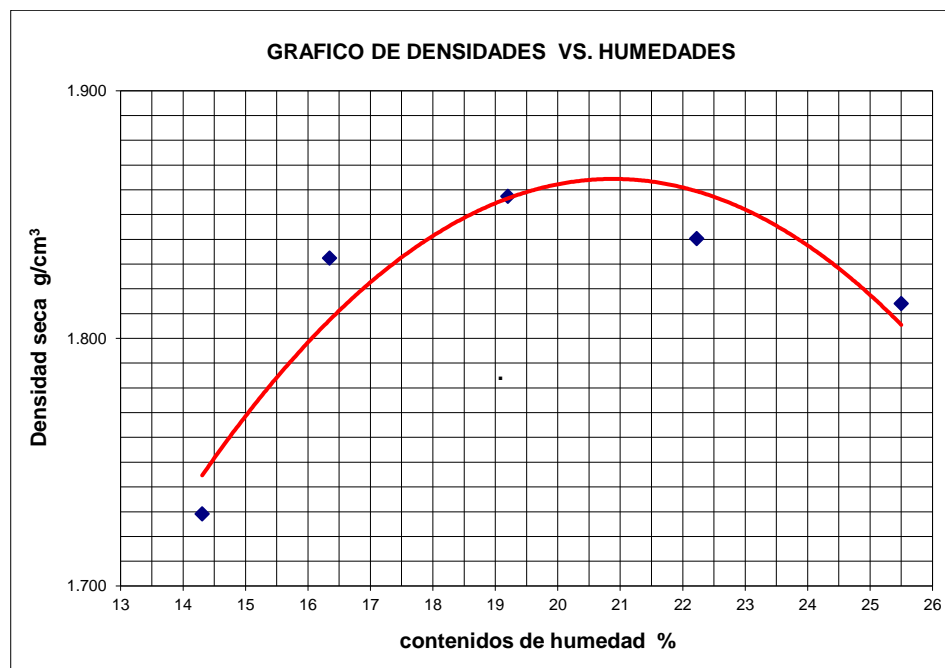


Figura n.º 70. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 210
Resultados de la calicata n.º 9 con
0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.865 g/cm³
Humedad óptima
20.90%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 211
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 10 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	82.85	96.27	83.25	92.43	108.8	108.4	82.33	92.28	86.85	94.47
Rec + suelo seco	g	79.36	92.54	78.36	88.52	105.3	103.6	75.65	86.23	80.45	90.02
Peso del recipiente	g	52.02	63.25	47.58	63.54	85.45	75.36	42.36	56.48	53.67	71.37
Peso del suelo seco	g	27.34	29.29	30.78	24.98	19.88	28.20	33.29	29.75	26.78	18.65
Peso del agua	g	3.49	3.73	4.89	3.91	3.44	4.87	6.68	6.05	6.40	4.45
Contenido de Humedad	%	12.77	12.73	15.89	15.65	17.30	17.27	20.05	20.34	23.90	23.86
Humedad promedio	%	12.75		15.77		17.29		20.19		23.88	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 212
Determinación de la densidad de la calicata n.º 10 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13506.00	13822.00	14122.00	14193.00	14213.00
Peso del suelo húmedo	g	5570.00	5886.00	6186.00	6257.00	6277.00
Humedad calculada	%	12.75	15.77	17.29	20.19	23.88
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.752	1.851	1.946	1.968	1.974
Densidad seca	g/cm ³	1.554	1.599	1.659	1.637	1.594

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

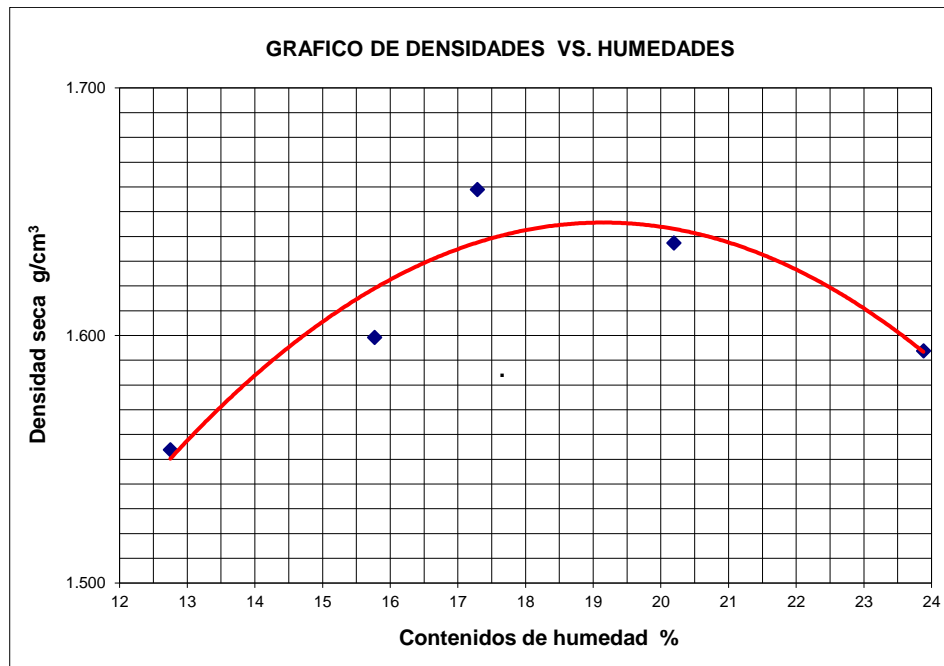


Figura n.º 71. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 10 con 0.27 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 213
 Resultados de la calicata n.º 10 con
 0.27 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.645 g/cm³
Humedad óptima
19.20%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 214

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 1 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	89.68	101.7	118.3	88.46	109.5	84.03	110.1	84.53	87.48	96.95
Rec + suelo seco	g	86.75	98.45	115	82.18	103.8	77.45	103.8	77.45	80.63	88.96
Peso del recipiente	g	65.65	75.45	95.25	45.65	75.36	45.95	75.36	45.95	52.37	55.67
Peso del suelo seco	g	21.10	23.00	19.73	36.53	28.45	31.50	28.45	31.50	28.26	33.29
Peso del agua	g	2.93	3.20	3.36	6.28	5.72	6.58	6.31	7.08	6.85	7.99
Contenido de Humedad	%	13.89	13.91	17.03	17.19	20.11	20.89	22.18	22.48	24.24	24.00
Humedad promedio	%	13.90		17.11		20.50		22.33		24.12	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 215

Determinación de la densidad de la calicata n.º 1 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13526.00	13841.00	14052.00	14151.00	14180.00
Peso del suelo húmedo	g	5590.00	5905.00	6116.00	6215.00	6244.00
Humedad calculada	%	13.90	17.11	20.50	22.33	24.12
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.758	1.857	1.924	1.955	1.964
Densidad seca	g/cm ³	1.544	1.586	1.596	1.598	1.582

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

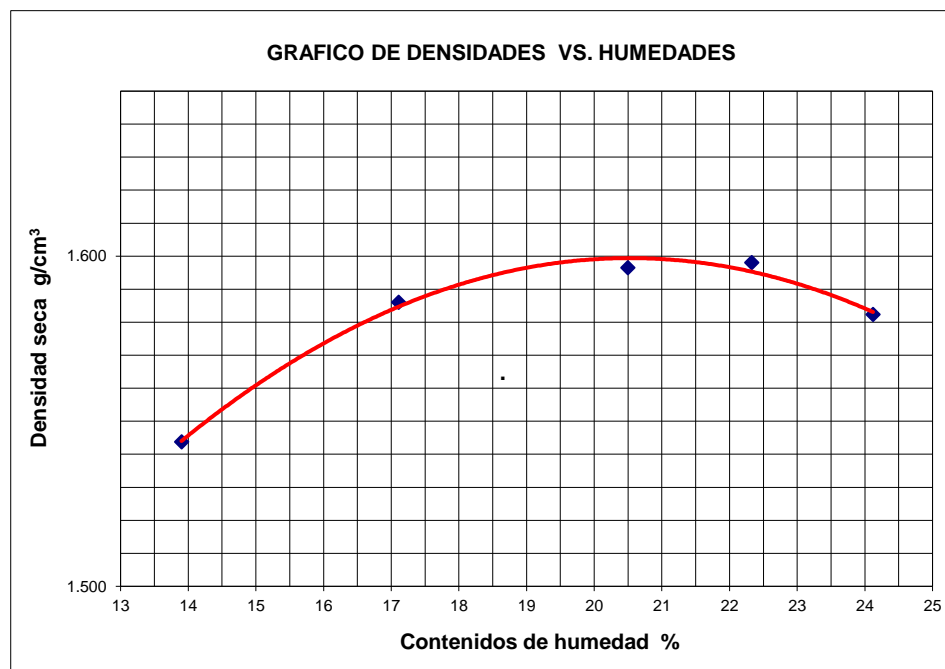


Figura n.º 72. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 1 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 216
Resultados de la calicata n.º 1 con 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.590 g/cm³
Humedad óptima
20.40%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 217
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 2 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	94.67	82.85	113.5	106.5	91.75	91.89	95.55	88.64	124.6	125.2
Rec + suelo seco	g	91.17	78.36	109.3	102	85.86	85.65	89.65	82.48	117.3	118.4
Peso del recipiente	g	65.21	45.65	85.2	76.32	56.45	54.23	63.25	55.11	86.64	90.45
Peso del suelo seco	g	25.96	32.71	24.06	25.67	29.41	31.42	26.40	27.37	30.61	27.98
Peso del agua	g	3.50	4.49	4.19	4.52	5.89	6.24	5.90	6.16	7.33	6.72
Contenido de Humedad	%	13.48	13.73	17.41	17.61	20.03	19.86	22.35	22.51	23.95	24.02
Humedad promedio	%	13.60		17.51		19.94		22.43		23.98	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 218
Determinación de la densidad de la calicata n.º 2 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13534.00	13892.00	14041.00	14125.00	14172.00
Peso del suelo húmedo	g	5598.00	5956.00	6105.00	6189.00	6236.00
Humedad calculada	%	13.60	17.51	19.94	22.43	23.98
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.761	1.873	1.920	1.947	1.961
Densidad seca	g/cm ³	1.550	1.594	1.601	1.590	1.582

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

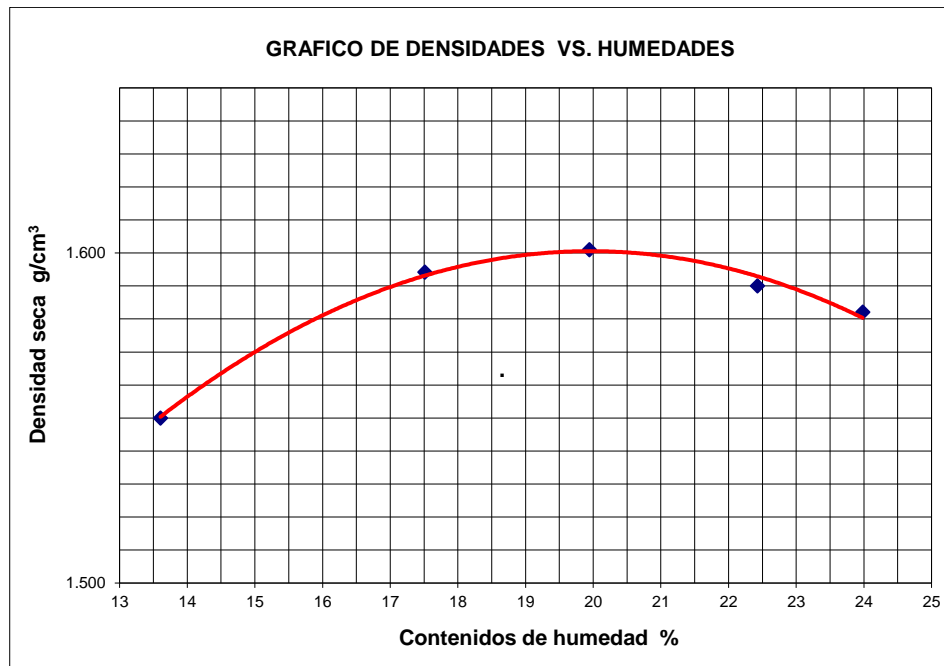


Figura n.º 73. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 2 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 219
 Resultados de la calicata n.º 2 con
 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.600 g/cm³
Humedad óptima
20.10%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 220

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	89.7	101.7	117.5	87.66	108.8	84.53	110.1	84.5	86.89	96.93
Rec + suelo seco	g	86.73	98.47	114.3	81.38	103.3	77.95	103.8	77.42	80.14	88.9
Peso del recipiente	g	65.73	75.72	95.4	45.81	75.72	46.12	75.2	45.72	52.47	55.63
Peso del suelo seco	g	21.00	22.75	18.88	35.57	27.58	31.83	28.61	31.70	27.67	33.27
Peso del agua	g	2.97	3.20	3.25	6.28	5.52	6.58	6.31	7.08	6.75	8.03
Contenido de Humedad	%	14.14	14.07	17.21	17.66	20.01	20.67	22.06	22.33	24.39	24.14
Humedad promedio	%	14.10		17.43		20.34		22.19		24.27	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 221

Determinación de la densidad de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13515.00	13830.00	14041.00	14140.00	14179.00
Peso del suelo húmedo	g	5579.00	5894.00	6105.00	6204.00	6243.00
Humedad calculada	%	14.10	17.43	20.34	22.19	24.27
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.755	1.854	1.920	1.951	1.964
Densidad seca	g/cm ³	1.538	1.579	1.596	1.597	1.580

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

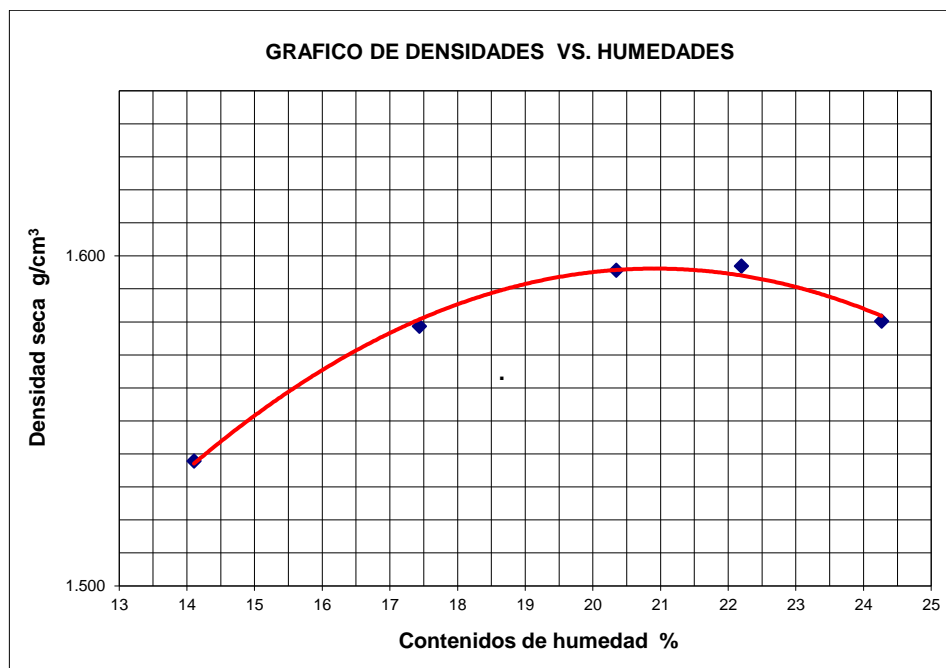


Figura n.º 74. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 222
Resultados de la calicata n.º 3 con
0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.590 g/cm³
Humedad óptima
20.90%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 223
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 4 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	87.77	106.3	123.4	93.45	114.8	88.89	115.6	89.29	92.95	102.6
Rec + suelo seco	g	84.64	102.1	118.6	85.83	107.5	81.1	107.5	81.1	84.28	92.61
Peso del recipiente	g	61.54	71.34	91.14	41.54	71.25	41.84	71.25	44.84	48.26	51.16
Peso del suelo seco	g	23.10	30.76	27.46	44.29	36.25	39.26	36.25	36.26	36.02	41.45
Peso del agua	g	3.13	4.22	4.75	7.62	7.25	7.79	8.05	8.19	8.67	9.95
Contenido de Humedad	%	13.55	13.72	17.30	17.20	20.00	19.84	22.21	22.59	24.07	24.00
Humedad promedio	%	13.63		17.25		19.92		22.40		24.04	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 224
Determinación de la densidad de la calicata n.º 4 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13596.00	13901.00	14102.00	14201.00	14229.00
Peso del suelo húmedo	g	5660.00	5965.00	6166.00	6265.00	6293.00
Humedad calculada	%	13.63	17.25	19.92	22.40	24.04
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.780	1.876	1.939	1.971	1.979
Densidad seca	g/cm ³	1.567	1.600	1.617	1.610	1.596

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

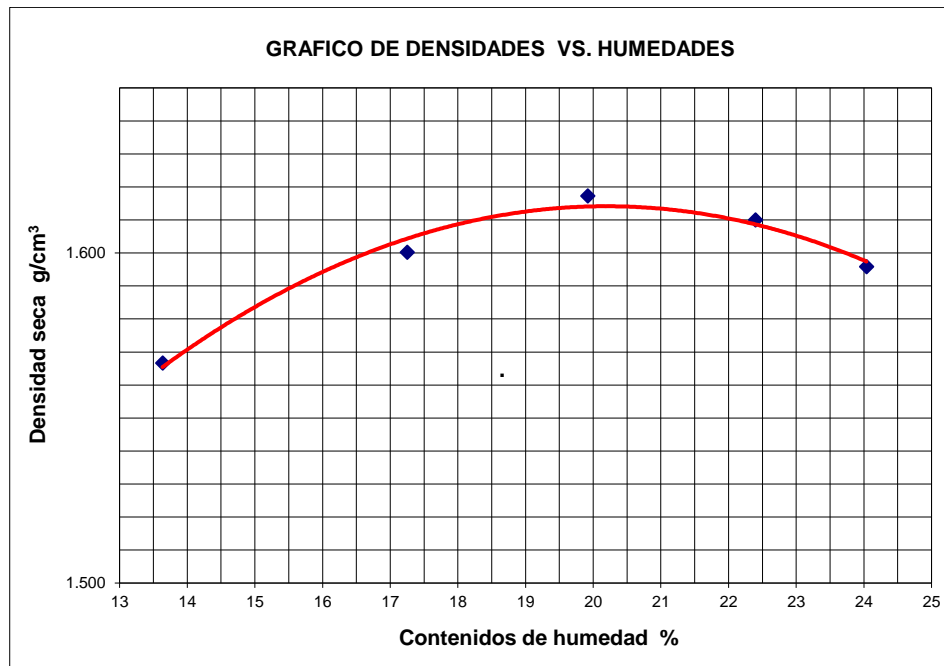


Figura n.º 75. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 4 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 225
 Resultados de la calicata n.º 4 con
 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.613 g/cm³
Humedad óptima
20.10%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 226

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 5 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	111.9	120.18	75.35	154.9	77.54	151.6	92.75	108.7	189.7	197.1
Rec + suelo seco	g	106.9	111.21	71.17	143.4	70.2	138	86.91	103.1	171.6	177.6
Peso del recipiente	g	71.31	48.20	45.77	72.21	32.44	67.04	60.55	77.96	99.56	99.63
Peso del suelo seco	g	35.60	63.01	25.40	71.23	37.76	70.92	26.36	25.13	72.03	77.99
Peso del agua	g	5.02	8.97	4.18	11.43	7.34	13.63	5.84	5.60	18.06	19.52
Contenido de Humedad	%	14.10	14.24	16.46	16.05	19.44	19.22	22.15	22.28	25.07	25.03
Humedad promedio	%	14.17		16.25		19.33		22.22		25.05	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 227

Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14071.00	14476.00	14680.00	14832.00	14981.00
Peso del suelo húmedo	g	6135.00	6540.00	6744.00	6896.00	7045.00
Humedad calculada	%	14.17	16.25	19.33	22.22	25.05
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.930	2.057	2.121	2.169	2.216
Densidad seca	g/cm ³	1.690	1.770	1.778	1.775	1.772

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

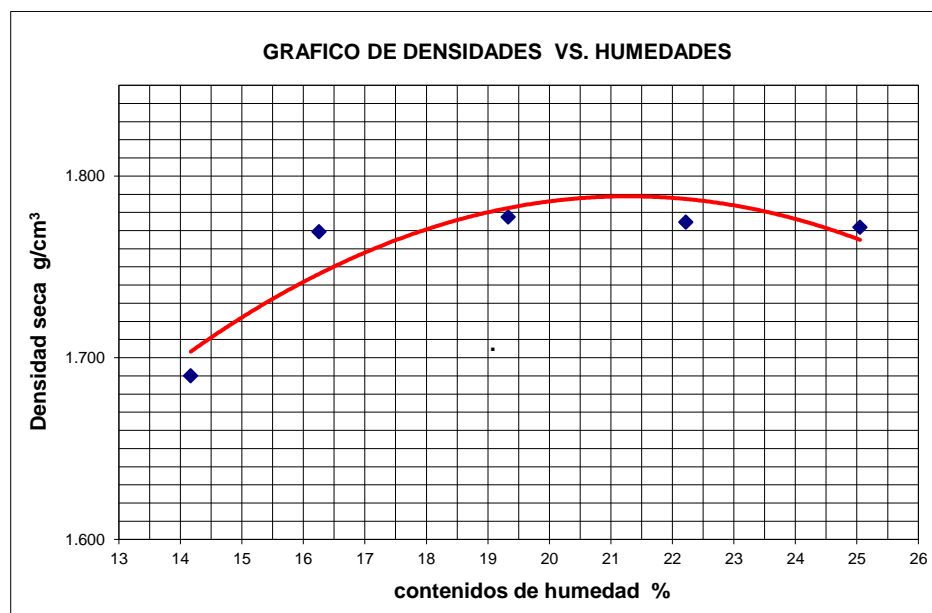


Figura n.º 76. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 5 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 228
Resultados de la calicata n.º 5 con 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.788 g/cm³
Humedad óptima
21.40%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 229
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	71.16	112.18	116	114.8	83.49	113.7	125.5	105.2	101.4	89.74
Rec + suelo seco	g	67.98	107.63	111.9	110.9	78.09	108.2	119.7	98.64	96.29	83.65
Peso del recipiente	g	45.69	76.35	86.65	86.54	49.67	79.65	93.79	69.65	75.96	59.64
Peso del suelo seco	g	22.29	31.28	25.20	24.32	28.42	28.58	25.86	28.99	20.33	24.01
Peso del agua	g	3.18	4.55	4.18	3.98	5.40	5.49	5.80	6.54	5.10	6.09
Contenido de Humedad	%	14.27	14.55	16.59	16.37	19.00	19.21	22.43	22.56	25.09	25.36
Humedad promedio	%	14.41		16.48		19.10		22.49		25.23	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 230
Determinación de la densidad de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14132.00	14519.00	14713.00	14862.00	14995.00
Peso del suelo húmedo	g	6196.00	6583.00	6777.00	6926.00	7059.00
Humedad calculada	%	14.41	16.48	19.10	22.49	25.23
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.949	2.071	2.132	2.179	2.220
Densidad seca	g/cm ³	1.703	1.778	1.790	1.778	1.773

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

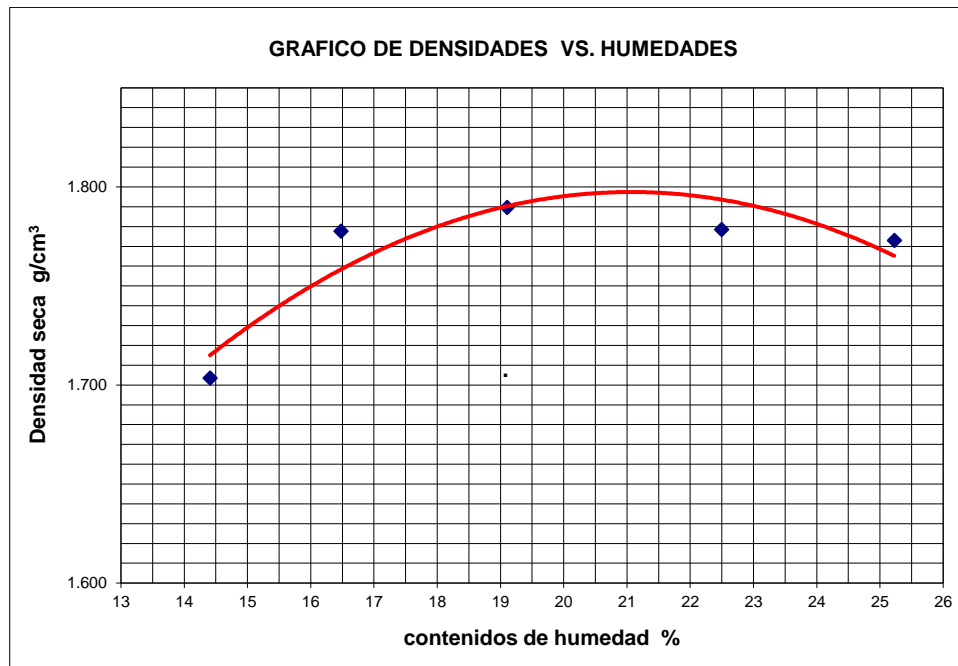


Figura n.º 77. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 231
 Resultados de la calicata n.º 6 con
 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.792 g/cm³
Humedad óptima
21.10%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 232

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 7 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	114.8	123.26	114.3	86.58	83.75	72.83	94.68	127	95.78	102.5
Rec + suelo seco	g	111.2	119.86	110.4	82.36	78.23	67.36	90.36	121.4	89.36	96.02
Peso del recipiente	g	86.75	96.49	86.49	56.64	49.68	38.96	71.49	96.32	63.78	70.33
Peso del suelo seco	g	24.48	23.37	23.89	25.72	28.55	28.40	18.87	25.04	25.58	25.69
Peso del agua	g	3.56	3.40	3.88	4.22	5.52	5.47	4.32	5.67	6.42	6.46
Contenido de Humedad	%	14.54	14.55	16.24	16.41	19.33	19.26	22.89	22.64	25.10	25.15
Humedad promedio	%	14.55		16.32		19.30		22.77		25.12	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 233

Determinación de la densidad de la calicata n.º 7 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13992.00	14426.00	14658.00	14762.00	14853.00
Peso del suelo húmedo	g	6056.00	6490.00	6722.00	6826.00	6917.00
Humedad calculada	%	14.55	16.32	19.30	22.77	25.12
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.905	2.041	2.114	2.147	2.176
Densidad seca	g/cm ³	1.663	1.755	1.772	1.749	1.739

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

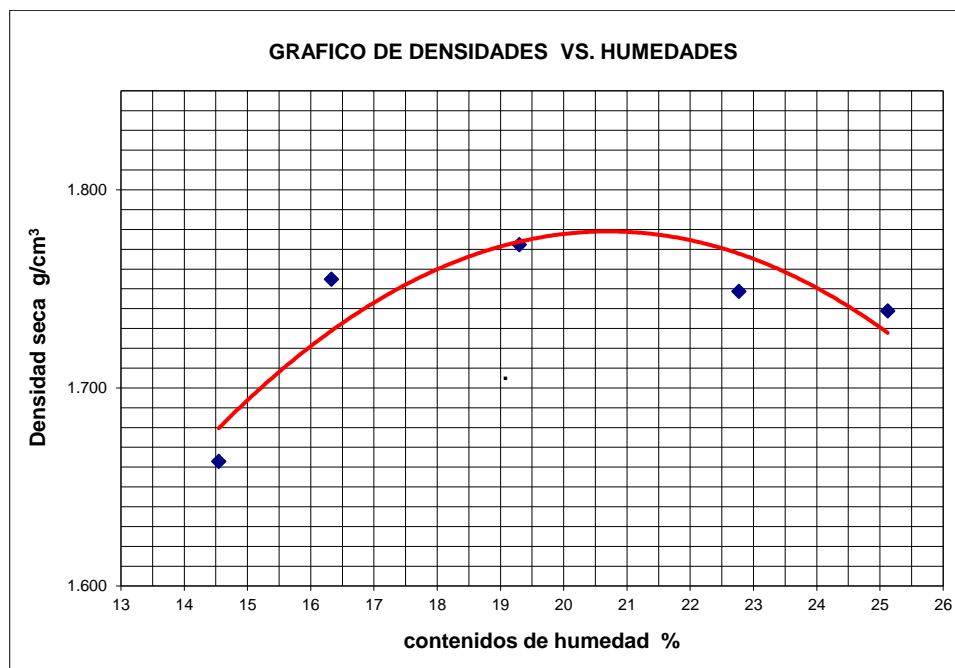


Figura n.º 78. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 7 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 234
Resultados de la calicata n.º 7 con
0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.779 g/cm³
Humedad óptima
20.80%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 235
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 8 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	110.9	119.21	73.36	153.2	80.48	155.5	87.69	111.6	180.7	198
Rec + suelo seco	g	105.9	110.22	69.17	141.5	73.15	141.9	81.85	106.1	162.5	178.7
Peso del recipiente	g	70.31	47.20	43.77	70.21	35.39	71.04	55.55	80.96	90.56	101.6
Peso del suelo seco	g	35.57	63.02	25.40	71.30	37.76	70.84	26.30	25.15	71.89	77.06
Peso del agua	g	5.01	8.99	4.19	11.64	7.33	13.61	5.84	5.53	18.25	19.33
Contenido de Humedad	%	14.08	14.27	16.50	16.33	19.41	19.21	22.21	21.99	25.39	25.08
Humedad promedio	%	14.18		16.41		19.31		22.10		25.24	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 236
Determinación de la densidad de la calicata n.º 8 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14026.00	14422.00	14635.00	14792.00	14918.00
Peso del suelo húmedo	g	6090.00	6486.00	6699.00	6856.00	6982.00
Humedad calculada	%	14.18	16.41	19.31	22.10	25.24
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.916	2.040	2.107	2.156	2.196
Densidad seca	g/cm ³	1.678	1.753	1.766	1.766	1.754

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

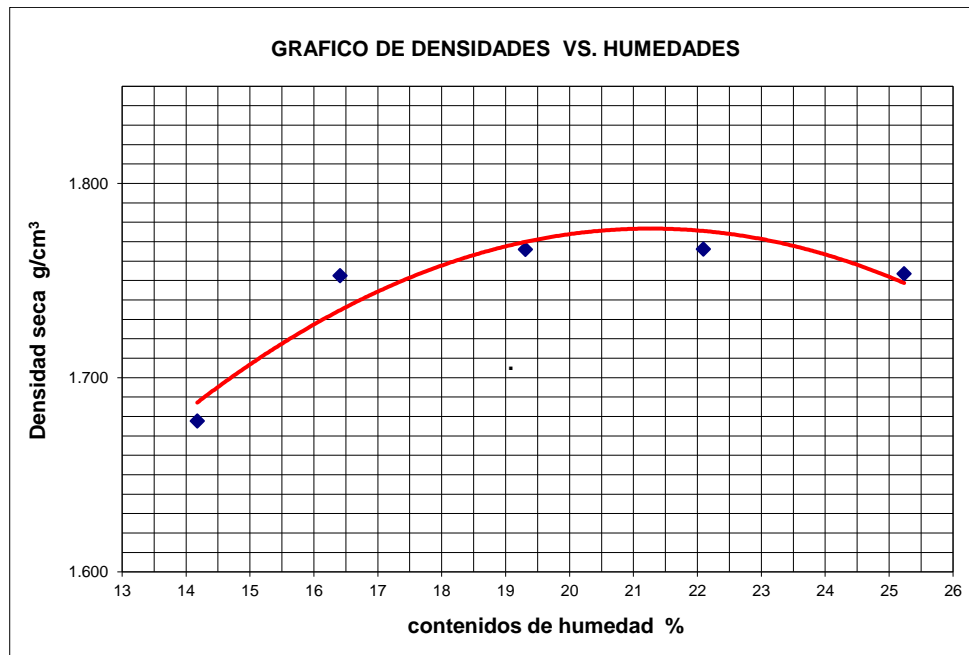


Figura n.º 79. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 8 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 237
 Resultados de la calicata n.º 8 con
 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.755 g/cm³
Humedad óptima
21.60%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 238

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	100.9	125.02	75.23	155.3	77.91	151.4	92.28	108.7	189.7	196.8
Rec + suelo seco	g	95.86	116.15	71.07	143.7	70.58	137.9	86.41	103.1	172	177.6
Peso del recipiente	g	60.31	53.20	45.67	72.5	32.21	67.41	60.05	77.99	99.89	99.63
Peso del suelo seco	g	35.55	62.95	25.40	71.18	38.37	70.46	26.36	25.13	72.07	77.99
Peso del agua	g	4.99	8.87	4.16	11.58	7.33	13.53	5.87	5.59	17.69	19.22
Contenido de Humedad	%	14.04	14.09	16.36	16.27	19.10	19.20	22.27	22.24	24.55	24.64
Humedad promedio	%	14.06		16.32		19.15		22.26		24.59	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 239

Determinación de la densidad de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	14095.00	14500.00	14704.00	14856.00	15005.00
Peso del suelo húmedo	g	6159.00	6564.00	6768.00	6920.00	7069.00
Humedad calculada	%	14.06	16.32	19.15	22.26	24.59
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.937	2.065	2.129	2.177	2.223
Densidad seca	g/cm ³	1.698	1.775	1.787	1.780	1.785

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

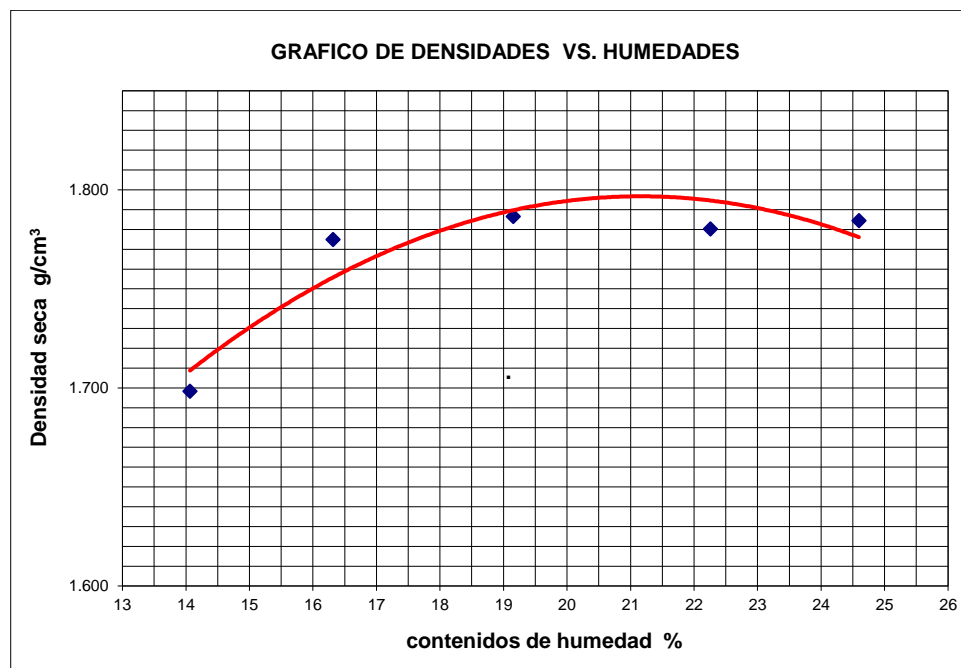


Figura n.º 80. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 240
Resultados de la calicata n.º 9 con
0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.796 g/cm³
Humedad óptima
21.30%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 241
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 10 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	89.47	106.2	99.46	94.58	104.4	107.3	104.4	104.7	101.9	87.05
Rec + suelo seco	g	84.64	102.5	93.45	89.46	98.96	100.8	98.76	99.98	93.45	80.96
Peso del recipiente	g	50.26	76.42	58.42	60.75	72.55	69.48	73.45	78.86	58.42	55.77
Peso del suelo seco	g	34.38	26.08	35.03	28.71	26.41	31.35	25.31	21.12	35.03	25.19
Peso del agua	g	4.83	3.72	6.01	5.12	5.48	6.48	5.68	4.74	8.41	6.09
Contenido de Humedad	%	14.05	14.26	17.16	17.83	20.75	20.67	22.44	22.44	24.01	24.18
Humedad promedio	%	14.16		17.50		20.71		22.44		24.09	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 242
Determinación de la densidad de la calicata n.º 10 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13466.00	13821.00	14101.00	14161.00	14192.00
Peso del suelo húmedo	g	5530.00	5885.00	6165.00	6225.00	6256.00
Humedad calculada	%	14.16	17.50	20.71	22.44	24.09
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.739	1.851	1.939	1.958	1.968
Densidad seca	g/cm ³	1.524	1.575	1.606	1.599	1.586

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

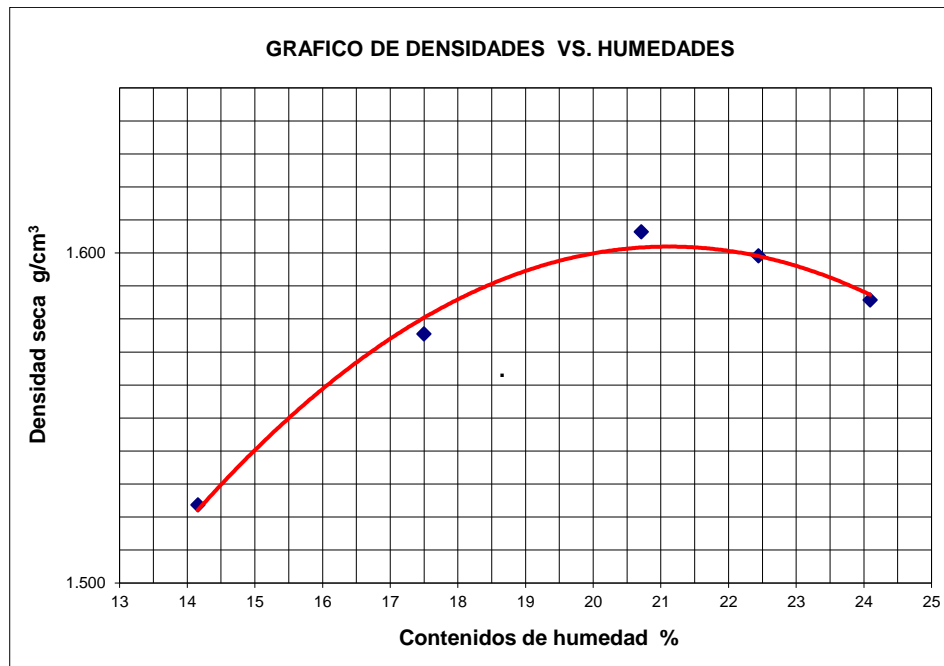


Figura n.º 81. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 10 con 0.30 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 243
 Resultados de la calicata n.º 10 con
 0.30 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.610 g/cm³
Humedad óptima
21.10%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 244

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 1 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	74.04	77.73	90.16	103.9	145.1	110.5	187.2	118	108	106.9
Rec + suelo seco	g	70.33	73.74	82.93	98.92	132.2	104	170.5	111	96.23	99.21
Peso del recipiente	g	44.91	46.14	41.15	70.23	66.54	70.44	99.49	81.56	49.15	68.23
Peso del suelo seco	g	25.42	27.60	41.78	28.69	65.65	33.51	71.02	29.42	47.08	30.98
Peso del agua	g	3.71	3.99	7.23	4.97	12.91	6.53	16.64	7.03	11.73	7.68
Contenido de Humedad	%	14.59	14.46	17.30	17.32	19.66	19.49	23.43	23.90	24.92	24.79
Humedad promedio	%	14.53		17.31		19.58		23.66		24.85	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 245

Determinación de la densidad de la calicata n.º 1 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12863.00	13456.00	13795.00	13896.00	13952.00
Peso del suelo húmedo	g	4937.00	5530.00	5869.00	5970.00	6026.00
Humedad calculada	%	14.53	17.31	19.58	23.66	24.85
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.553	1.739	1.846	1.878	1.895
Densidad seca	g/cm ³	1.356	1.483	1.544	1.518	1.518

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

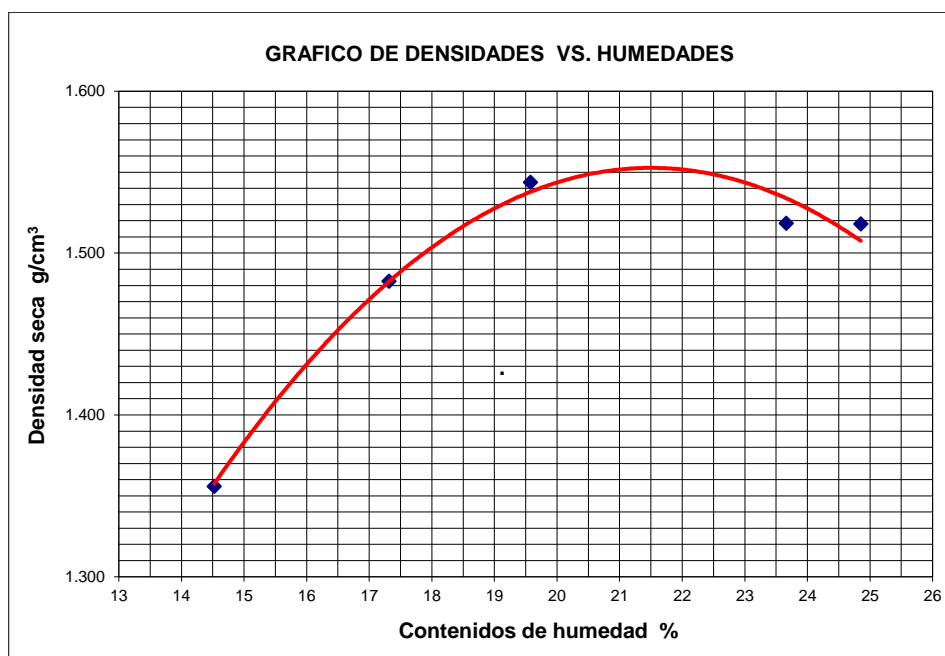


Figura n.º 82. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 1 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 246
Resultados de la calicata n.º 1 con 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.553 g/cm³
Humedad óptima
21.50%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 247
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 2 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	85.25	90.99	102.7	97.52	139.7	110.5	120.1	108.9	126.8	106.1
Rec + suelo seco	g	80.35	86.65	98.45	90.65	132.4	106.3	114.4	102.3	119.7	99.65
Peso del recipiente	g	46.98	56.65	75.65	52.65	95.65	85.65	89.16	72.65	90.36	73.65
Peso del suelo seco	g	33.37	30.00	22.80	38.00	36.71	20.67	25.20	29.65	29.29	26.00
Peso del agua	g	4.90	4.34	4.21	6.87	7.36	4.16	5.76	6.61	7.10	6.47
Contenido de Humedad	%	14.68	14.47	18.46	18.08	20.05	20.13	22.86	22.29	24.24	24.88
Humedad promedio	%	14.58		18.27		20.09		22.58		24.56	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 248
Determinación de la densidad de la calicata n.º 2 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13016.00	13496.00	13765.00	13889.00	13956.00
Peso del suelo húmedo	g	5080.00	5560.00	5829.00	5953.00	6020.00
Humedad calculada	%	14.58	18.27	20.09	22.58	24.56
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.598	1.749	1.833	1.872	1.894
Densidad seca	g/cm ³	1.395	1.479	1.527	1.528	1.520

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

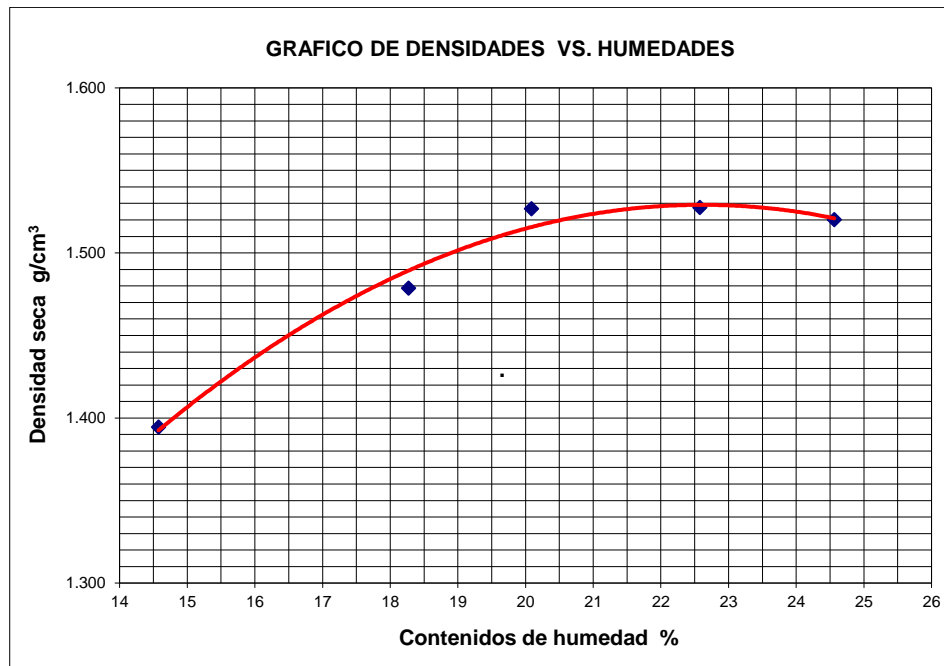


Figura n.º 83. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 2 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 249
 Resultados de la calicata n.º 2 con
 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.529 g/cm³
Humedad óptima
21.61%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 250

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	85.48	101.5	94.41	88.15	116.7	121.5	132.3	91.21	104.3	101.5
Rec + suelo seco	g	80.35	95.65	91.45	82.65	112.4	116.3	126.7	83.21	95.36	95.65
Peso del recipiente	g	45.65	55.69	74.69	50.69	90.68	90.36	102.4	49.69	58.69	71.93
Peso del suelo seco	g	34.70	39.96	16.76	31.96	21.68	25.96	24.33	33.52	36.67	23.72
Peso del agua	g	5.13	5.87	2.96	5.50	4.30	5.18	5.63	8.00	8.92	5.87
Contenido de Humedad	%	14.78	14.69	17.66	17.21	19.83	19.95	23.14	23.87	24.33	24.75
Humedad promedio	%	14.74		17.44		19.89		23.50		24.54	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 251

Determinación de la densidad de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13016.00	13496.00	13765.00	13889.00	13956.00
Peso del suelo húmedo	g	5080.00	5560.00	5829.00	5953.00	6020.00
Humedad calculada	%	14.74	17.44	19.89	23.50	24.54
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.598	1.749	1.833	1.872	1.894
Densidad seca	g/cm ³	1.393	1.489	1.529	1.516	1.520

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

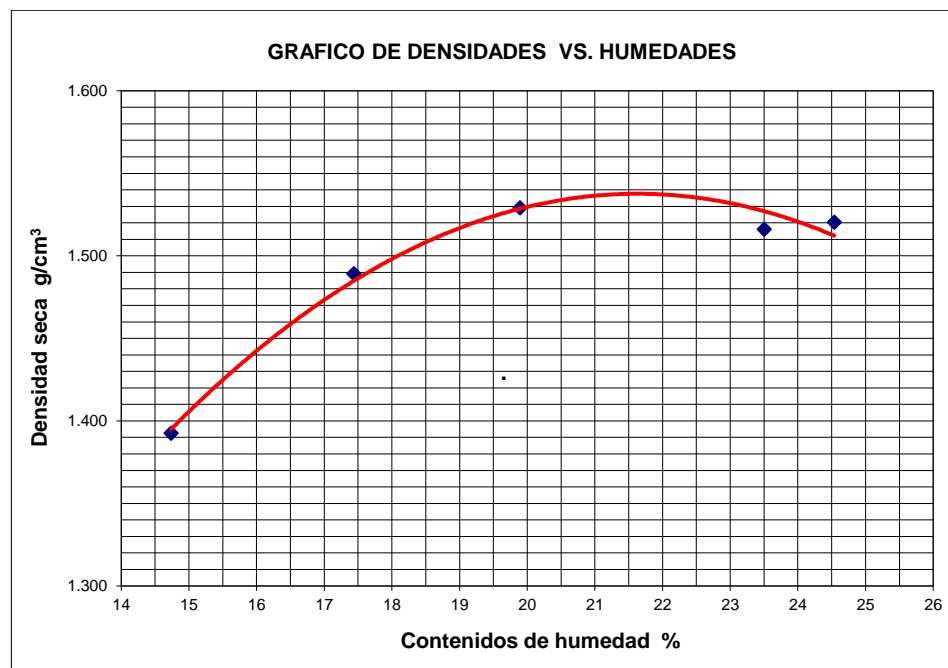


Figura n.º 84. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 252
Resultados de la calicata n.º 3 con
0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.538 g/cm³
Humedad óptima
21.62%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 253
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 4 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	130.7	89.16	100	104.6	88.42	100.9	94.73	98.72	84.32	98.32
Rec + suelo seco	g	126.4	85.36	96.32	102.4	83.65	98.36	86.32	90.36	80.3	93.21
Peso del recipiente	g	96.65	59.65	75.36	89.65	58.65	85.36	48.69	52.36	63.54	71.36
Peso del suelo seco	g	29.71	25.71	20.96	12.71	25.00	13.00	37.63	38.00	16.76	21.85
Peso del agua	g	4.30	3.80	3.70	2.20	4.77	2.49	8.41	8.36	4.02	5.11
Contenido de Humedad	%	14.47	14.78	17.65	17.31	19.08	19.15	22.35	22.00	23.99	23.39
Humedad promedio	%	14.63		17.48		19.12		22.17		23.69	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 254
Determinación de la densidad de la calicata n.º 4 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12753.00	13346.00	13685.00	13786.00	13842.00
Peso del suelo húmedo	g	4817.00	5410.00	5749.00	5850.00	5906.00
Humedad calculada	%	14.63	17.48	19.12	22.17	23.69
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.515	1.702	1.808	1.840	1.858
Densidad seca	g/cm ³	1.322	1.448	1.518	1.506	1.502

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

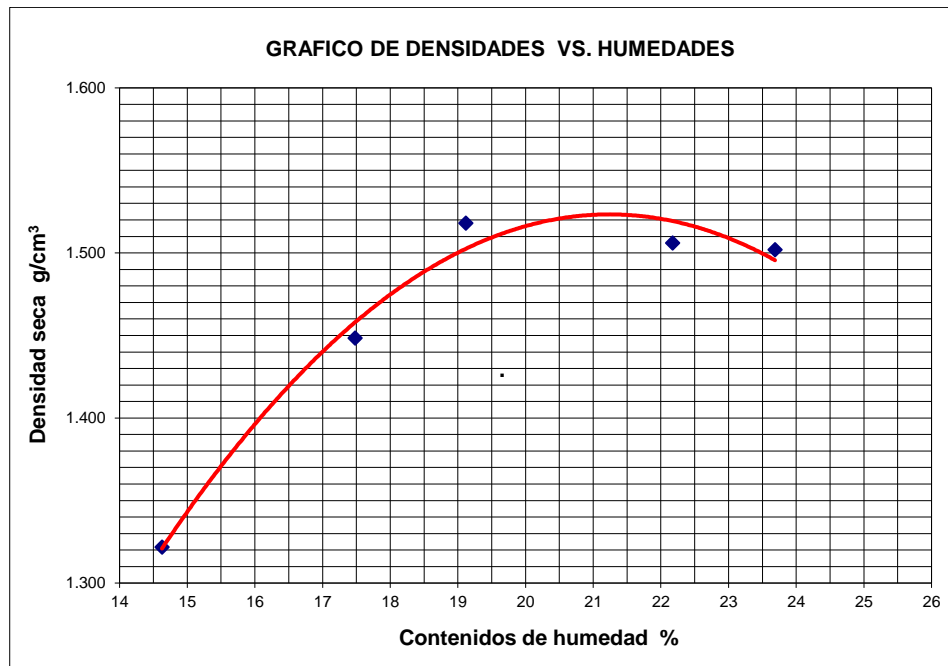


Figura n.º 85. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 4 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 255
 Resultados de la calicata n.º 4 con
 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.523 g/cm³
Humedad óptima
21.30%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 256

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 5 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	109.1	117.46	114.6	86.78	83.95	73.12	94.68	127	96.01	102.7
Rec + suelo seco	g	105.2	113.86	110.4	82.36	78.23	67.36	90.36	121.4	89.36	96.02
Peso del recipiente	g	80.46	90.49	86.49	56.64	49.68	38.96	71.49	96.32	63.78	70.33
Peso del suelo seco	g	24.77	23.37	23.89	25.72	28.55	28.40	18.87	25.04	25.58	25.69
Peso del agua	g	3.83	3.60	4.18	4.42	5.72	5.76	4.32	5.67	6.65	6.66
Contenido de Humedad	%	15.46	15.40	17.50	17.19	20.04	20.28	22.89	22.64	26.00	25.92
Humedad promedio	%	15.43		17.34		20.16		22.77		25.96	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 257

Determinación de la densidad de la calicata n.º 5 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13423.00	13995.00	14293.00	14479.00	14580.00
Peso del suelo húmedo	g	5487.00	6059.00	6357.00	6543.00	6644.00
Humedad calculada	%	15.43	17.34	20.16	22.77	25.96
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.726	1.906	2.000	2.058	2.090
Densidad seca	g/cm ³	1.495	1.624	1.664	1.676	1.659

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

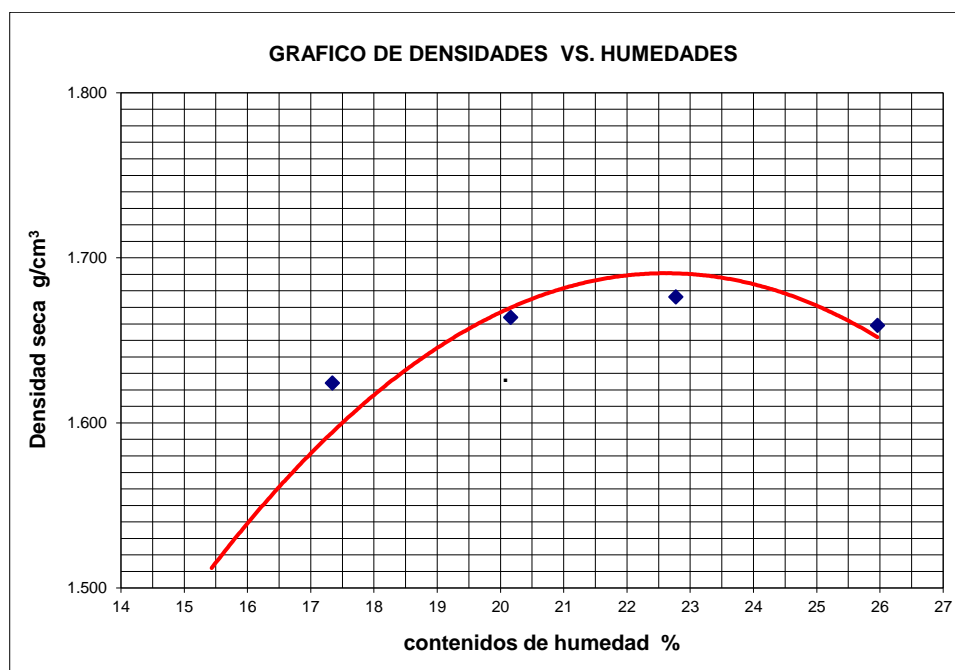


Figura n.º 86. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 5 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 258
Resultados de la calicata n.º 5 con
0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.691 g/cm³
Humedad óptima
22.61%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 259
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	85.65	80.64	96.65	94.21	90.91	98.81	111.7	103.6	105.8	100.8
Rec + suelo seco	g	81.49	76.45	91.54	89.91	83.96	94.35	105.7	96.34	99.42	94.35
Peso del recipiente	g	53.98	49.32	62.48	65.92	49.58	72.65	79.34	64.36	75.68	70.44
Peso del suelo seco	g	27.51	27.13	29.06	23.99	34.38	21.70	26.35	31.98	23.74	23.91
Peso del agua	g	4.16	4.19	5.11	4.30	6.95	4.46	6.03	7.29	6.33	6.41
Contenido de Humedad	%	15.12	15.44	17.58	17.92	20.20	20.55	22.88	22.80	26.66	26.81
Humedad promedio	%	15.28		17.75		20.38		22.84		26.74	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 260
Determinación de la densidad de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13501.00	14043.00	14318.00	14499.00	14594.00
Peso del suelo húmedo	g	5565.00	6107.00	6382.00	6563.00	6658.00
Humedad calculada	%	15.28	17.75	20.38	22.84	26.74
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.750	1.921	2.007	2.064	2.094
Densidad seca	g/cm ³	1.518	1.631	1.668	1.680	1.652

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

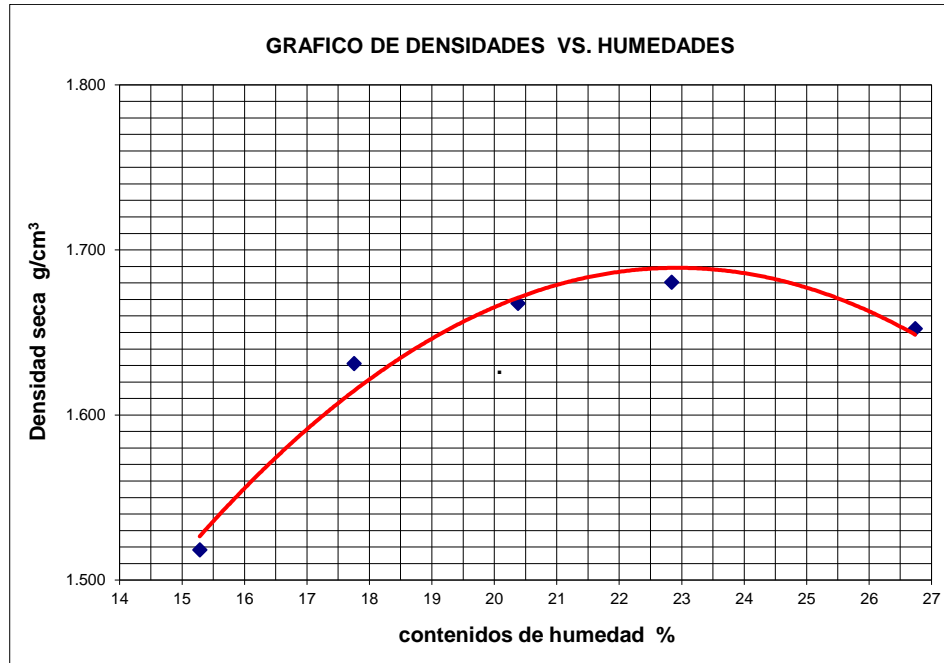


Figura n.º 87. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 261
 Resultados de la calicata n.º 6 con
 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.689 g/cm³
Humedad óptima
22.80%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 262

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 7 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	120	102.8	102	121.4	122.3	87.58	82.05	87.72	79.39	112.1
Rec + suelo seco	g	114.8	99.18	96.46	116.9	115.2	82.36	74.32	80.71	72.49	105.4
Peso del recipiente	g	80.36	75.65	65.36	91.3	80.46	56.35	40.65	50.36	46.25	79.46
Peso del suelo seco	g	34.40	23.53	31.10	25.59	34.70	26.01	33.67	30.35	26.24	25.89
Peso del agua	g	5.20	3.65	5.51	4.54	7.17	5.22	7.73	7.01	6.90	6.77
Contenido de Humedad	%	15.12	15.51	17.72	17.74	20.66	20.07	22.96	23.10	26.30	26.15
Humedad promedio	%	15.31		17.73		20.37		23.03		26.22	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 263

Determinación de la densidad de la calicata n.º 7 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13501.00	14043.00	14318.00	14499.00	14594.00
Peso del suelo húmedo	g	5565.00	6107.00	6382.00	6563.00	6658.00
Humedad calculada	%	15.31	17.73	20.37	23.03	26.22
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.750	1.921	2.007	2.064	2.094
Densidad seca	g/cm ³	1.518	1.632	1.668	1.678	1.659

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

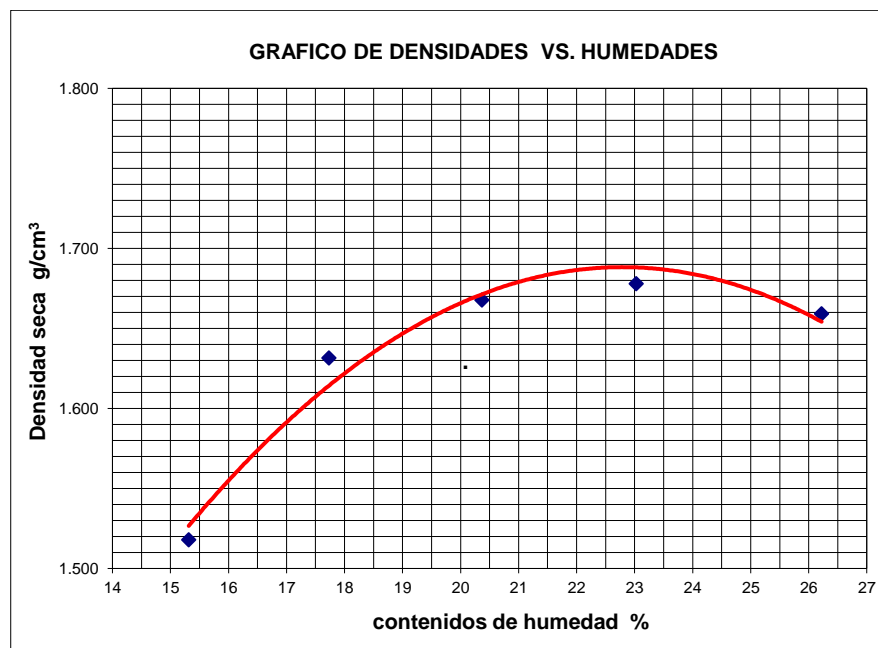


Figura n.º 88. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 7 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 264. Resultados de la calicata n.º 7 con 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.687 g/cm³
Humedad óptima
22.90%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 265
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 8 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	89.87	106.5	99.46	94.58	104.5	107.4	104.5	104.8	102.7	87.63
Rec + suelo seco	g	84.64	102.5	93.45	89.46	98.96	100.8	98.76	99.98	93.45	80.96
Peso del recipiente	g	50.26	76.42	58.42	60.75	72.55	69.48	73.45	78.86	58.42	55.77
Peso del suelo seco	g	34.38	26.08	35.03	28.71	26.41	31.35	25.31	21.12	35.03	25.19
Peso del agua	g	5.23	4.02	6.01	5.12	5.58	6.58	5.78	4.84	9.21	6.67
Contenido de Humedad	%	15.21	15.41	17.16	17.83	21.13	20.99	22.84	22.92	26.29	26.48
Humedad promedio	%	15.31		17.50		21.06		22.88		26.39	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 266
Determinación de la densidad de la calicata n.º 8 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13511.00	14052.00	14326.00	14502.00	14594.00
Peso del suelo húmedo	g	5575.00	6116.00	6390.00	6566.00	6658.00
Humedad calculada	%	15.31	17.50	21.06	22.88	26.39
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.754	1.924	2.010	2.065	2.094
Densidad seca	g/cm ³	1.521	1.637	1.660	1.681	1.657

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

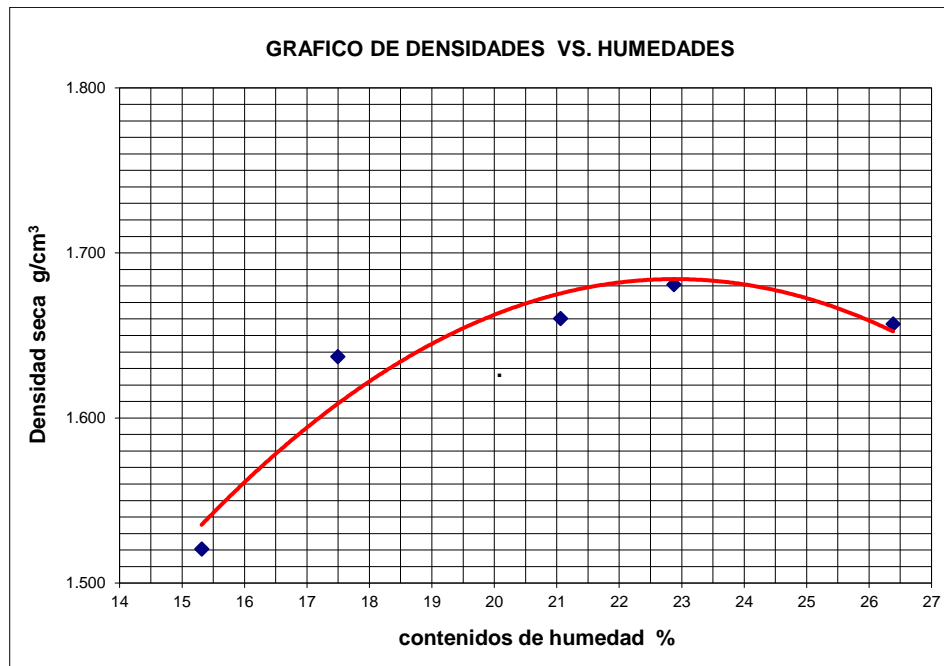


Figura n.º 89. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 8 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 267
 Resultados de la calicata n.º 8 con
 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.686 g/cm³
Humedad óptima
22.90%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

Tabla n.º 268

Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	130.7	89.16	99.72	104.5	88.72	101	94.73	98.72	84.72	98.99
Rec + suelo seco	g	126.4	85.36	96.32	102.4	83.65	98.36	86.32	90.36	80.3	93.21
Peso del recipiente	g	96.65	59.65	75.36	89.65	58.65	85.36	48.69	52.36	63.54	71.36
Peso del suelo seco	g	29.71	25.71	20.96	12.71	25.00	13.00	37.63	38.00	16.76	21.85
Peso del agua	g	4.30	3.80	3.40	2.09	5.07	2.67	8.41	8.36	4.42	5.78
Contenido de Humedad	%	14.47	14.78	16.22	16.44	20.28	20.54	22.35	22.00	26.37	26.45
Humedad promedio	%	14.63		16.33		20.41		22.17		26.41	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 269

Determinación de la densidad de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	13453.00	14003.00	14286.00	14480.00	14560.00
Peso del suelo húmedo	g	5517.00	6067.00	6350.00	6544.00	6624.00
Humedad calculada	%	14.63	16.33	20.41	22.17	26.41
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.735	1.908	1.997	2.058	2.084
Densidad seca	g/cm ³	1.514	1.640	1.659	1.685	1.648

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

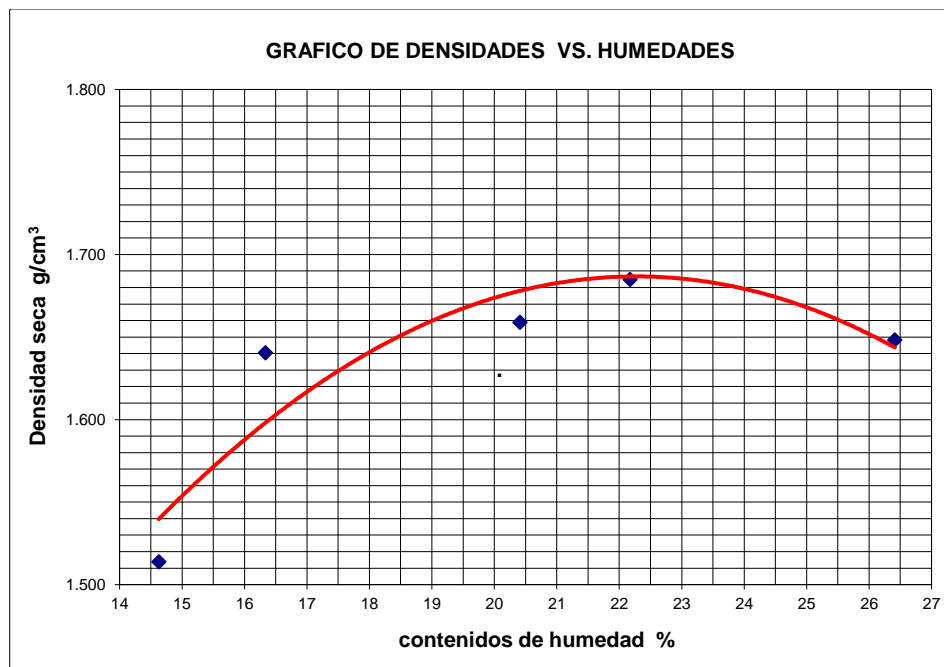


Figura n.º 90. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 270
Resultados de la calicata n.º 9 con
0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.687 g/cm³
Humedad óptima
22.30%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 271.
Determinación del contenido de humedad de la calicata n.º 10 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5					
Rec + suelo húmedo	g	62.56	67.29	94.11	93.63	146.4	105	156.7	96.71	157.8	98.89
Rec + suelo seco	g	58.75	63.36	86.78	88.53	133.8	98.63	140.1	89.98	146.5	92.36
Peso del recipiente	g	32.13	36.09	45.75	60.02	67.89	65.86	69.75	60.78	99.73	65.45
Peso del suelo seco	g	26.62	27.27	41.03	28.51	65.94	32.77	70.36	29.20	46.74	26.91
Peso del agua	g	3.81	3.93	7.33	5.10	12.60	6.40	16.61	6.73	11.29	6.53
Contenido de Humedad	%	14.31	14.41	17.86	17.89	19.11	19.53	23.61	23.05	24.15	24.27
Humedad promedio	%	14.36		17.88		19.32		23.33		24.21	

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 272
Determinación de la densidad de la calicata n.º 10 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #		1	2	3	4	5
Peso del molde + suelo húmedo	g	12863.00	13456.00	13795.00	13896.00	13952.00
Peso del suelo húmedo	g	4927.00	5520.00	5859.00	5960.00	6016.00
Humedad calculada	%	14.36	17.88	19.32	23.33	24.21
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.550	1.736	1.843	1.875	1.892
Densidad seca	g/cm ³	1.355	1.473	1.545	1.520	1.523

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

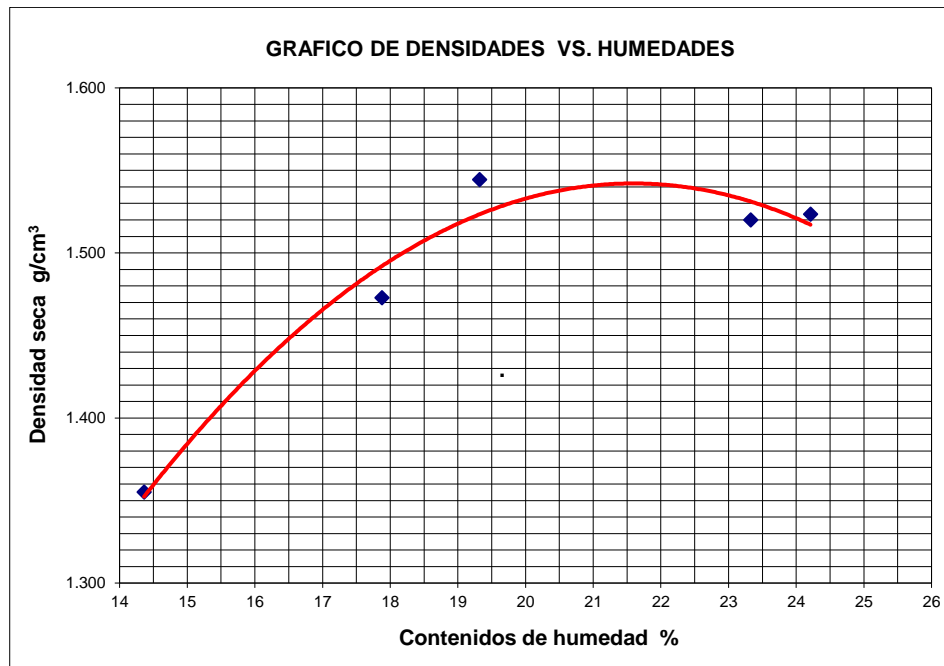


Figura n.º 91. Diagrama de contenido de humedad vs densidad seca de la calicata n.º 10 con 0.33 L/m³ de aditivo

Tabla n.º 273
 Resultados de la calicata n.º 10 con
 0.33 L/m³ de aditivo

Densidad Máxima
1.542 g/cm³
Humedad óptima
21.70%

Fuente: Base de datos
 Elaboración Propia

ANEXO n.º 21. Resultados del ensayo de CBR

Tabla n.º 274

Densidad seca de la calicata n.º 3 sin aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11170	11424	11611
Peso suelo húmedo (g)	3237	3497	3690
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad humedad(g/cm ³)	1.52	1.65	1.74
Densidad seca(g/cm ³)	1.27	1.38	1.45
Contenido de humedad (%)	19.61	19.46	19.49

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 275

Contenido de humedad de la calicata n.º 3 sin aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	98.24	87.5	99.69	98.24	102.45	116.45
Rec + suelo seco g	92.85	84.45	96.71	93.31	97.62	112.24
Peso del recipiente g	65.79	68.65	81.54	67.74	73.05	90.45
Peso del suelo seco g	27.06	15.8	15.17	25.57	24.57	21.79
Peso del agua g	5.39	3.05	2.98	4.93	4.83	4.21
Contenido de Humedad %	19.92	19.30	19.64	19.28	19.66	19.32
Humedad promedio %	19.61		19.46		19.49	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 276

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 3 sin aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	3.245	0	0.00	3.478	0	0.00	3.457	0	0.00
24	3.564	0.319	0.25	3.846	0.368	0.29	3.758	0.301	0.24
48	3.997	0.752	0.59	4.235	0.757	0.60	4.254	0.797	0.63
72	4.678	1.433	1.13	4.649	1.171	0.92	4.984	1.527	1.20
96	5.456	2.211	1.74	5.645	2.167	1.71	5.613	2.156	1.70

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 277

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 3 sin aditivo

12 GOLPES POR CAPA					25 GOLPES POR CAPA					56 GOLPES POR CAPA				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.42	0.001932	0.22	0.025	0.64	0.64	0.001932	0.33	0.025	0.64	0.86	0.001932	0.445
0.05	1.27	0.61	0.001932	0.32	0.050	1.27	0.92	0.001932	0.48	0.05	1.27	1.28	0.001932	0.663
0.075	1.91	0.75	0.001932	0.39	0.075	1.91	1.14	0.001932	0.59	0.075	1.91	1.58	0.001932	0.818
0.1	2.54	0.79	0.001932	0.41	0.100	2.54	1.32	0.001932	0.68	0.1	2.54	1.72	0.001932	0.890
0.125	3.18	0.87	0.001932	0.45	0.125	3.18	1.42	0.001932	0.73	0.125	3.18	1.95	0.001932	1.009
0.15	3.81	0.95	0.001932	0.49	0.150	3.81	1.53	0.001932	0.79	0.15	3.81	2.1	0.001932	1.087
0.175	4.45	1	0.001932	0.52	0.175	4.45	1.6	0.001932	0.83	0.175	4.45	2.23	0.001932	1.154
0.2	5.08	1.09	0.001932	0.56	0.200	5.08	1.72	0.001932	0.89	0.2	5.08	2.3	0.001932	1.190
0.3	7.62	1.37	0.001932	0.71	0.300	7.62	1.82	0.001932	0.94	0.3	7.62	2.74	0.001932	1.418
0.4	10.16	1.47	0.001932	0.76	0.400	10.16	1.93	0.001932	1.00	0.4	10.16	3.05	0.001932	1.579
0.5	12.7	1.56	0.001932	0.81	0.500	12.70	2.01	0.001932	1.04	0.5	12.7	3.3	0.001932	1.708

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.41	6.9	5.93
12	0.2	0.56	10.3	5.48
25	0.1	0.68	6.9	9.90
25	0.2	0.89	10.3	8.64
56	0.1	0.89	6.9	12.90
56	0.2	1.19	10.3	11.56

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

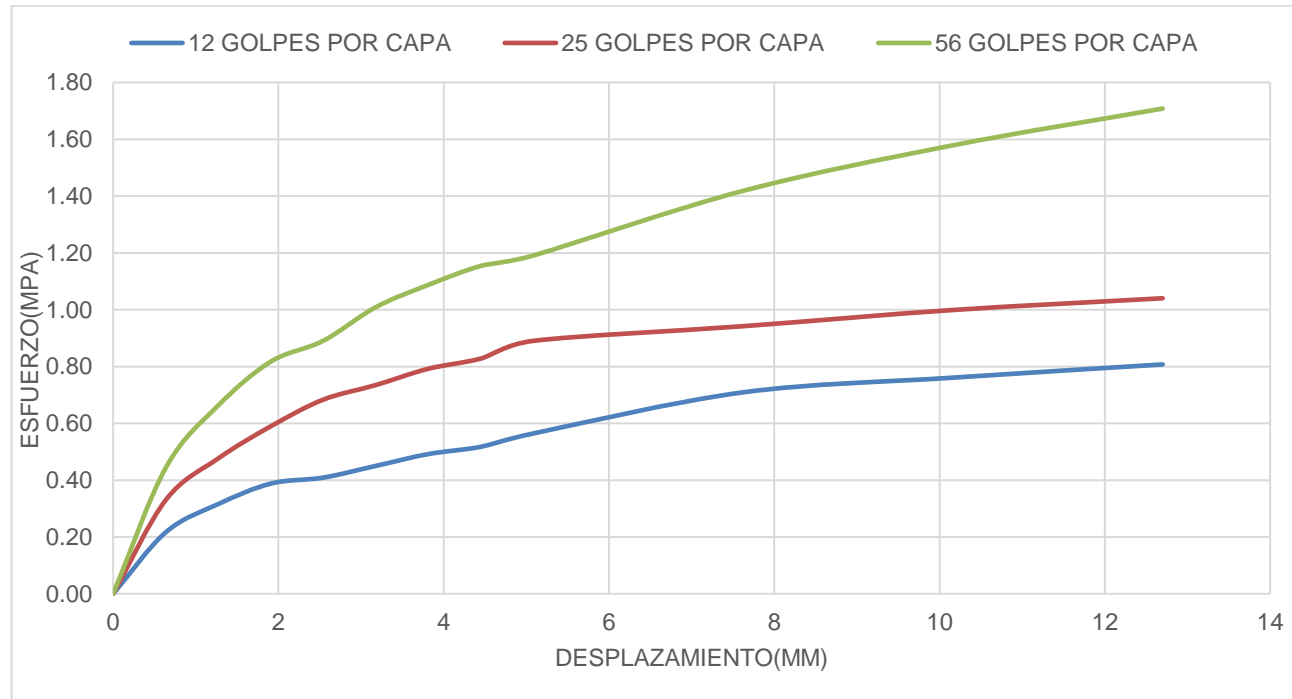


Figura n.º 92. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 278.

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 3 sin aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.27	5.93	5.48
25	1.38	9.90	8.64
56	1.45	12.90	11.56

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

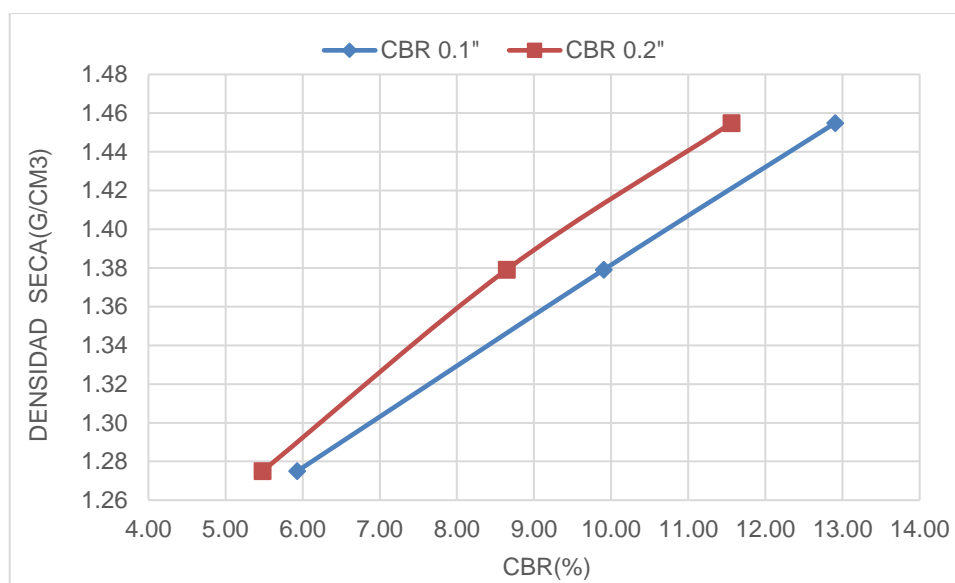


Figura n.º 93. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 279

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 3 sin aditivo

M.D.S	1.37	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.302	g/cm ³
C.B.R. (M.D.S) 0.1"	6.9	%
C.B.R. (M.D.S) 0.2"	6.1	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 280
Densidad seca de la calicata n.º 6 sin aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11878	12128	12184
Peso suelo húmedo (g)	3951	4193	4263
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.86	1.98	2.01
Densidad seca(g/cm ³)	1.61	1.70	1.74
Contenido de humedad (%)	15.94	16.03	15.63

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 281
Contenido de humedad de la calicata n.º 6 sin aditivo

Muestra #		12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo	g	95.24	79.40	101.75	98.16	98.45	118.34
Rec + suelo seco	g	92.60	76.79	97.61	94.00	94.28	113.35
Peso del recipiente	g	76.00	60.00	71.34	67.74	68.00	80.86
Peso del suelo seco	g	16.60	16.79	26.27	26.26	26.28	32.49
Peso del agua	g	2.64	2.61	4.14	4.16	4.17	4.99
Contenido de Humedad	%	15.90	15.54	15.76	15.84	15.87	15.36
Humedad promedio	%	15.72		15.80		15.61	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 282
Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 6 sin aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	3.173	0	0.00	3.245	0	0.00	2.465	0	0.00
24	3.426	0.253	0.20	3.654	0.409	0.32	2.698	0.233	0.18
48	3.782	0.609	0.48	3.997	0.752	0.59	3.567	1.102	0.87
72	4.254	1.081	0.85	3.434	0.189	0.15	3.874	1.409	1.11
96	4.756	1.583	1.25	4.657	1.412	1.11	4.101	1.636	1.29

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 283

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 6 sin aditivo

12 GOLPES POR CAPA					25 GOLPES POR CAPA					56 GOLPES POR CAPA				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.39	0.001932	0.20	0.025	0.64	0.45	0.001932	0.23	0.025	0.64	0.48	0.001932	0.248
0.05	1.27	0.62	0.001932	0.32	0.050	1.27	0.68	0.001932	0.35	0.05	1.27	0.71	0.001932	0.367
0.075	1.91	0.88	0.001932	0.46	0.075	1.91	0.91	0.001932	0.47	0.075	1.91	0.95	0.001932	0.492
0.1	2.54	1.01	0.001932	0.52	0.100	2.54	1.05	0.001932	0.54	0.1	2.54	1.08	0.001932	0.559
0.125	3.18	1.17	0.001932	0.61	0.125	3.18	1.20	0.001932	0.62	0.125	3.18	1.25	0.001932	0.647
0.15	3.81	1.3	0.001932	0.67	0.150	3.81	1.34	0.001932	0.69	0.15	3.81	1.36	0.001932	0.704
0.175	4.45	1.41	0.001932	0.73	0.175	4.45	1.46	0.001932	0.76	0.175	4.45	1.49	0.001932	0.771
0.2	5.08	1.49	0.001932	0.77	0.200	5.08	1.54	0.001932	0.80	0.2	5.08	1.58	0.001932	0.818
0.3	7.62	1.65	0.001932	0.85	0.300	7.62	1.69	0.001932	0.87	0.3	7.62	1.77	0.001932	0.916
0.4	10.16	1.79	0.001932	0.93	0.400	10.16	1.87	0.001932	0.97	0.4	10.16	1.9	0.001932	0.983
0.5	12.7	1.89	0.001932	0.98	0.500	12.70	1.99	0.001932	1.03	0.5	12.7	2.01	0.001932	1.040

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.52	6.9	7.58
12	0.2	0.77	10.3	7.49
25	0.1	0.54	6.9	7.88
25	0.2	0.80	10.3	7.74
56	0.1	0.56	6.9	8.10
56	0.2	0.82	10.3	7.94

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

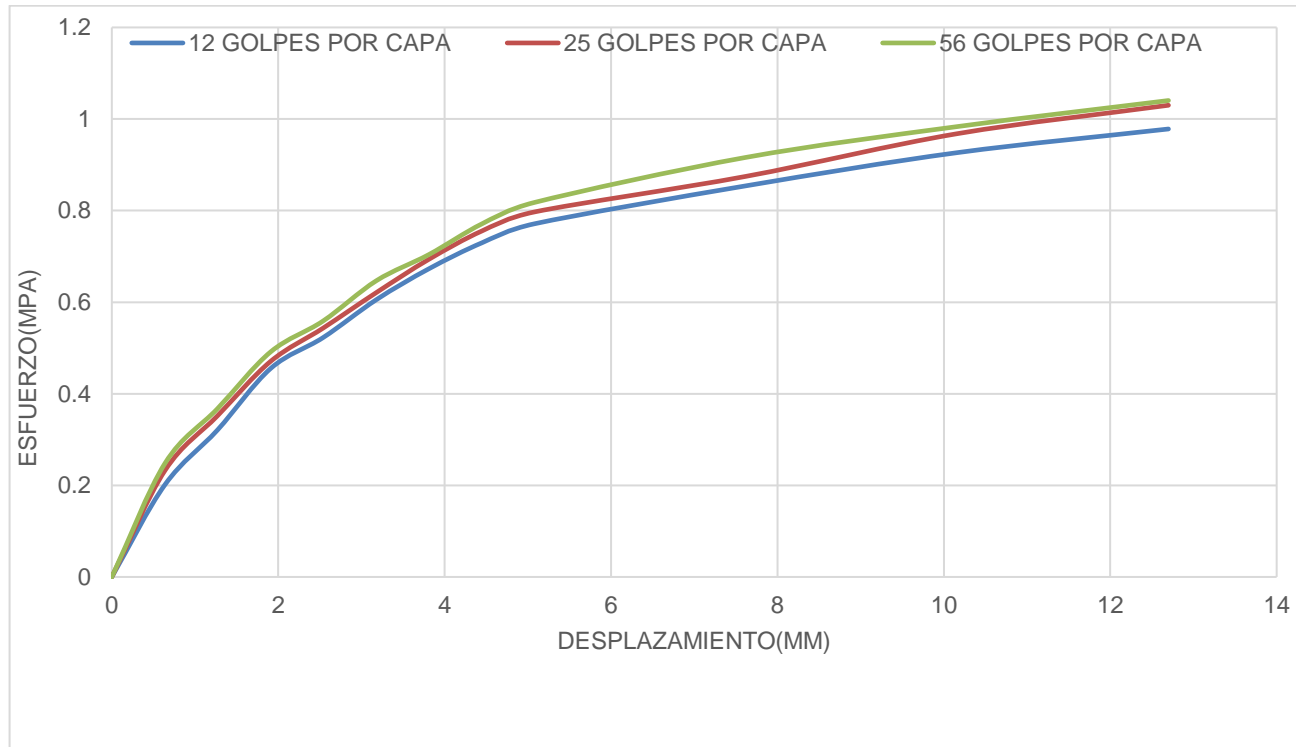


Figura n.º 94. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 284

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 6 sin aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.61	7.58	7.49
25	1.70	7.88	7.74
56	1.74	8.10	7.94

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

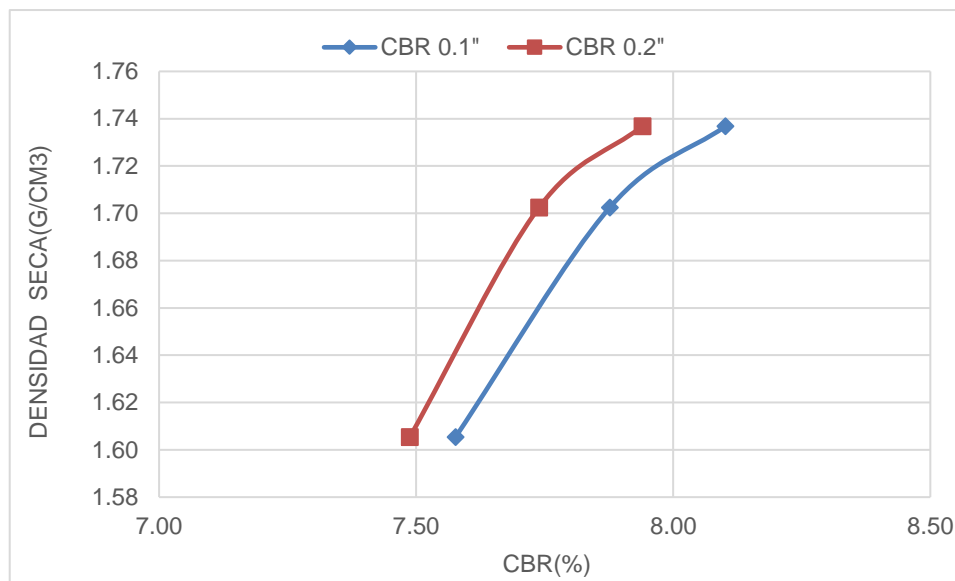


Figura n.º 95. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 285

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 6 sin aditivo

M.D.S	1.690	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.605	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	7.57	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	7.47	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 286.

Densidad seca de la calicata n.º 9 sin aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11878	12128	12184
Peso suelo húmedo (g)	3951	4193	4263
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.86	1.98	2.01
Densidad seca(g/cm ³)	1.61	1.70	1.74
Contenido de humedad (%)	15.94	16.03	15.63

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 287

Contenido de humedad de la calicata n.º 9 sin aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	85.25	79.39	101.79	96.21	98.45	108.34
Rec + suelo seco g	82.6	76.77	97.61	92.01	94.28	103.34
Peso del recipiente g	66	60	71.34	65.74	68	70.86
Peso del suelo seco g	16.6	16.77	26.27	26.27	26.28	32.48
Peso del agua g	2.65	2.62	4.18	4.2	4.17	5
Contenido de Humedad %	15.96	15.62	15.91	15.99	15.87	15.39
Humedad promedio %	15.79		15.95		15.63	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 288

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 9 sin aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	3.173	0	0.00	3.245	0	0.00	2.465	0	0.00
24	3.426	0.253	0.20	3.654	0.409	0.32	2.698	0.233	0.18
48	3.782	0.609	0.48	3.997	0.752	0.59	3.567	1.102	0.87
72	4.254	1.081	0.85	3.434	0.189	0.15	3.874	1.409	1.11
96	4.756	1.583	1.25	4.657	1.412	1.11	4.101	1.636	1.29

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 289.

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 9 sin aditivo

12 GOLPES POR CAPA					25 GOLPES POR CAPA					56 GOLPES POR CAPA				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	0.38	0.001932	0.20	0.025	0.64	0.46	0.001932	0.24	0.025	0.64	0.49	0.001932	0.254
0.05	1.27	0.63	0.001932	0.33	0.050	1.27	0.67	0.001932	0.35	0.05	1.27	0.7	0.001932	0.362
0.075	1.91	0.87	0.001932	0.45	0.075	1.91	0.92	0.001932	0.48	0.075	1.91	0.96	0.001932	0.497
0.1	2.54	1.03	0.001932	0.53	0.100	2.54	1.07	0.001932	0.55	0.1	2.54	1.16	0.001932	0.600
0.125	3.18	1.19	0.001932	0.62	0.125	3.18	1.23	0.001932	0.64	0.125	3.18	1.29	0.001932	0.668
0.15	3.81	1.32	0.001932	0.68	0.150	3.81	1.35	0.001932	0.70	0.15	3.81	1.45	0.001932	0.751
0.175	4.45	1.4	0.001932	0.72	0.175	4.45	1.47	0.001932	0.76	0.175	4.45	1.54	0.001932	0.797
0.2	5.08	1.5	0.001932	0.78	0.200	5.08	1.56	0.001932	0.81	0.2	5.08	1.64	0.001932	0.849
0.3	7.62	1.66	0.001932	0.86	0.300	7.62	1.70	0.001932	0.88	0.3	7.62	1.8	0.001932	0.932
0.4	10.16	1.81	0.001932	0.94	0.400	10.16	1.88	0.001932	0.97	0.4	10.16	1.95	0.001932	1.009
0.5	12.7	1.92	0.001932	0.99	0.500	12.70	1.97	0.001932	1.02	0.5	12.7	2.1	0.001932	1.087

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	0.53	6.9	7.73
12	0.2	0.78	10.3	7.54
25	0.1	0.55	6.9	8.03
25	0.2	0.81	10.3	7.84
56	0.1	0.60	6.9	8.70
56	0.2	0.85	10.3	8.24

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

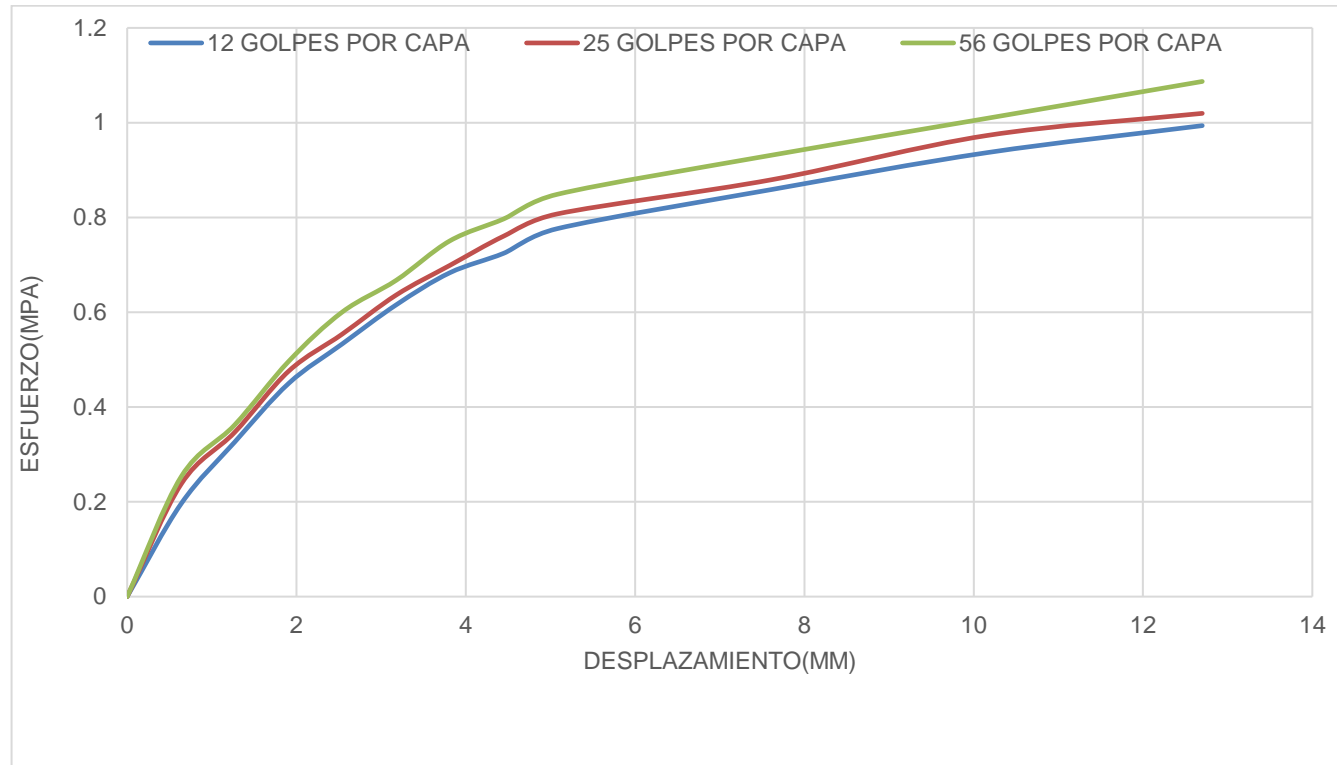


Figura n.º 96. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 290

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 9 sin aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.61	7.73	7.54
25	1.70	8.03	7.84
56	1.74	8.70	8.24

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

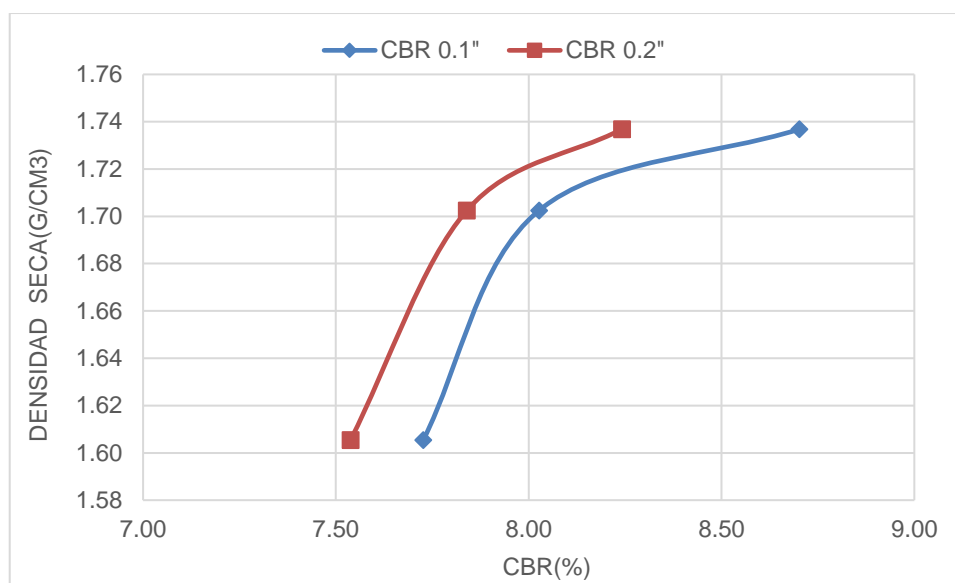


Figura n.º 97. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 291

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 9 sin aditivo

M.D.S	1.700	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.615	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	7.54	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	7.51	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 22. Resultados del ensayo CBR para el suelo con aditivo PROES

Tabla n.º 292

Densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11448	11704	11812
Peso suelo húmedo (g)	3515	3777	3891
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.66	1.78	1.83
Densidad seca(g/cm ³)	1.42	1.53	1.58
Contenido de humedad (%)	16.54	16.26	16.25

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 293

Contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo	g 78.56	79.45	108.56	99.56	97.56	102.23
Rec + suelo seco	g 76.55	77.16	106.75	97.31	95.64	100.23
Peso del recipiente	g 64.26	63.46	95.55	83.56	83.86	87.88
Peso del suelo seco	g 12.29	13.7	11.2	13.75	11.78	12.35
Peso del agua	g 2.01	2.29	1.81	2.25	1.92	2
Contenido de Humedad	% 16.35	16.72	16.16	16.36	16.30	16.19
Humedad promedio	% 16.54		16.26		16.25	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 294

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	3.245	0	0.00	2.578	0	0.00	3.421	0	0.00
24	3.544	0.299	0.24	2.846	0.268	0.21	3.758	0.337	0.27
48	3.987	0.742	0.58	3.295	0.717	0.56	4.254	0.833	0.66
72	4.542	1.297	1.02	3.619	1.041	0.82	4.425	1.004	0.79
96	5.245	2	1.57	4.515	1.937	1.53	4.895	1.474	1.16

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 295

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	3.65	0.001932	1.89	0.025	0.64	4.14	0.001932	2.14	0.025	0.64	4.84	0.001932	2.505
0.05	1.27	6.78	0.001932	3.51	0.050	1.27	7.01	0.001932	3.63	0.05	1.27	7.65	0.001932	3.960
0.075	1.91	8.67	0.001932	4.49	0.075	1.91	8.98	0.001932	4.65	0.075	1.91	9.68	0.001932	5.010
0.1	2.54	9.65	0.001932	4.99	0.100	2.54	10.69	0.001932	5.53	0.1	2.54	11.69	0.001932	6.051
0.125	3.18	10.84	0.001932	5.61	0.125	3.18	11.99	0.001932	6.21	0.125	3.18	12.98	0.001932	6.718
0.15	3.81	11.67	0.001932	6.04	0.150	3.81	13.57	0.001932	7.02	0.15	3.81	14.67	0.001932	7.593
0.175	4.45	12.59	0.001932	6.52	0.175	4.45	14.69	0.001932	7.60	0.175	4.45	15.69	0.001932	8.121
0.2	5.08	13.68	0.001932	7.08	0.200	5.08	15.46	0.001932	8.00	0.2	5.08	16.68	0.001932	8.634
0.3	7.62	14.97	0.001932	7.75	0.300	7.62	16.84	0.001932	8.72	0.3	7.62	17.68	0.001932	9.151
0.4	10.16	15.67	0.001932	8.11	0.400	10.16	17.65	0.001932	9.14	0.4	10.16	18.98	0.001932	9.824
0.5	12.7	16.57	0.001932	8.58	0.500	12.70	18.09	0.001932	9.36	0.5	12.7	19.45	0.001932	10.067

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.99	6.9	72.39
12	0.2	7.08	10.3	68.75
25	0.1	5.53	6.9	80.19
25	0.2	8.00	10.3	77.69
56	0.1	6.05	6.9	87.69
56	0.2	8.63	10.3	83.82

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

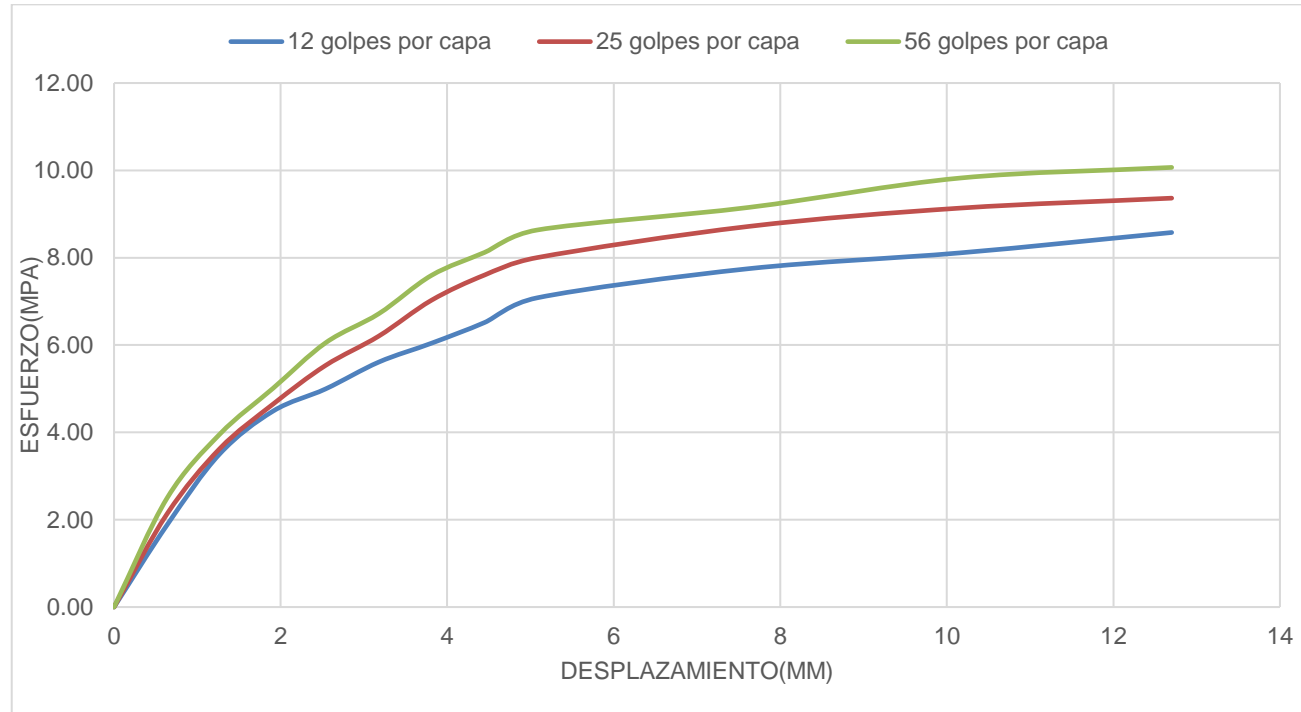


Figura n.º 98. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 296

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.42	72.39	68.75
25	1.53	80.19	77.69
56	1.58	87.69	83.82

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

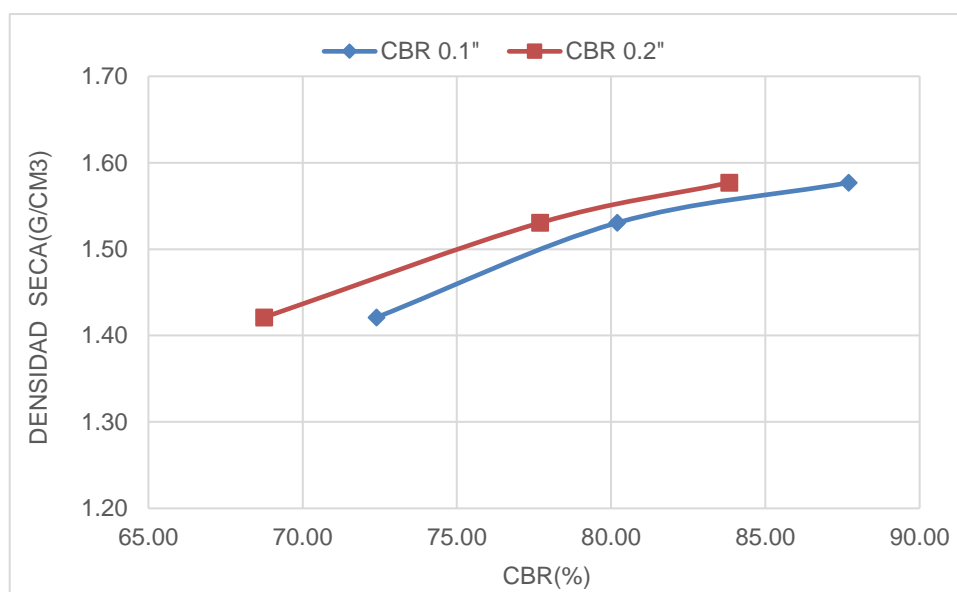


Figura n.º 99. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 297

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 3 con 0.23 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.573	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.494	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	78.4	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	75.1	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 298

Densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11957	12168	12308
Peso suelo húmedo (g)	4030	4233	4387
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.90	1.99	2.07
Densidad seca(g/cm ³)	1.59	1.67	1.73
Contenido de humedad (%)	19.57	19.54	19.44

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 299

Contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #		12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo	g	89.43	89.87	112.87	97.38	109.67	117.51
Rec + suelo seco	g	85.73	86.59	109.48	94.32	105.56	113.89
Peso del recipiente	g	66.78	69.87	92.21	78.59	84.32	95.35
Peso del suelo seco	g	18.95	16.72	17.27	15.73	21.24	18.54
Peso del agua	g	3.70	3.28	3.39	3.06	4.11	3.62
Contenido de Humedad	%	19.53	19.62	19.63	19.45	19.35	19.53
Humedad promedio	%	19.57		19.54		19.44	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 300

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	2.165	0	0.00	3.657	0	0.00	1.457	0	0.00
24	2.367	0.202	0.16	3.856	0.199	0.16	1.687	0.23	0.18
48	2.689	0.524	0.41	4.321	0.664	0.52	2.654	1.197	0.94
72	3.265	1.1	0.87	4.792	1.135	0.89	3.159	1.702	1.34
96	3.895	1.73	1.36	5.365	1.708	1.34	3.198	1.741	1.37

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 301

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 6 con 0.23 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	3.75	0.001932	1.94	0.025	0.64	4.68	0.001932	2.42	0.025	0.64	4.81	0.001932	2.490
0.05	1.27	6.21	0.001932	3.21	0.050	1.27	6.81	0.001932	3.52	0.05	1.27	7.09	0.001932	3.670
0.075	1.91	8.82	0.001932	4.57	0.075	1.91	9.21	0.001932	4.77	0.075	1.91	9.49	0.001932	4.912
0.1	2.54	10.1	0.001932	5.23	0.100	2.54	10.52	0.001932	5.45	0.1	2.54	10.82	0.001932	5.600
0.125	3.18	11.7	0.001932	6.06	0.125	3.18	12.06	0.001932	6.24	0.125	3.18	12.53	0.001932	6.486
0.15	3.81	12.78	0.001932	6.61	0.150	3.81	13.54	0.001932	7.01	0.15	3.81	13.65	0.001932	7.065
0.175	4.45	13.68	0.001932	7.08	0.175	4.45	14.56	0.001932	7.54	0.175	4.45	14.95	0.001932	7.738
0.2	5.08	14.56	0.001932	7.54	0.200	5.08	15.40	0.001932	7.97	0.2	5.08	15.81	0.001932	8.183
0.3	7.62	16.12	0.001932	8.34	0.300	7.62	16.85	0.001932	8.72	0.3	7.62	17.51	0.001932	9.063
0.4	10.16	17.92	0.001932	9.28	0.400	10.16	18.26	0.001932	9.45	0.4	10.16	18.65	0.001932	9.653
0.5	12.7	18.79	0.001932	9.73	0.500	12.70	19.67	0.001932	10.18	0.5	12.7	19.89	0.001932	10.295

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.23	6.9	75.76
12	0.2	7.54	10.3	73.17
25	0.1	5.45	6.9	78.91
25	0.2	7.97	10.3	77.39
56	0.1	5.60	6.9	81.17
56	0.2	8.18	10.3	79.45

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

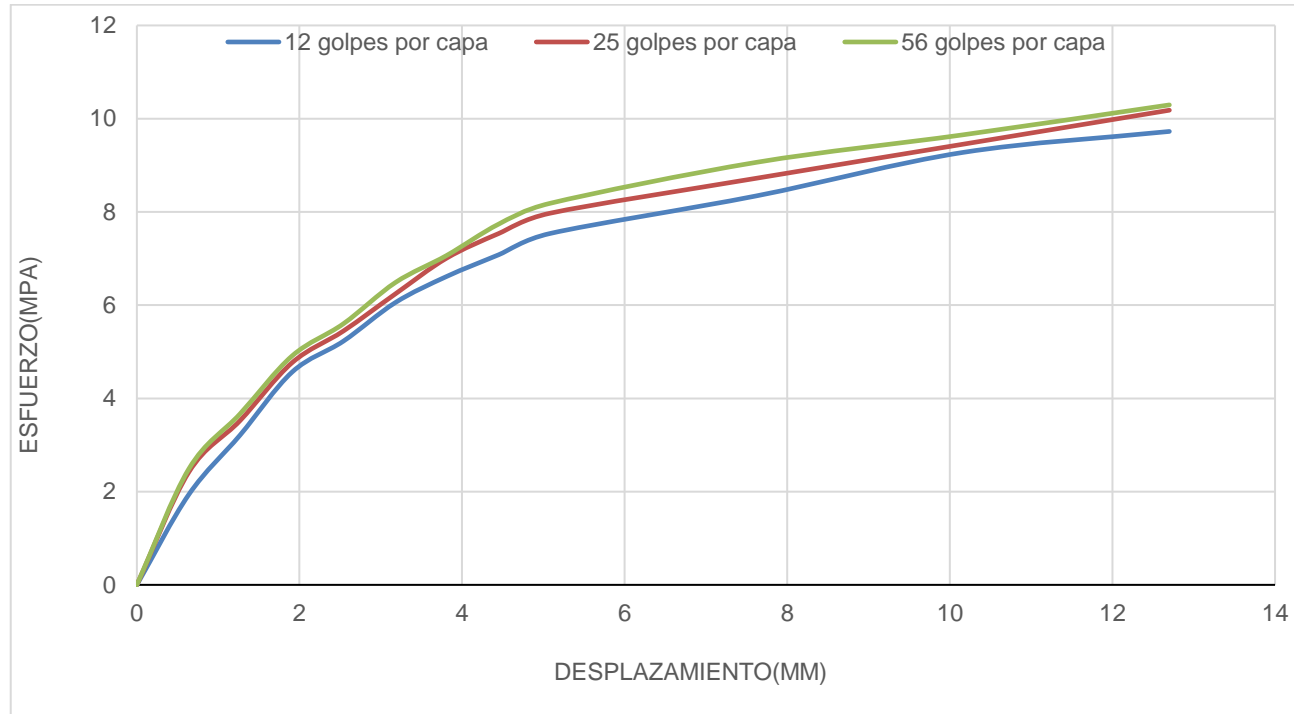


Figura n.º 100. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 302
 Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 6 con 0.23
 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.59	75.76	73.17
25	1.67	78.91	77.39
56	1.73	81.17	79.45

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

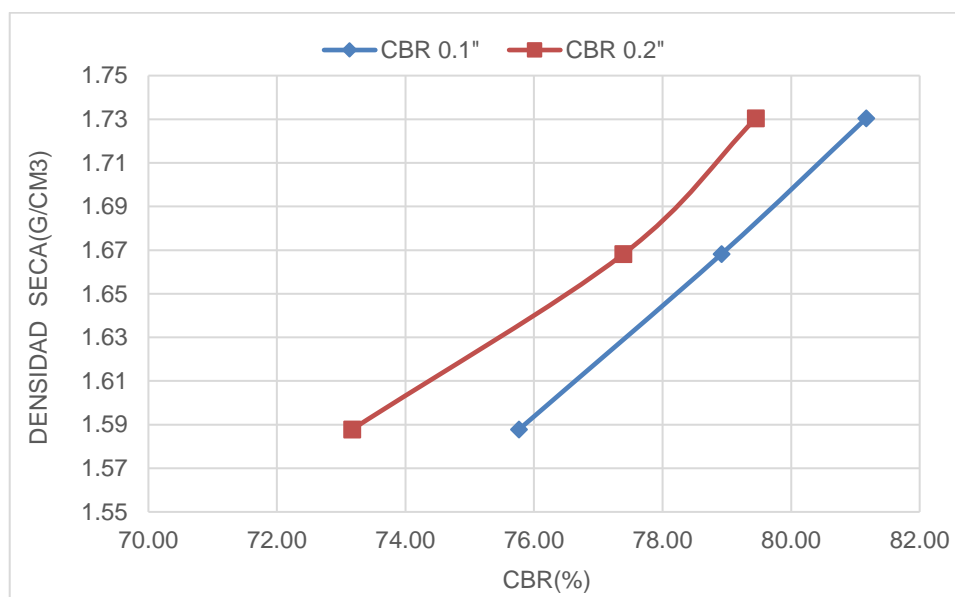


Figura n.º 101. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 303
 Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 6 con 0.23
 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.741	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.654	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	78.1	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	75.8	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 304

Densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11896	12187	12365
Peso suelo húmedo (g)	3969	4252	4444
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.87	2.00	2.09
Densidad seca(g/cm ³)	1.58	1.69	1.77
Contenido de humedad (%)	18.44	18.36	18.24

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 305

Contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	89.67	96.42	113.07	89.65	107.65	97.68
Rec + suelo seco g	87.38	93.68	111.02	87.24	105.37	95.21
Peso del recipiente g	74.96	78.83	99.83	74.14	92.86	81.68
Peso del suelo seco g	12.42	14.85	11.19	13.1	12.51	13.53
Peso del agua g	2.29	2.74	2.05	2.41	2.28	2.47
Contenido de Humedad %	18.44	18.45	18.32	18.40	18.23	18.26
Humedad promedio %	18.44	18.36	18.24			

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 306

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	3.173	0	0.00	3.239	0	0.00	2.462	0	0.00
24	3.426	0.253	0.20	3.654	0.415	0.33	2.698	0.236	0.19
48	3.782	0.609	0.48	3.995	0.756	0.60	3.568	1.106	0.87
72	4.254	1.081	0.85	3.433	0.194	0.15	3.874	1.412	1.11
96	4.845	1.672	1.32	4.765	1.526	1.20	4.221	1.759	1.39

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 307

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00
0.03	0.64	3.81	0.001932	1.97	0.025	0.64	4.19	0.001932	2.17	0.03	0.64	4.87	0.001932	2.52
0.05	1.27	6.29	0.001932	3.26	0.050	1.27	6.69	0.001932	3.46	0.05	1.27	7.20	0.001932	3.73
0.08	1.91	8.67	0.001932	4.49	0.075	1.91	9.32	0.001932	4.82	0.08	1.91	9.58	0.001932	4.96
0.10	2.54	10.30	0.001932	5.33	0.100	2.54	10.72	0.001932	5.55	0.10	2.54	11.59	0.001932	6.00
0.13	3.18	11.89	0.001932	6.15	0.125	3.18	12.31	0.001932	6.37	0.13	3.18	12.93	0.001932	6.69
0.15	3.81	13.19	0.001932	6.83	0.150	3.81	13.52	0.001932	7.00	0.15	3.81	14.47	0.001932	7.49
0.18	4.45	14.02	0.001932	7.26	0.175	4.45	14.71	0.001932	7.61	0.18	4.45	15.39	0.001932	7.97
0.20	5.08	15.01	0.001932	7.77	0.200	5.08	15.61	0.001932	8.08	0.20	5.08	16.64	0.001932	8.61
0.30	7.62	16.59	0.001932	8.59	0.300	7.62	17.02	0.001932	8.81	0.30	7.62	18.31	0.001932	9.48
0.40	10.16	18.10	0.001932	9.37	0.400	10.16	18.79	0.001932	9.73	0.40	10.16	19.49	0.001932	10.09
0.50	12.70	19.20	0.001932	9.94	0.500	12.70	19.65	0.001932	10.17	0.50	12.70	20.98	0.001932	10.86

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.33	6.9	77.26
12	0.2	7.77	10.3	75.43
25	0.1	5.55	6.9	80.42
25	0.2	8.08	10.3	78.44
56	0.1	6.00	6.9	86.94
56	0.2	8.61	10.3	83.62

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

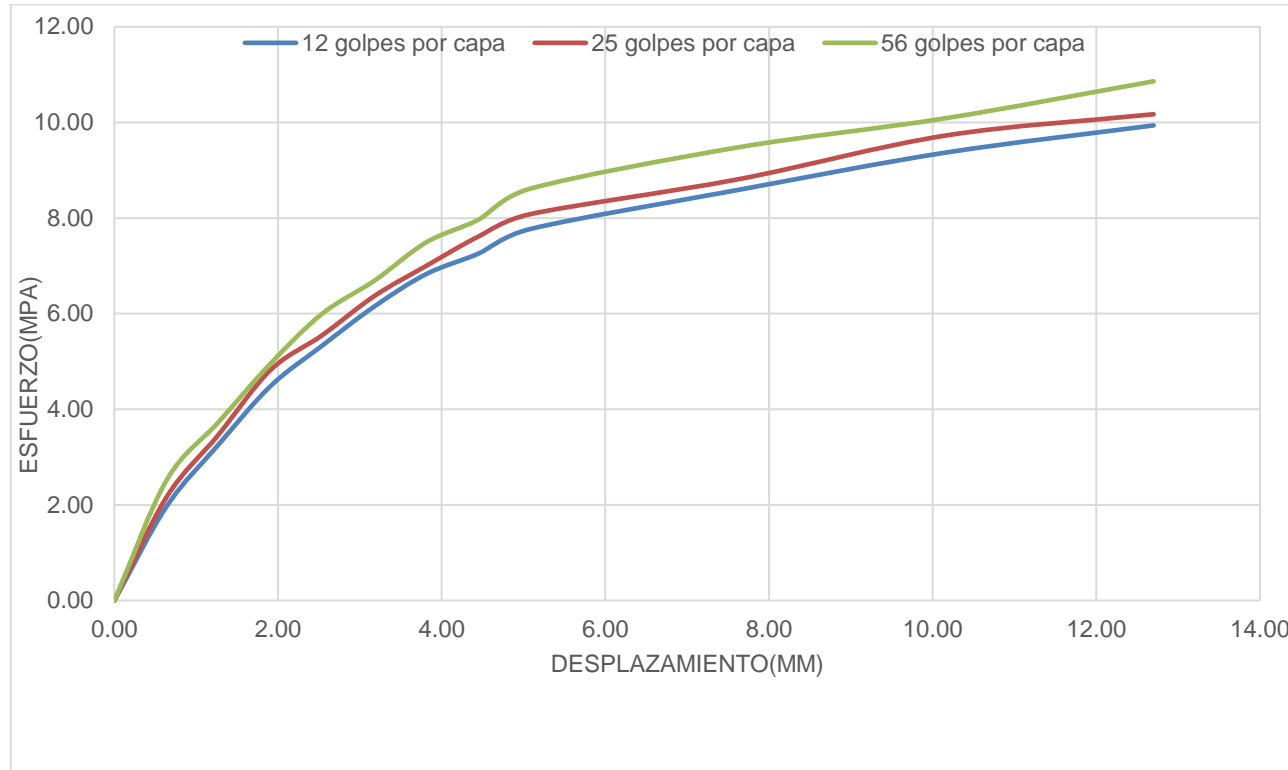


Figura n.º 102. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 308
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.58	77.26	75.43
25	1.69	80.42	78.44
56	1.77	86.94	83.62

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

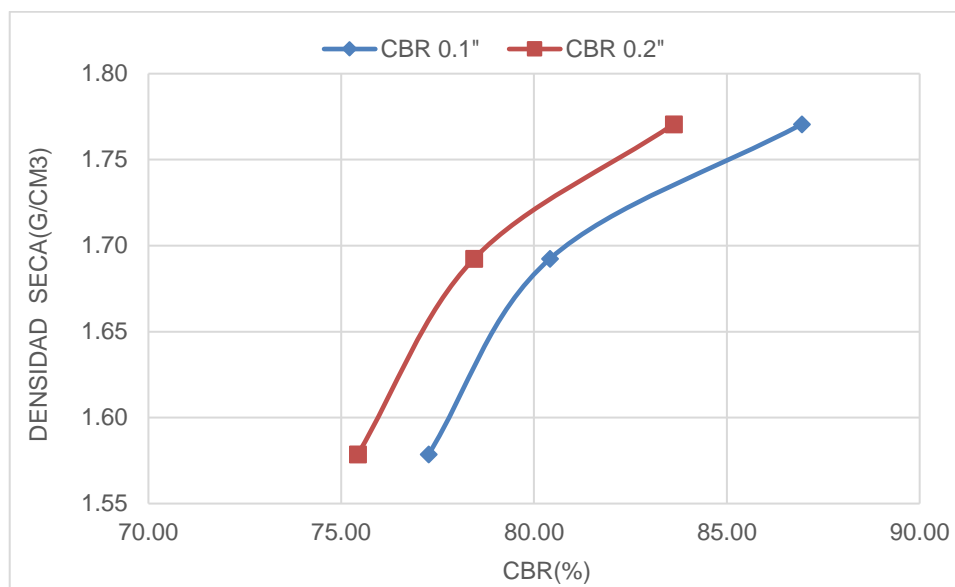


Figura n.º 103. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 309
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 9 con 0.23 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.748	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.661	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	78.4	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	76.2	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 310

Densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11728	11902	12181
Peso suelo húmedo (g)	3795	3975	4260
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.79	1.87	2.01
Densidad seca(g/cm ³)	1.51	1.58	1.69
Contenido de humedad (%)	18.48	18.56	18.60

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 311

Contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	81.24	79.85	99.45	84.67	84.45	97.45
Rec + suelo seco g	79.01	77.68	97.12	82.14	82.19	95.36
Peso del recipiente g	67.1	65.78	84.62	68.45	70.01	84.15
Peso del suelo seco g	11.91	11.9	12.5	13.69	12.18	11.21
Peso del agua g	2.23	2.17	2.33	2.53	2.26	2.09
Contenido de Humedad %	18.72	18.24	18.64	18.48	18.56	18.64
Humedad promedio %	18.48		18.56		18.60	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 312

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	Expansión (%)	Li (mm)	Expansión (mm)	Expansión (%)	Li (mm)	Expansión (mm)	Expansión (%)
0	1.245	0	0.00	2.578	0	0.00	3.421	0	0.00
24	1.541	0.296	0.23	2.846	0.268	0.21	3.758	0.337	0.27
48	2.754	1.509	1.19	3.295	0.717	0.56	4.254	0.833	0.66
72	2.868	1.623	1.28	3.519	0.941	0.74	4.425	1.004	0.79
96	2.967	1.722	1.36	4.215	1.637	1.29	4.752	1.331	1.05

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 313

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.69	0.001932	2.43	0.025	0.64	5.01	0.001932	2.59	0.025	0.64	5.86	0.001932	3.033
0.05	1.27	7.89	0.001932	4.08	0.050	1.27	8.26	0.001932	4.28	0.05	1.27	9.37	0.001932	4.850
0.075	1.91	10.68	0.001932	5.53	0.075	1.91	12.47	0.001932	6.45	0.075	1.91	13.68	0.001932	7.081
0.1	2.54	13.58	0.001932	7.03	0.100	2.54	14.69	0.001932	7.60	0.1	2.54	15.68	0.001932	8.116
0.125	3.18	15.67	0.001932	8.11	0.125	3.18	16.68	0.001932	8.63	0.125	3.18	17.69	0.001932	9.156
0.15	3.81	16.78	0.001932	8.69	0.150	3.81	18.01	0.001932	9.32	0.15	3.81	19.68	0.001932	10.186
0.175	4.45	17.99	0.001932	9.31	0.175	4.45	19.67	0.001932	10.18	0.175	4.45	20.87	0.001932	10.802
0.2	5.08	19.58	0.001932	10.13	0.200	5.08	21.21	0.001932	10.98	0.2	5.08	22.58	0.001932	11.687
0.3	7.62	21.59	0.001932	11.17	0.300	7.62	23.08	0.001932	11.95	0.3	7.62	24.69	0.001932	12.780
0.4	10.16	23.69	0.001932	12.26	0.400	10.16	25.17	0.001932	13.03	0.4	10.16	26.81	0.001932	13.877
0.5	12.7	25.38	0.001932	13.14	0.500	12.70	26.89	0.001932	13.92	0.5	12.7	28.64	0.001932	14.824

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	7.03	6.9	101.87
12	0.2	10.13	10.3	98.39
25	0.1	7.60	6.9	110.20
25	0.2	10.98	10.3	106.59
56	0.1	8.12	6.9	117.62
56	0.2	11.69	10.3	113.47

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

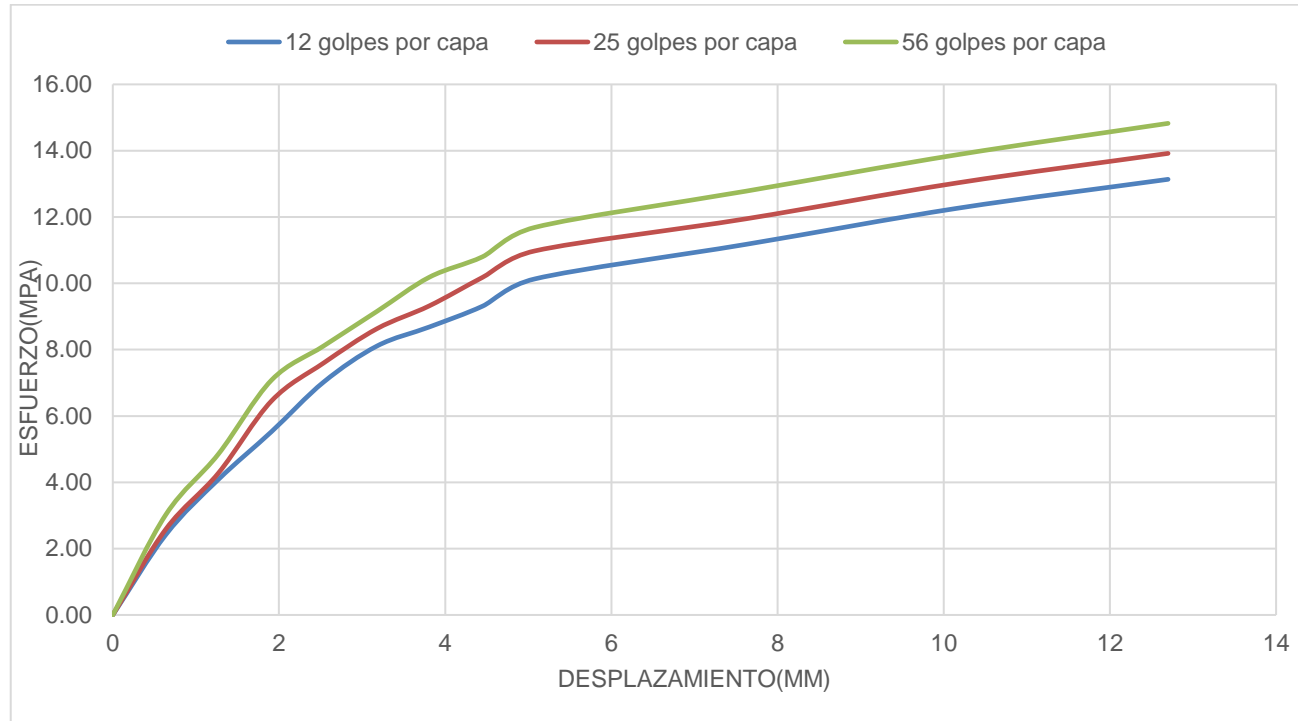


Figura n.º 104. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 314
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.51	101.87	98.39
25	1.58	110.20	106.59
56	1.69	117.62	113.47

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

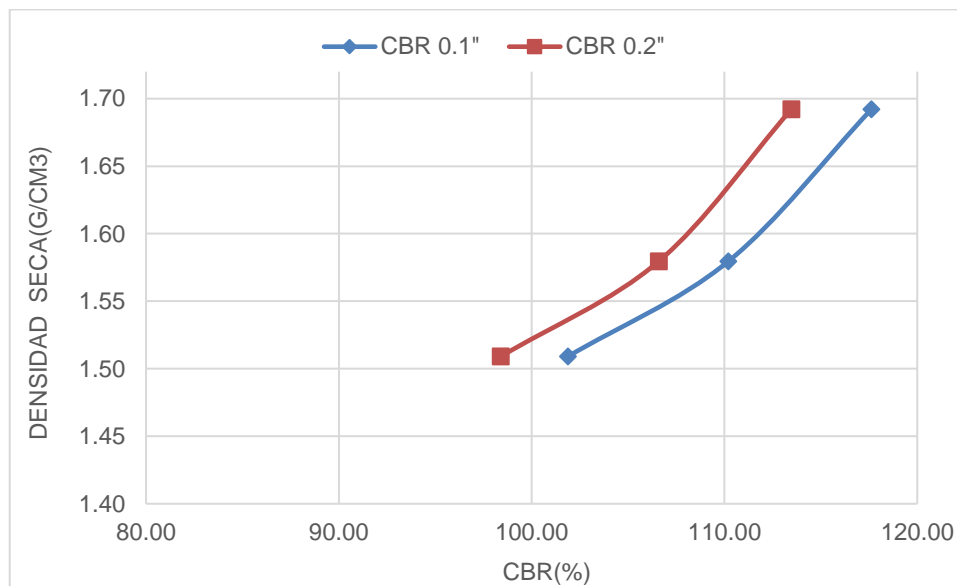


Figura n.º 105. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 315
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 3 con 0.27 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.672	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.588	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	109.8	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	106.2	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 316

Densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12218	12389	12610
Peso suelo húmedo (g)	4291	4454	4689
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	2.02	2.10	2.21
Densidad seca(g/cm ³)	1.67	1.74	1.83
Contenido de humedad (%)	20.80	20.49	20.51

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 317

Contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		12 golpes		25 golpes		56 golpes	
Rec + suelo húmedo	g	99.56	78.65	87.64	97.89	78.98	87.98
Rec + suelo seco	g	95.16	74.65	84.05	94.65	75.59	84.65
Peso del recipiente	g	74.01	55.41	66.65	78.72	58.89	68.58
Peso del suelo seco	g	21.15	19.24	17.40	15.93	16.70	16.07
Peso del agua	g	4.40	4.00	3.59	3.24	3.39	3.33
Contenido de Humedad	%	20.80	20.79	20.63	20.34	20.30	20.72
Humedad promedio	%	20.80		20.49		20.51	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 318

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	1.345	0	0.00	2.586	0	0.00	2.587	0	0.00
24	1.654	0.309	0.24	2.768	0.182	0.14	2.878	0.291	0.23
48	1.978	0.633	0.50	3.245	0.659	0.52	3.265	0.678	0.53
72	2.265	0.92	0.72	3.547	0.961	0.76	3.521	0.934	0.74
96	2.594	1.249	0.98	3.654	1.068	0.84	3.689	1.102	0.87

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 319

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.75	0.001932	2.46	0.025	0.64	5.02	0.001932	2.60	0.025	0.64	6.77	0.001932	3.504
0.05	1.27	7.15	0.001932	3.70	0.050	1.27	8.65	0.001932	4.48	0.05	1.27	11.24	0.001932	5.818
0.075	1.91	10.02	0.001932	5.19	0.075	1.91	12.21	0.001932	6.32	0.075	1.91	14.65	0.001932	7.583
0.1	2.54	12.84	0.001932	6.65	0.100	2.54	14.68	0.001932	7.60	0.1	2.54	16.45	0.001932	8.514
0.125	3.18	14.62	0.001932	7.57	0.125	3.18	16.58	0.001932	8.58	0.125	3.18	18.65	0.001932	9.653
0.15	3.81	16.39	0.001932	8.48	0.150	3.81	17.68	0.001932	9.15	0.15	3.81	20.04	0.001932	10.373
0.175	4.45	17.98	0.001932	9.31	0.175	4.45	18.92	0.001932	9.79	0.175	4.45	21.54	0.001932	11.149
0.2	5.08	18.45	0.001932	9.55	0.200	5.08	19.87	0.001932	10.28	0.2	5.08	22.65	0.001932	11.724
0.3	7.62	20.96	0.001932	10.85	0.300	7.62	21.77	0.001932	11.27	0.3	7.62	23.86	0.001932	12.350
0.4	10.16	21.89	0.001932	11.33	0.400	10.16	22.65	0.001932	11.72	0.4	10.16	24.65	0.001932	12.759
0.5	12.7	22.87	0.001932	11.84	0.500	12.70	23.43	0.001932	12.13	0.5	12.7	25.8	0.001932	13.354

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	6.65	6.9	96.32
12	0.2	9.55	10.3	92.72
25	0.1	7.60	6.9	110.12
25	0.2	10.28	10.3	99.85
56	0.1	8.51	6.9	123.40
56	0.2	11.72	10.3	113.82

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

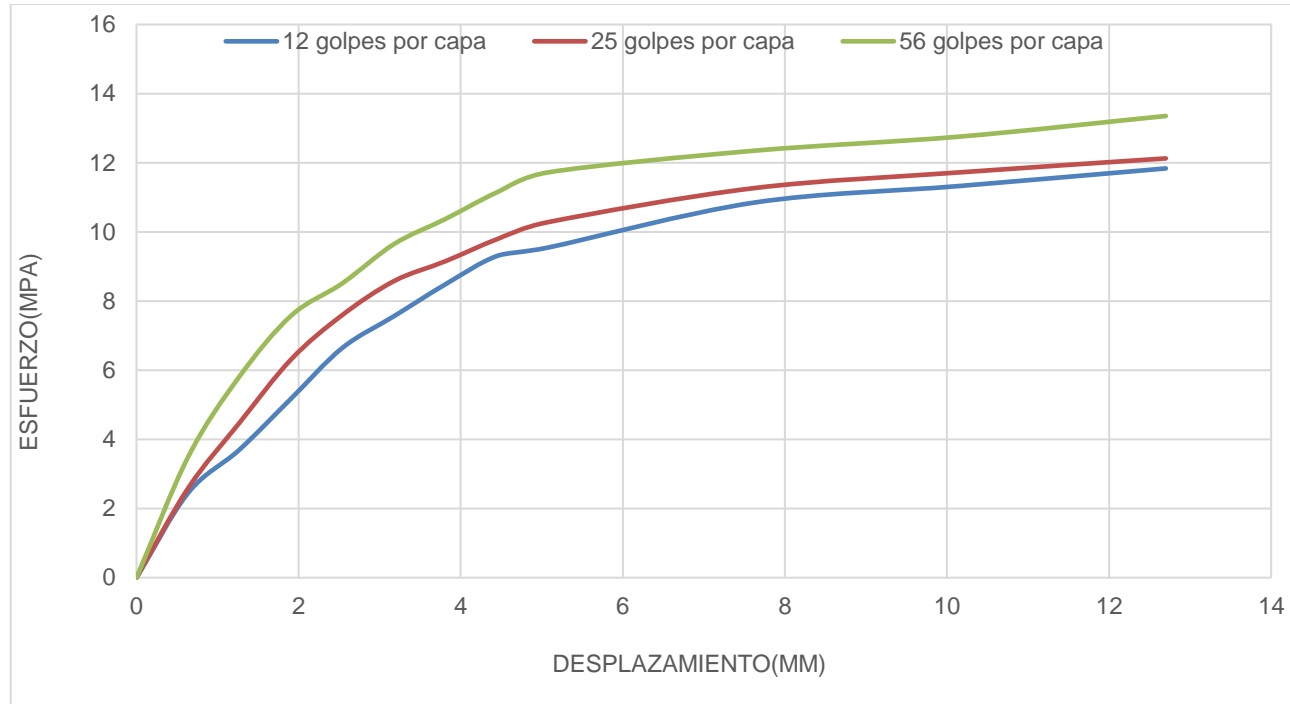


Figura n.º 106. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 320

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.67	96.32	92.72
25	1.74	110.12	99.85
56	1.83	123.40	113.82

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

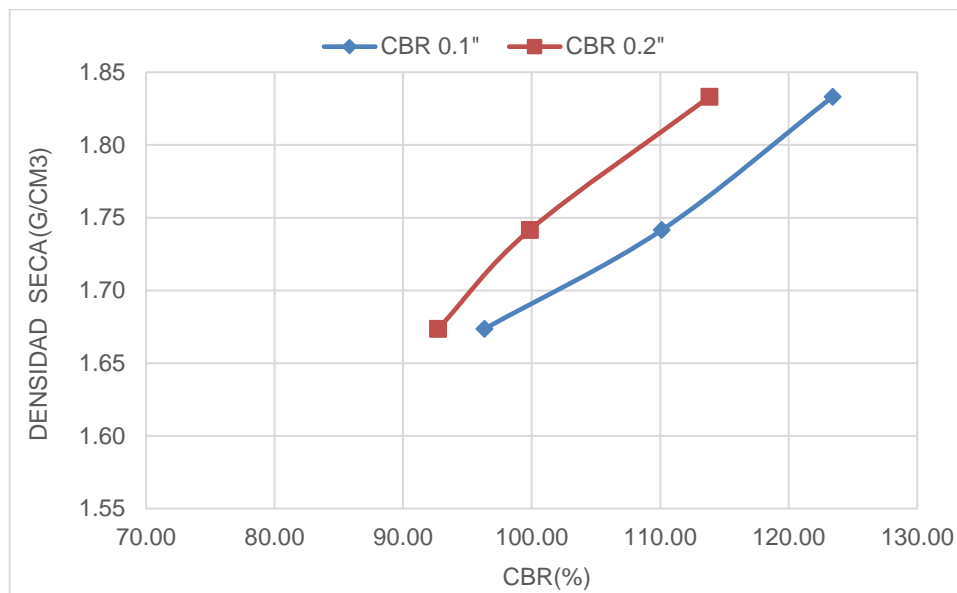


Figura n.º 107. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 321

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 6 con 0.27 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.871	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.777	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	116.4	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	107.3	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 322

Densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12151	12359	12650
Peso suelo húmedo (g)	4224	4424	4729
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.99	2.08	2.23
Densidad seca(g/cm ³)	1.65	1.72	1.85
Contenido de humedad (%)	20.72	20.85	20.72

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 323

Contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

Muestra #		12 golpes	25 golpes	56 golpes			
Rec + suelo húmedo	g	98.65	88.64	89.65	94.65	87.95	84.69
Rec + suelo seco	g	95.45	84.65	84.98	90.62	84.36	79.89
Peso del recipiente	g	80.00	65.40	62.51	71.35	67.12	56.63
Peso del suelo seco	g	15.45	19.25	22.47	19.27	17.24	23.26
Peso del agua	g	3.20	3.99	4.67	4.03	3.59	4.80
Contenido de Humedad	%	20.71	20.73	20.78	20.91	20.80	20.64
Humedad promedio	%	20.72		20.85		20.72	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 324

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	2.365	0	0.00	2.457	0	0.00	3.045	0	0.00
24	2.651	0.286	0.23	2.699	0.242	0.19	3.247	0.202	0.16
48	2.895	0.53	0.42	2.854	0.397	0.31	3.658	0.613	0.48
72	3.254	0.889	0.70	3.214	0.757	0.60	3.864	0.819	0.64
96	3.524	1.159	0.91	3.547	1.09	0.86	3.996	0.951	0.75

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 325

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 9 con 0.27 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	4.81	0.001932	2.49	0.025	0.64	5.01	0.001932	2.59	0.025	0.64	6.74	0.001932	3.489
0.05	1.27	7.16	0.001932	3.71	0.050	1.27	8.66	0.001932	4.48	0.05	1.27	11.13	0.001932	5.761
0.075	1.91	10.1	0.001932	5.23	0.075	1.91	12.23	0.001932	6.33	0.075	1.91	14.58	0.001932	7.547
0.1	2.54	12.82	0.001932	6.64	0.100	2.54	14.65	0.001932	7.58	0.1	2.54	16.24	0.001932	8.406
0.125	3.18	14.6	0.001932	7.56	0.125	3.18	16.59	0.001932	8.59	0.125	3.18	18.65	0.001932	9.653
0.15	3.81	16.33	0.001932	8.45	0.150	3.81	17.67	0.001932	9.15	0.15	3.81	20.06	0.001932	10.383
0.175	4.45	17.99	0.001932	9.31	0.175	4.45	18.95	0.001932	9.81	0.175	4.45	21.49	0.001932	11.123
0.2	5.08	18.42	0.001932	9.53	0.200	5.08	19.86	0.001932	10.28	0.2	5.08	22.49	0.001932	11.641
0.3	7.62	20.57	0.001932	10.65	0.300	7.62	21.64	0.001932	11.20	0.3	7.62	23.79	0.001932	12.314
0.4	10.16	21.88	0.001932	11.33	0.400	10.16	22.68	0.001932	11.74	0.4	10.16	24.53	0.001932	12.697
0.5	12.7	22.85	0.001932	11.83	0.500	12.70	23.47	0.001932	12.15	0.5	12.7	25.49	0.001932	13.194

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	6.64	6.9	96.17
12	0.2	9.53	10.3	92.56
25	0.1	7.58	6.9	109.90
25	0.2	10.28	10.3	99.80
56	0.1	8.41	6.9	121.82
56	0.2	11.64	10.3	113.02

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

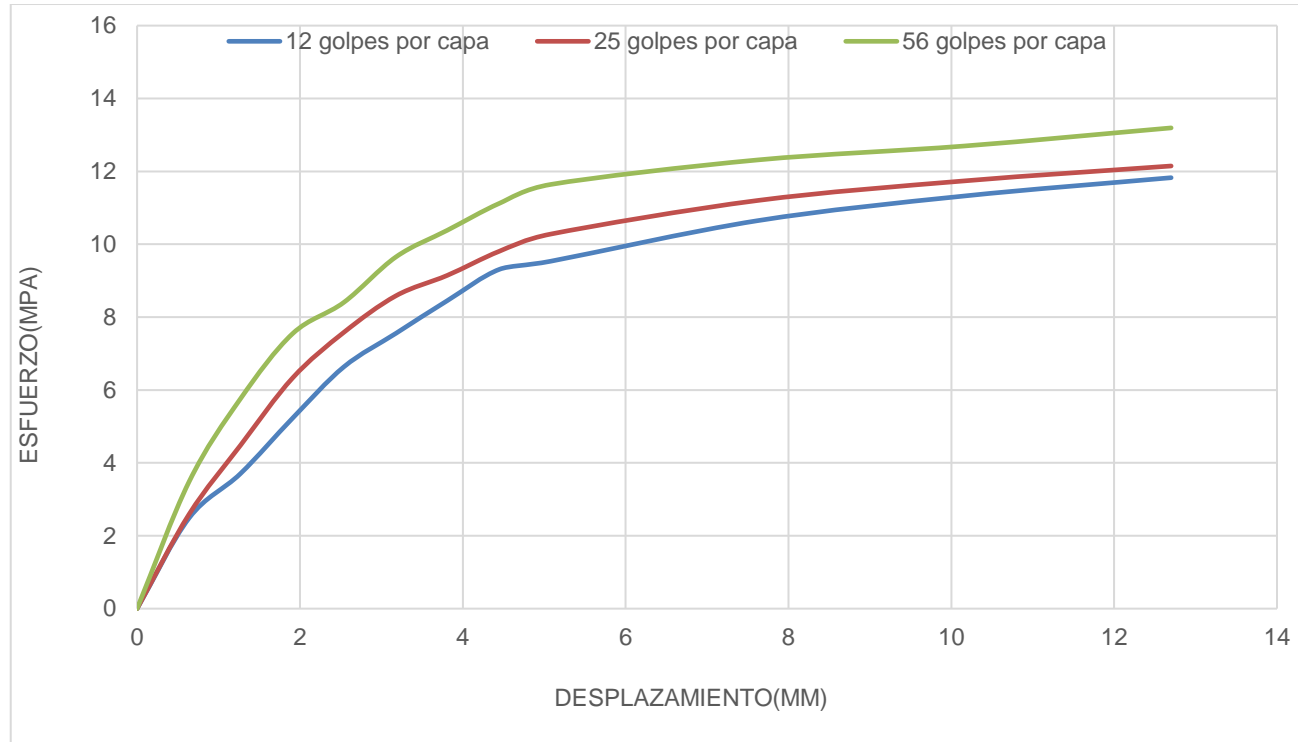


Figura n.º 108. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 326
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 9 con 0.27
L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.65	96.17	92.56
25	1.72	109.90	99.80
56	1.85	121.82	113.02

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

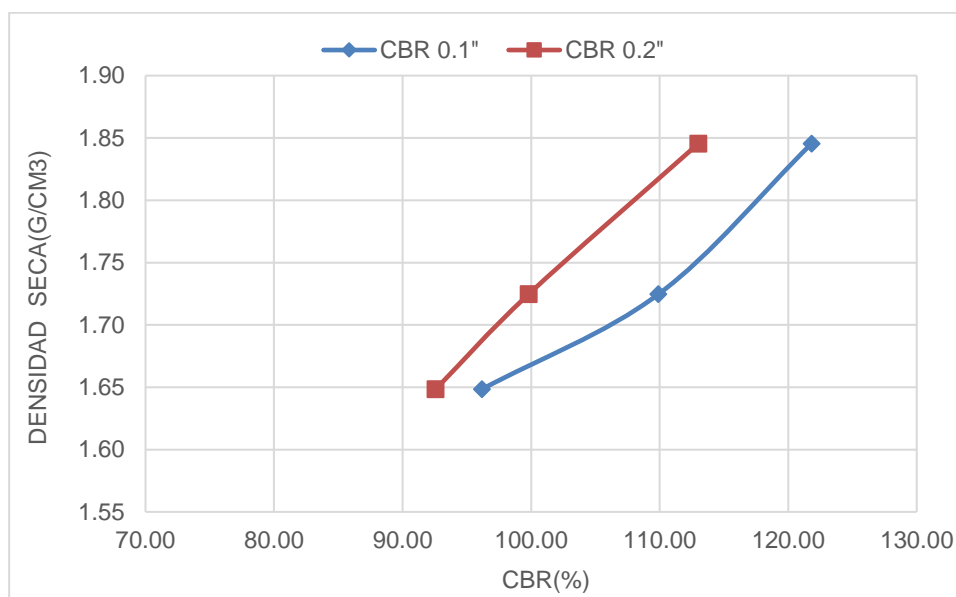


Figura n.º 109. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 327
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 9 con
0.27 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.865	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.772	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	114.2	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	105.6	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 328

Densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11687	11842	11987
Peso suelo húmedo (g)	3754	3915	4066
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.77	1.84	1.92
Densidad seca(g/cm ³)	1.47	1.53	1.59
Contenido de humedad (%)	20.30	20.32	20.60

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 329

Contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo	g 87.69	80.78	79.45	98.56	98.45	98.67
Rec + suelo seco	g 85.25	78.25	76.92	96.02	95.51	95.89
Peso del recipiente	g 73.24	65.78	64.54	83.45	81.42	82.22
Peso del suelo seco	g 12.01	12.47	12.38	12.57	14.09	13.67
Peso del agua	g 2.44	2.53	2.53	2.54	2.94	2.78
Contenido de Humedad	% 20.32	20.29	20.44	20.21	20.87	20.34
Humedad promedio	% 20.30		20.32		20.60	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 330

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	2.755	0	0.00	2.556	0	0.00	3.441	0	0.00
24	2.945	0.19	0.15	2.888	0.332	0.26	3.758	0.317	0.25
48	3.568	0.813	0.64	3.365	0.809	0.64	4.254	0.813	0.64
72	3.987	1.232	0.97	4.065	1.509	1.19	4.368	0.927	0.73
96	4.451	1.696	1.34	4.237	1.681	1.32	4.699	1.258	0.99

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 331

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	3.33	0.001932	1.72	0.025	0.64	3.76	0.001932	1.95	0.025	0.64	3.85	0.001932	1.993
0.05	1.27	5.24	0.001932	2.71	0.050	1.27	7.06	0.001932	3.65	0.05	1.27	7.54	0.001932	3.903
0.075	1.91	7.87	0.001932	4.07	0.075	1.91	9.24	0.001932	4.78	0.075	1.91	10.75	0.001932	5.564
0.1	2.54	9.89	0.001932	5.12	0.100	2.54	10.89	0.001932	5.64	0.1	2.54	12.01	0.001932	6.216
0.125	3.18	11.60	0.001932	6.00	0.125	3.18	13.45	0.001932	6.96	0.125	3.18	14.68	0.001932	7.598
0.15	3.81	12.64	0.001932	6.54	0.150	3.81	14.98	0.001932	7.75	0.15	3.81	15.98	0.001932	8.271
0.175	4.45	13.54	0.001932	7.01	0.175	4.45	15.36	0.001932	7.95	0.175	4.45	16.97	0.001932	8.784
0.2	5.08	14.24	0.001932	7.37	0.200	5.08	15.65	0.001932	8.10	0.2	5.08	17.45	0.001932	9.032
0.3	7.62	15.66	0.001932	8.10	0.300	7.62	17.65	0.001932	9.14	0.3	7.62	18.78	0.001932	9.720
0.4	10.16	16.84	0.001932	8.72	0.400	10.16	18.68	0.001932	9.67	0.4	10.16	19.86	0.001932	10.280
0.5	12.7	17.66	0.001932	9.14	0.500	12.70	19.9	0.001932	10.30	0.5	12.7	21.32	0.001932	11.035

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.12	6.9	74.19
12	0.2	7.37	10.3	71.56
25	0.1	5.64	6.9	81.69
25	0.2	8.10	10.3	78.64
56	0.1	6.22	6.9	90.09
56	0.2	9.03	10.3	87.69

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

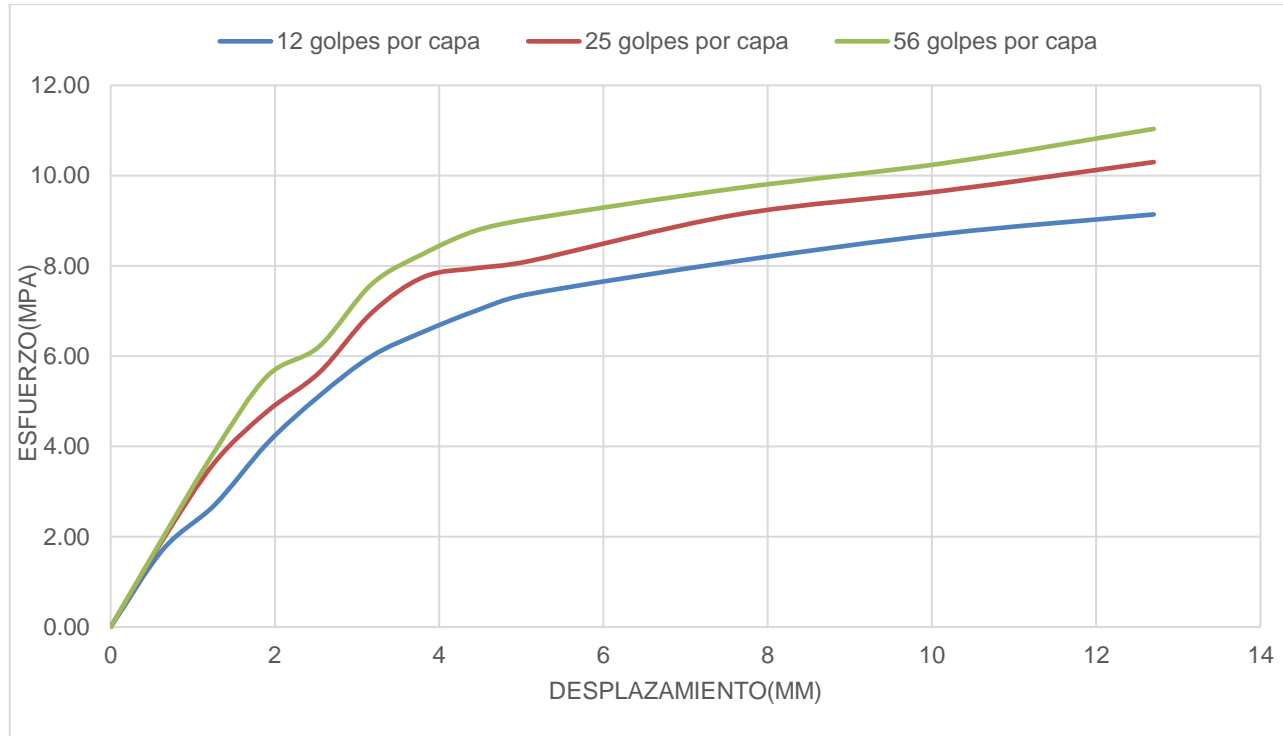


Figura n.º 110. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 332
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.47	74.19	71.56
25	1.53	81.69	78.64
56	1.59	90.09	87.69

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

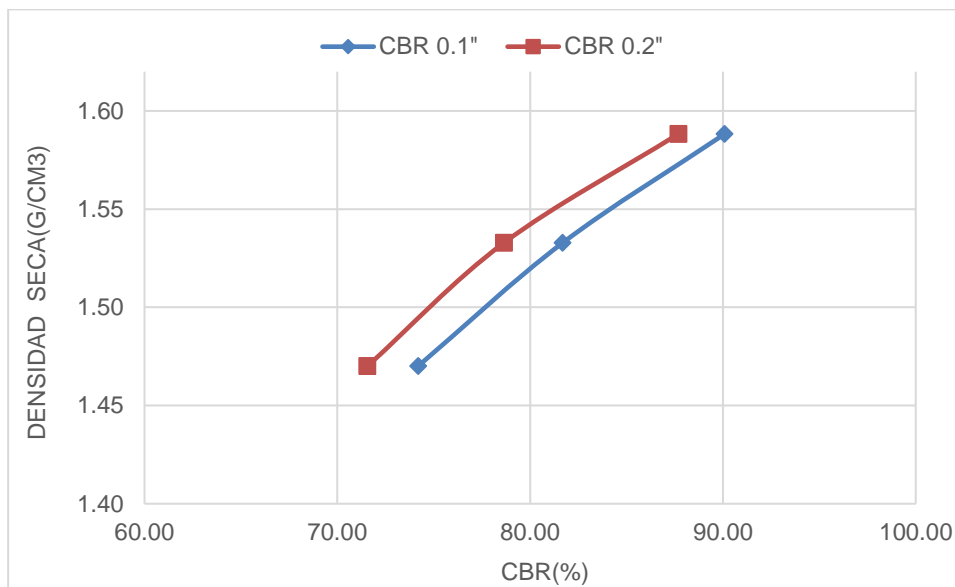


Figura n.º 111. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 333
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 3 con 0.30 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.590	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.511	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	79.3	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	74.5	%

Fuente: Base de datos
Elaboración Propia

Tabla n.º 334

Densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	12182	12349	12564
Peso suelo húmedo (g)	4255	4414	4643
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	2.00	2.08	2.19
Densidad seca(g/cm ³)	1.65	1.71	1.80
Contenido de humedad (%)	21.36	21.28	21.28

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 335

Contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		12 golpes	25 golpes	56 golpes			
Rec + suelo húmedo	g	102.65	99.67	93.68	106.47	89.12	98.72
Rec + suelo seco	g	98.65	95.62	89.63	102.51	84.91	94.67
Peso del recipiente	g	79.89	76.69	70.65	83.85	65.08	75.69
Peso del suelo seco	g	18.76	18.93	18.98	18.66	19.83	18.98
Peso del agua	g	4.00	4.05	4.05	3.96	4.21	4.05
Contenido de Humedad	%	21.32	21.39	21.34	21.22	21.23	21.34
Humedad promedio	%	21.36		21.28		21.28	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 336

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	2.657	0	0.00	3.878	0	0.00	2.441	0	0.00
24	2.856	0.199	0.16	4.056	0.178	0.14	2.745	0.304	0.24
48	3.247	0.59	0.46	4.421	0.543	0.43	3.225	0.784	0.62
72	3.654	0.997	0.79	4.894	1.016	0.80	3.648	1.207	0.95
96	4.154	1.497	1.18	5.265	1.387	1.09	3.757	1.316	1.04

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 337

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0	0	0	0.001932	0
0.025	0.64	3.84	0.001932	1.99	0.025	0.64	4.98	0.001932	2.58	0.025	0.64	5.26	0.001932	2.723
0.05	1.27	7.15	0.001932	3.70	0.050	1.27	8.14	0.001932	4.21	0.05	1.27	8.96	0.001932	4.638
0.075	1.91	9.84	0.001932	5.09	0.075	1.91	10.87	0.001932	5.63	0.075	1.91	11.68	0.001932	6.046
0.1	2.54	11.39	0.001932	5.90	0.100	2.54	12.37	0.001932	6.40	0.1	2.54	13.78	0.001932	7.133
0.125	3.18	12.84	0.001932	6.65	0.125	3.18	13.89	0.001932	7.19	0.125	3.18	15.18	0.001932	7.857
0.15	3.81	14.67	0.001932	7.59	0.150	3.81	15.89	0.001932	8.22	0.15	3.81	17.16	0.001932	8.882
0.175	4.45	15.96	0.001932	8.26	0.175	4.45	16.94	0.001932	8.77	0.175	4.45	18.69	0.001932	9.674
0.2	5.08	16.59	0.001932	8.59	0.200	5.08	17.84	0.001932	9.23	0.2	5.08	19.75	0.001932	10.223
0.3	7.62	19.07	0.001932	9.87	0.300	7.62	19.87	0.001932	10.28	0.3	7.62	21.56	0.001932	11.159
0.4	10.16	20.01	0.001932	10.36	0.400	10.16	21.63	0.001932	11.20	0.4	10.16	22.69	0.001932	11.744
0.5	12.7	21.39	0.001932	11.07	0.500	12.70	22.99	0.001932	11.90	0.5	12.7	23.47	0.001932	12.148

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.90	6.9	85.44
12	0.2	8.59	10.3	83.37
25	0.1	6.40	6.9	92.79
25	0.2	9.23	10.3	89.65
56	0.1	7.13	6.9	103.37
56	0.2	10.22	10.3	99.25

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

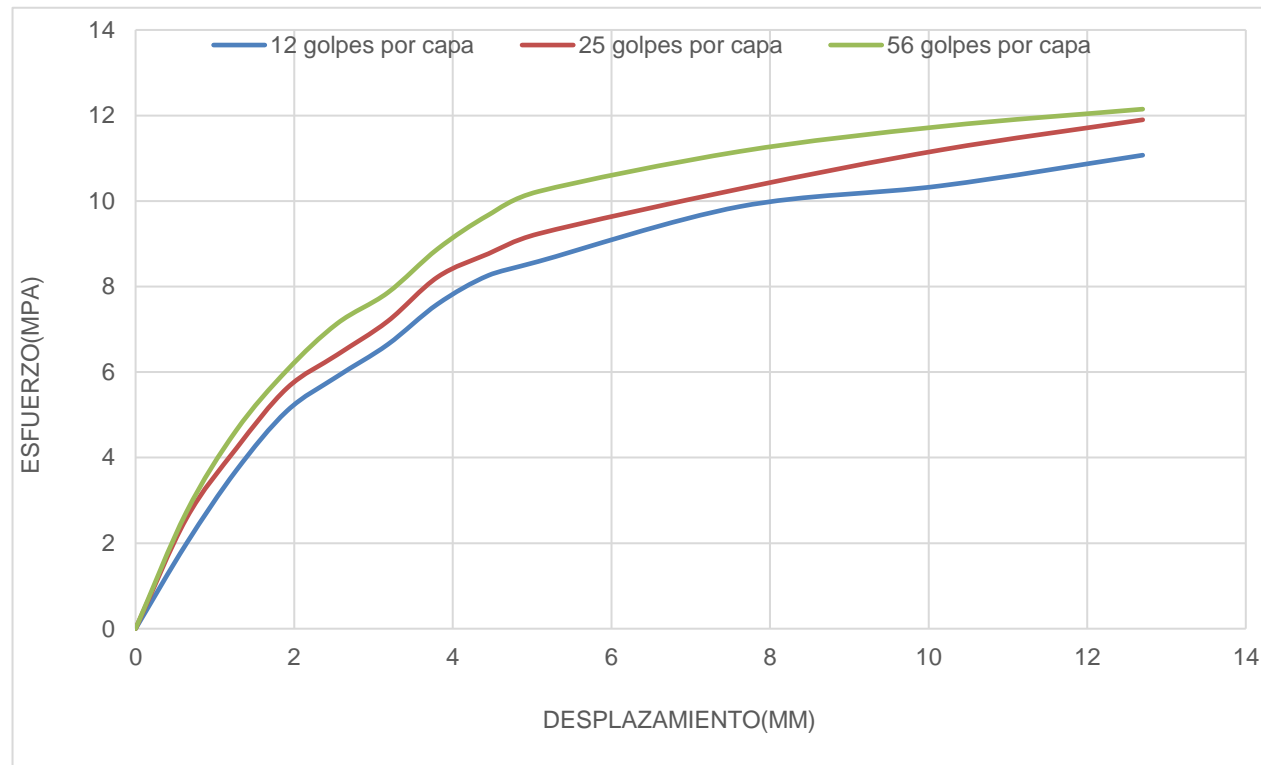


Figura n.º 112. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 338

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.65	85.44	83.37
25	1.71	92.79	89.65
56	1.80	103.37	99.25

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

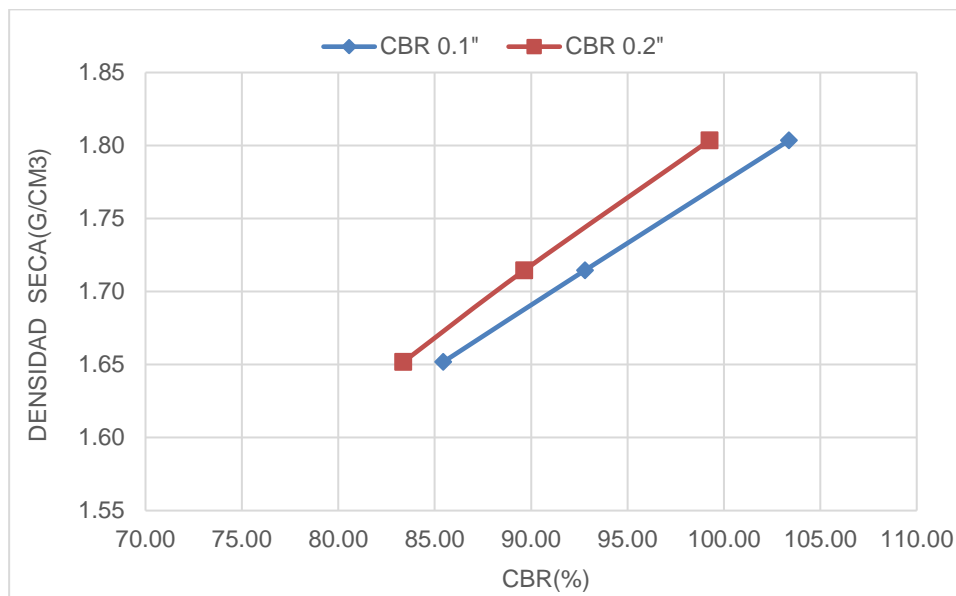


Figura n.º 113. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 339

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 6 con 0.30 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.792	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.702	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	93.6	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	88.4	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 340

Densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11978	12208	12457
Peso suelo húmedo (g)	4051	4273	4536
Volumen (cm ³)	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.91	2.01	2.14
Densidad seca(g/cm ³)	1.57	1.66	1.76
Contenido de humedad (%)	21.36	21.33	21.56

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 341

Contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

Muestra #		12	25	56			
Rec + suelo húmedo	g	92.67	89.65	113.07	108.47	89.65	85.67
Rec + suelo seco	g	89.23	86.45	110.75	105.64	86.97	83.65
Peso del recipiente	g	73.05	71.54	99.83	92.42	74.58	74.25
Peso del suelo seco	g	16.18	14.91	10.92	13.22	12.39	9.4
Peso del agua	g	3.44	3.2	2.32	2.83	2.68	2.02
Contenido de Humedad	%	21.26	21.46	21.25	21.41	21.63	21.49
Humedad promedio	%	21.36		21.33		21.56	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 342

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	2.877	0	0.00	0.398	0	0.00	2.657	0	0.00
24	3.245	0.368	0.29	0.845	0.447	0.35	2.993	0.336	0.26
48	3.645	0.768	0.60	1.367	0.969	0.76	3.568	0.911	0.72
72	4.026	1.149	0.90	1.867	1.469	1.16	3.874	1.217	0.96
96	4.545	1.668	1.31	1.979	1.581	1.24	4.217	1.56	1.23

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 343

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00
0.03	0.64	3.79	0.001932	1.96	0.025	0.64	4.09	0.001932	2.12	0.03	0.64	4.69	0.001932	2.43
0.05	1.27	6.25	0.001932	3.23	0.050	1.27	6.49	0.001932	3.36	0.05	1.27	7.16	0.001932	3.71
0.08	1.91	8.64	0.001932	4.47	0.075	1.91	9.16	0.001932	4.74	0.08	1.91	9.38	0.001932	4.86
0.10	2.54	10.24	0.001932	5.30	0.100	2.54	10.49	0.001932	5.43	0.10	2.54	11.39	0.001932	5.90
0.13	3.18	11.84	0.001932	6.13	0.125	3.18	12.18	0.001932	6.30	0.13	3.18	12.82	0.001932	6.64
0.15	3.81	12.89	0.001932	6.67	0.150	3.81	13.43	0.001932	6.95	0.15	3.81	14.65	0.001932	7.58
0.18	4.45	13.91	0.001932	7.20	0.175	4.45	14.62	0.001932	7.57	0.18	4.45	15.39	0.001932	7.97
0.20	5.08	14.84	0.001932	7.68	0.200	5.08	15.47	0.001932	8.01	0.20	5.08	16.39	0.001932	8.48
0.30	7.62	16.59	0.001932	8.59	0.300	7.62	16.87	0.001932	8.73	0.30	7.62	17.96	0.001932	9.30
0.40	10.16	18.10	0.001932	9.37	0.400	10.16	18.35	0.001932	9.50	0.40	10.16	18.69	0.001932	9.67
0.50	12.70	19.17	0.001932	9.92	0.500	12.70	19.65	0.001932	10.17	0.50	12.70	20.01	0.001932	10.36

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	5.30	6.9	76.81
12	0.2	7.68	10.3	74.57
25	0.1	5.43	6.9	78.69
25	0.2	8.01	10.3	77.74
56	0.1	5.90	6.9	85.44
56	0.2	8.48	10.3	82.36

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

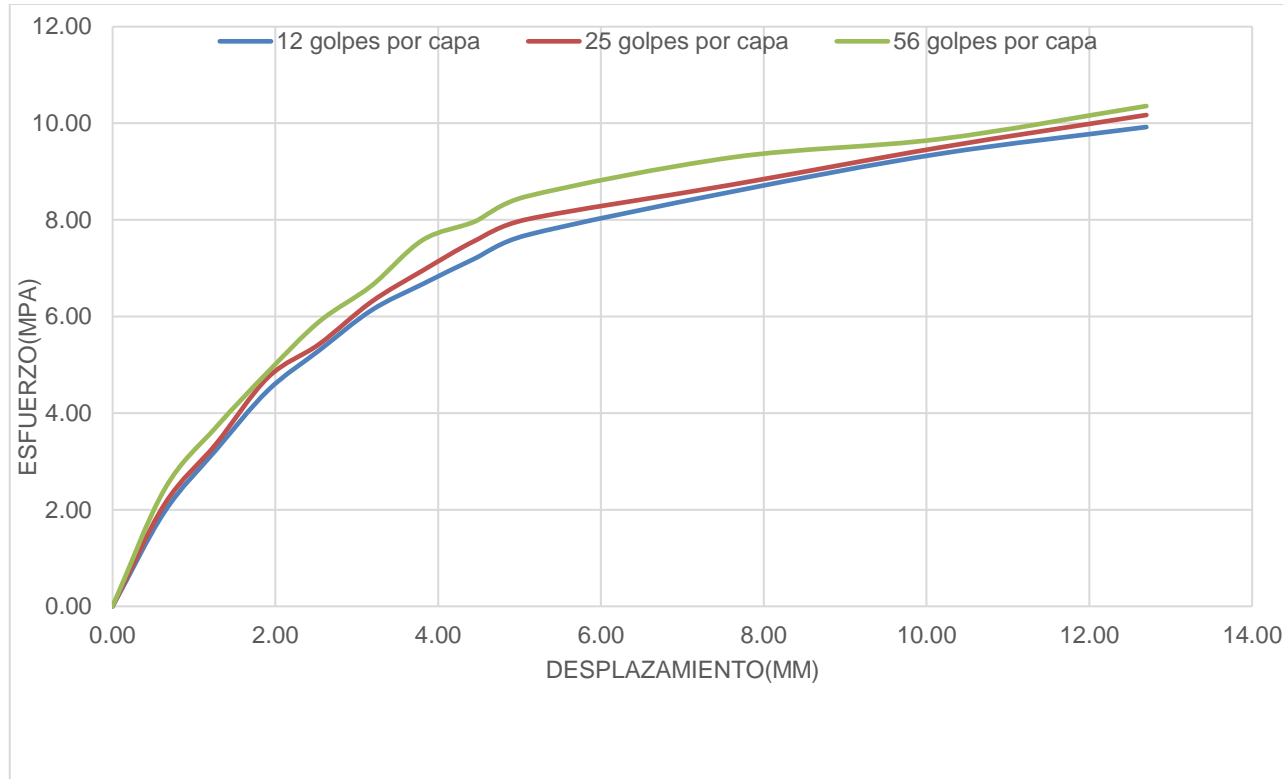


Figura n.º 114. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 344
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	(g/cm ³)	(%)	(%)
12	1.57	76.81	74.57
25	1.66	78.69	77.74
56	1.76	85.44	82.36

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

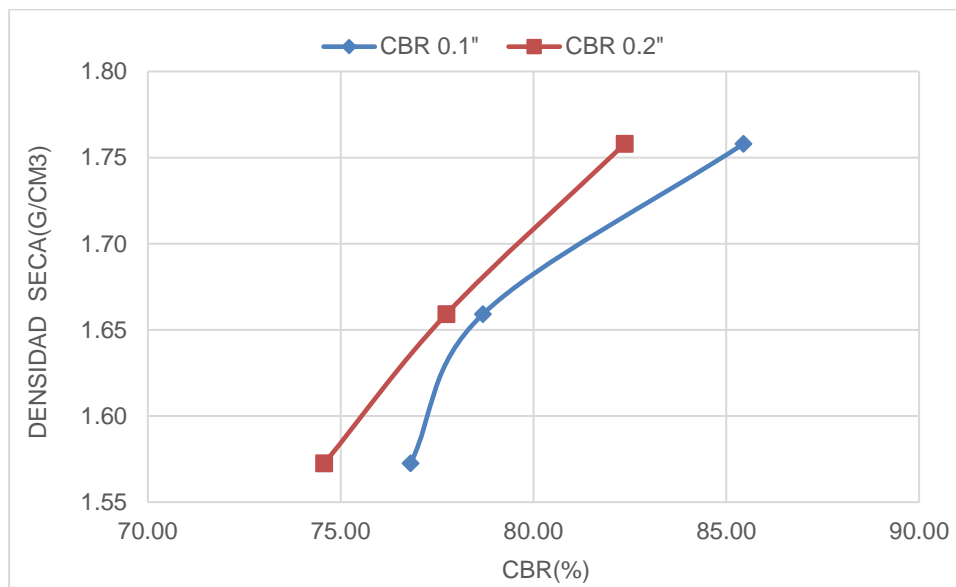


Figura n.º 115. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 345
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 9 con 0.30 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.796	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.706	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	79.6	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	78.2	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 346

Densidad seca de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7933	7927	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11647	11784	11911
Peso suelo húmedo (g)	3714	3857	3990
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.75	1.82	1.88
Densidad seca(g/cm ³)	1.44	1.50	1.55
Contenido de humedad (%)	21.36	21.47	21.40

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 347

Contenido de humedad de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	96.56	88.86	89.56	103.25	89.57	88.62
Rec + suelo seco g	93.82	86.05	86.54	100.33	86.51	85.44
Peso del recipiente g	81.1	72.78	72.55	86.65	72.12	70.68
Peso del suelo seco g	12.72	13.27	13.99	13.68	14.39	14.76
Peso del agua g	2.74	2.81	3.02	2.92	3.06	3.18
Contenido de Humedad %	21.54	21.18	21.59	21.35	21.26	21.54
Humedad promedio %	21.36		21.47		21.40	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 348

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	2.755	0	0.00	2.556	0	0.00	3.441	0	0.00
24	2.945	0.19	0.15	2.888	0.332	0.26	3.758	0.317	0.25
48	3.568	0.813	0.64	3.365	0.809	0.64	4.254	0.813	0.64
72	3.987	1.232	0.97	4.065	1.509	1.19	4.368	0.927	0.73
96	4.451	1.696	1.34	4.237	1.681	1.32	4.699	1.258	0.99

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 349

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0
0.03	0.64	3.45	0.001932	1.79	0.025	0.64	3.67	0.001932	1.90	0.03	0.64	4.01	0.001932	2.076
0.05	1.27	4.89	0.001932	2.53	0.050	1.27	5.92	0.001932	3.06	0.05	1.27	6.47	0.001932	3.349
0.08	1.91	6.84	0.001932	3.54	0.075	1.91	7.21	0.001932	3.73	0.08	1.91	7.98	0.001932	4.130
0.10	2.54	8.34	0.001932	4.32	0.100	2.54	8.97	0.001932	4.64	0.10	2.54	9.89	0.001932	5.119
0.13	3.18	8.98	0.001932	4.65	0.125	3.18	9.67	0.001932	5.01	0.13	3.18	10.64	0.001932	5.507
0.15	3.81	9.74	0.001932	5.04	0.150	3.81	10.48	0.001932	5.42	0.15	3.81	11.86	0.001932	6.139
0.18	4.45	10.84	0.001932	5.61	0.175	4.45	11.62	0.001932	6.01	0.18	4.45	12.59	0.001932	6.517
0.20	5.08	11.69	0.001932	6.05	0.200	5.08	12.34	0.001932	6.39	0.20	5.08	13.68	0.001932	7.081
0.30	7.62	12.48	0.001932	6.46	0.300	7.62	13.24	0.001932	6.85	0.30	7.62	14.67	0.001932	7.593
0.40	10.16	13.58	0.001932	7.03	0.400	10.16	14.37	0.001932	7.44	0.40	10.16	15.64	0.001932	8.095
0.50	12.7	14.92	0.001932	7.72	0.500	12.70	15.36	0.001932	7.95	0.50	12.70	16.98	0.001932	8.789

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.32	6.9	62.56
12	0.2	6.05	10.3	58.74
25	0.1	4.64	6.9	67.29
25	0.2	6.39	10.3	62.01
56	0.1	5.12	6.9	74.19
56	0.2	7.08	10.3	68.75

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

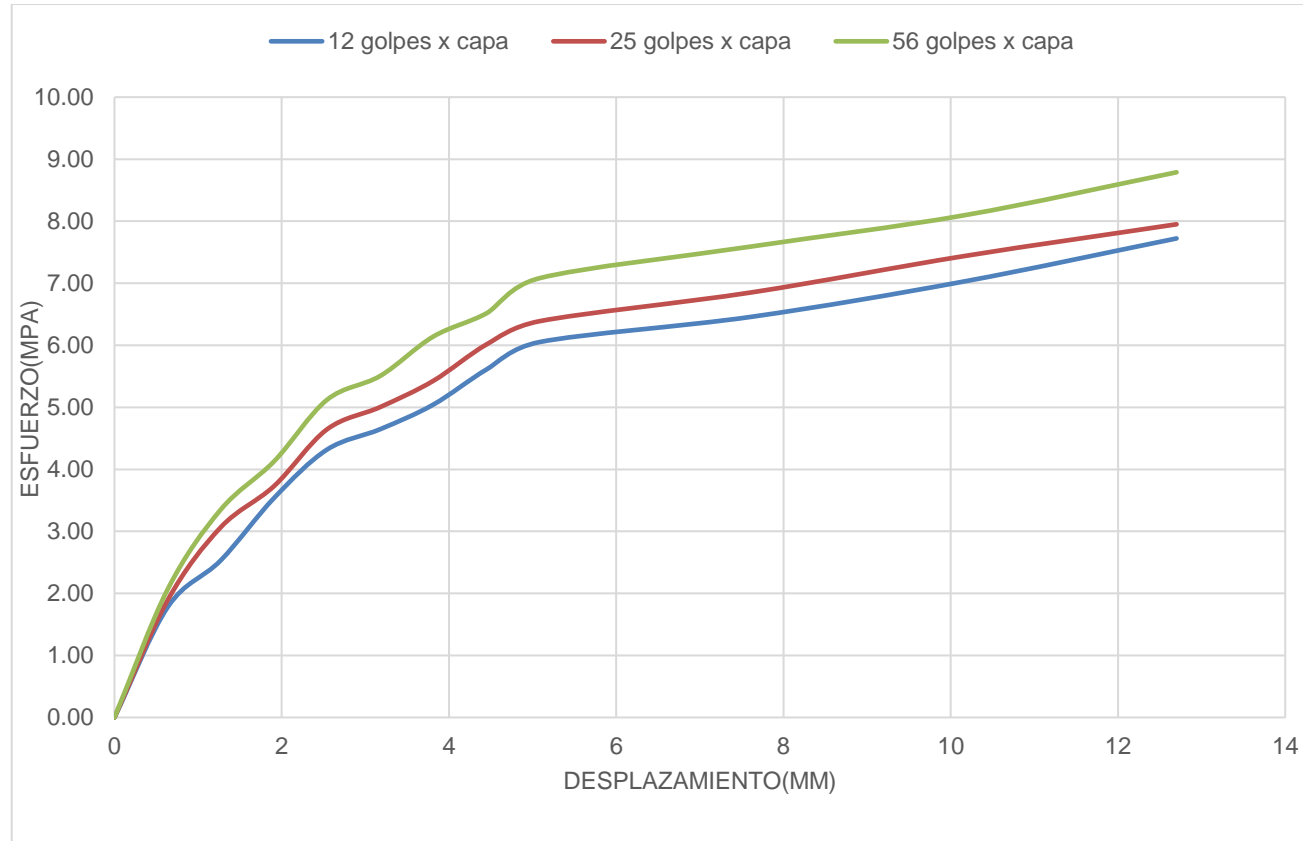


Figura n.º 116. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 350

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.44	62.56	58.74
25	1.50	67.29	62.01
56	1.55	74.19	68.75

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

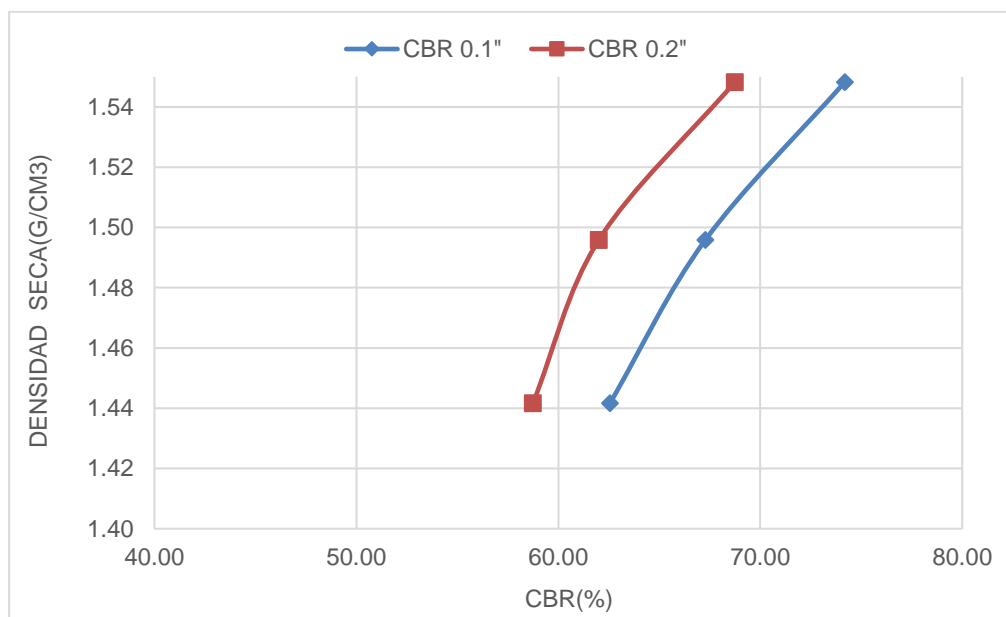


Figura n.º 117. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 351

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 3 con 0.33 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.553	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.475	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	65.4	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	61.5	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 352

Densidad seca de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11889	12081	12287
Peso suelo húmedo (g)	3962	4146	4366
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda(g/cm ³)	1.87	1.95	2.06
Densidad seca(g/cm ³)	1.53	1.60	1.68
Contenido de humedad(%)	22.33	22.31	22.34

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 353

Contenido de humedad de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	99.67	114.65	89.74	91.38	91.08	97.68
Rec + suelo seco g	95.65	109.78	84.62	86.72	86.27	93.87
Peso del recipiente g	77.68	87.94	61.78	65.74	64.78	76.78
Peso del suelo seco g	17.97	21.84	22.84	20.98	21.49	17.09
Peso del agua g	4.02	4.87	5.12	4.66	4.81	3.81
Contenido de Humedad %	22.37	22.30	22.42	22.21	22.38	22.29
Humedad promedio %	22.33		22.31		22.34	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 354

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%	Li (mm)	Expansión (mm)	%
0	1.997	0	0.00	0.785	0	0.00	3.565	0	0.00
24	2.347	0.35	0.28	1.068	0.283	0.22	3.798	0.233	0.18
48	2.694	0.697	0.55	1.367	0.582	0.46	3.997	0.432	0.34
72	2.954	0.957	0.75	1.845	1.06	0.83	4.367	0.802	0.63
96	3.544	1.547	1.22	2.324	1.539	1.21	4.987	1.422	1.12

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 355

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0	0	0.001932	0	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0	0.001932	0
0.03	0.64	2.98	0.001932	1.54	0.025	0.64	3.42	0.001932	1.77	0.03	0.64	5.26	0.001932	2.723
0.05	1.27	5.01	0.001932	2.59	0.050	1.27	6.47	0.001932	3.35	0.05	1.27	7.84	0.001932	4.058
0.08	1.91	7.84	0.001932	4.06	0.075	1.91	9.45	0.001932	4.89	0.08	1.91	10.14	0.001932	5.248
0.10	2.54	9.57	0.001932	4.95	0.100	2.54	10.78	0.001932	5.58	0.10	2.54	11.67	0.001932	6.040
0.13	3.18	11.28	0.001932	5.84	0.125	3.18	11.97	0.001932	6.20	0.13	3.18	12.62	0.001932	6.532
0.15	3.81	12.07	0.001932	6.25	0.150	3.81	12.67	0.001932	6.56	0.15	3.81	13.72	0.001932	7.101
0.18	4.45	12.98	0.001932	6.72	0.175	4.45	13.86	0.001932	7.17	0.18	4.45	14.71	0.001932	7.614
0.20	5.08	13.57	0.001932	7.02	0.200	5.08	14.78	0.001932	7.65	0.20	5.08	15.65	0.001932	8.100
0.30	7.62	14.61	0.001932	7.56	0.300	7.62	15.39	0.001932	7.97	0.30	7.62	16.76	0.001932	8.675
0.40	10.16	15.98	0.001932	8.27	0.400	10.16	16.92	0.001932	8.76	0.40	10.16	17.86	0.001932	9.244
0.50	12.7	16.77	0.001932	8.68	0.500	12.70	17.34	0.001932	8.98	0.50	12.70	19.65	0.001932	10.171

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.95	6.9	71.79
12	0.2	7.02	10.3	68.19
25	0.1	5.58	6.9	80.87
25	0.2	7.65	10.3	74.27
56	0.1	6.04	6.9	87.54
56	0.2	8.10	10.3	78.64

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

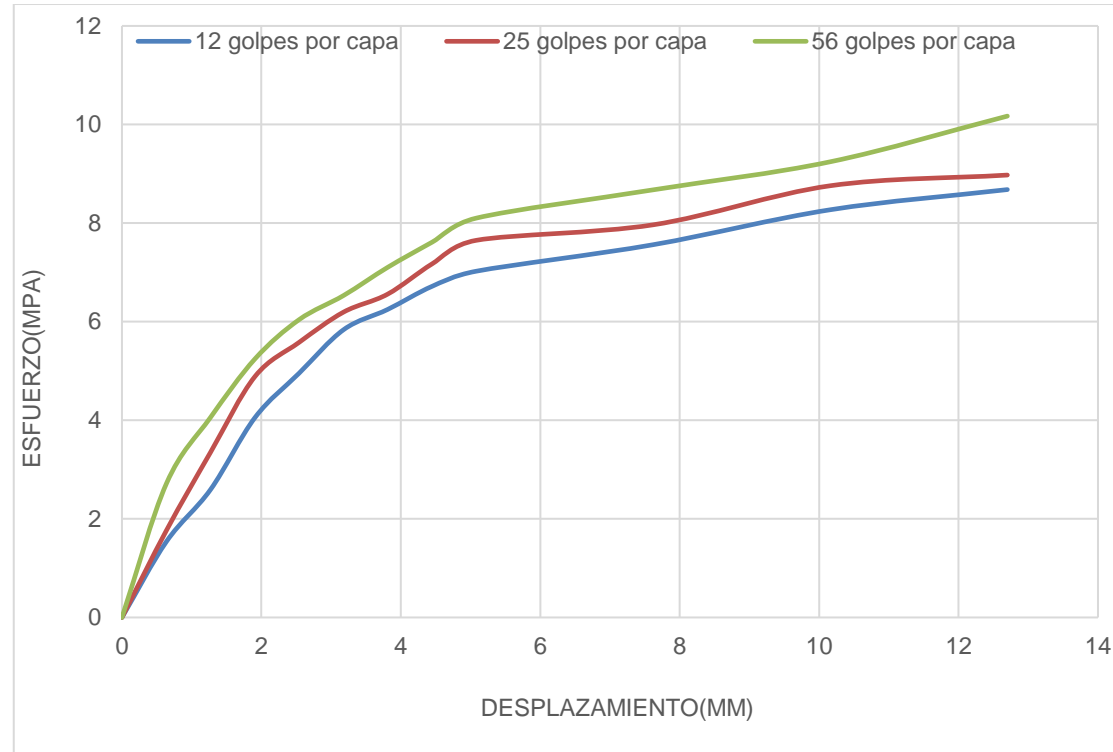


Figura n.º 118. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 356

Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.53	71.79	68.19
25	1.60	80.87	74.27
56	1.68	87.54	78.64

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

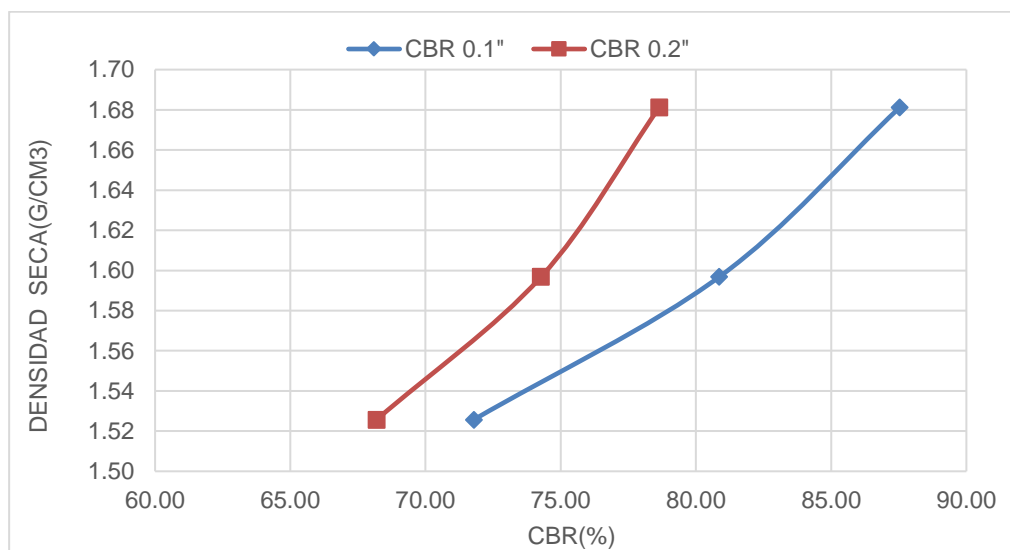


Figura n.º 119. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 357

Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 6 con 0.33 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.689	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.605	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	81.3	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	74.5	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 358

Densidad seca de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	1	2	3
Nº de golpes	12	25	56
Peso del molde (g)	7927	7935	7921
Peso del molde + suelo húmedo (g)	11896	12208	12342
Peso suelo húmedo (g)	3969	4273	4421
Volumen cm ³	2122.7	2122.7	2122.7
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.87	2.01	2.08
Densidad seca(g/cm ³)	1.53	1.64	1.70
Contenido de humedad (%)	22.23	22.41	22.24

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 359

Contenido de humedad de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

Muestra #	12	25	56			
Rec + suelo húmedo g	97.68	96.28	109.68	99.67	96.48	96.69
Rec + suelo seco g	94.65	93.32	107.21	96	93.85	94.68
Peso del recipiente g	81.02	80	96.12	79.72	81.96	85.69
Peso del suelo seco g	13.63	13.32	11.09	16.28	11.89	8.99
Peso del agua g	3.03	2.96	2.47	3.67	2.63	2.01
Contenido de Humedad %	22.23	22.22	22.27	22.54	22.12	22.36
Humedad promedio %	22.23		22.41		22.24	

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 360

Ensayo de expansión CBR de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

TIEMPO (h)	12 golpes			25 golpes			56 golpes		
	Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %		Li (mm)	Expansión (mm) %	
0	2.967	0	0.00	1.398	0	0.00	2.698	0	0.00
24	3.245	0.278	0.22	1.687	0.289	0.23	2.962	0.264	0.21
48	3.706	0.739	0.58	1.965	0.567	0.45	3.248	0.55	0.43
72	4.018	1.051	0.83	2.354	0.956	0.75	3.874	1.176	0.93
96	4.257	1.29	1.02	2.695	1.297	1.02	4.111	1.413	1.11

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

Tabla n.º 361

Ensayo de penetración CBR de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

12 golpes por capa					25 golpes por capa					56 golpes por capa				
Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (KN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)	Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Carga (kN)	Área (m ²)	Esfuerzo (Mpa)
0.00	0	0.00	0.001932	0.00	0.000	0.00	0.00	0.001932	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001932	0.00
0.03	0.64	3.59	0.001932	1.86	0.025	0.64	3.78	0.001932	1.96	0.03	0.64	3.85	0.001932	1.99
0.05	1.27	5.98	0.001932	3.10	0.050	1.27	6.12	0.001932	3.17	0.05	1.27	6.58	0.001932	3.41
0.08	1.91	7.08	0.001932	3.66	0.075	1.91	7.85	0.001932	4.06	0.08	1.91	8.12	0.001932	4.20
0.10	2.54	8.56	0.001932	4.43	0.100	2.54	9.23	0.001932	4.78	0.10	2.54	10.12	0.001932	5.24
0.13	3.18	9.68	0.001932	5.01	0.125	3.18	10.64	0.001932	5.51	0.13	3.18	11.56	0.001932	5.98
0.15	3.81	10.67	0.001932	5.52	0.150	3.81	11.68	0.001932	6.05	0.15	3.81	12.90	0.001932	6.68
0.18	4.45	11.56	0.001932	5.98	0.175	4.45	12.67	0.001932	6.56	0.18	4.45	13.68	0.001932	7.08
0.20	5.08	12.39	0.001932	6.41	0.200	5.08	13.59	0.001932	7.03	0.20	5.08	14.58	0.001932	7.55
0.30	7.62	13.47	0.001932	6.97	0.300	7.62	14.90	0.001932	7.71	0.30	7.62	15.69	0.001932	8.12
0.40	10.16	14.39	0.001932	7.45	0.400	10.16	15.69	0.001932	8.12	0.40	10.16	16.78	0.001932	8.69
0.50	12.7	15.39	0.001932	7.97	0.500	12.70	16.74	0.001932	8.66	0.50	12.70	17.67	0.001932	9.15

GOLPES	Penetración (Pulg)	Esfuerzo (MPa)	Carga unit (MPa)	CBR (%)
12	0.1	4.43	6.9	64.21
12	0.2	6.41	10.3	62.26
25	0.1	4.78	6.9	69.24
25	0.2	7.03	10.3	68.29
56	0.1	5.24	6.9	75.91
56	0.2	7.55	10.3	73.27

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

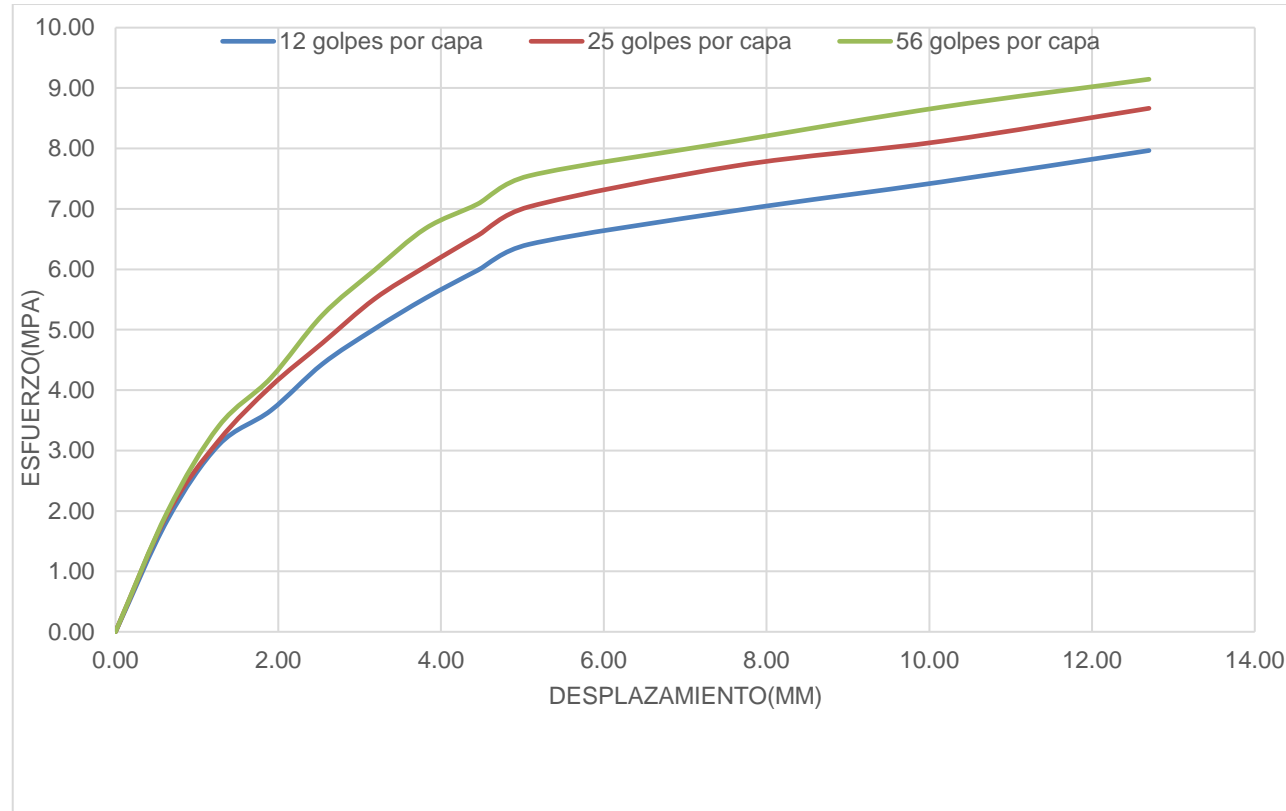


Figura n.º 120. Ensayo de esfuerzo vs desplazamiento

Tabla n.º 362
Densidad seca y %CBR de la calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

GOLPES	DENSIDAD (g/cm ³)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.53	64.21	62.26
25	1.64	69.24	68.29
56	1.70	75.91	73.27

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

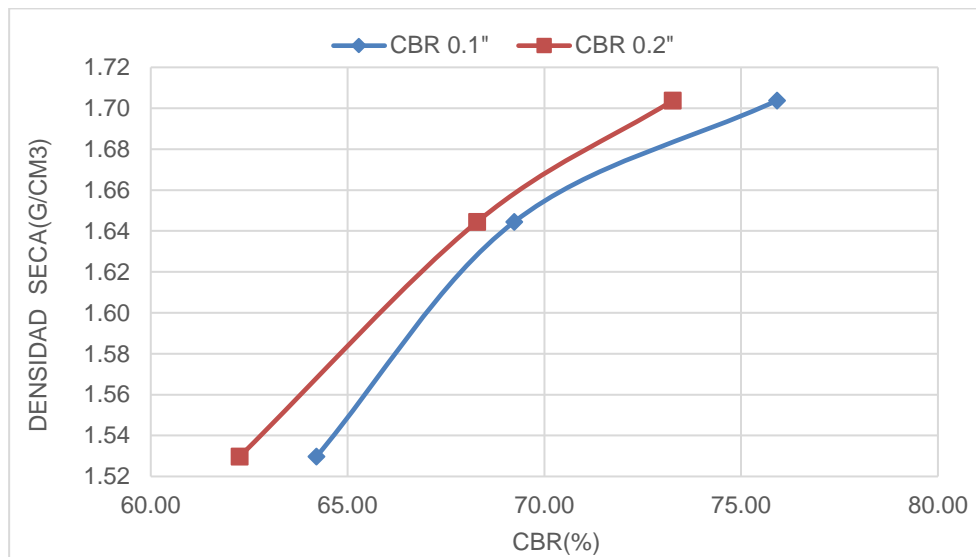


Figura n.º 121. Relación CBR vs Densidad seca

Tabla n.º 363
Resultados del ensayo CBR para calicata n.º 9 con 0.33 L/m³ de aditivo

M.D.S	1.687	g/cm ³
95%(M.D.S)	1.603	g/cm ³
C.B.R.(M.D.S) 0.1"	67.2	%
C.B.R.(M.D.S) 0.2"	65.1	%

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

ANEXO n.º 23. Panel Fotográfico

FOTO N° 1



Se comienza a realizar las excavaciones
de las calicatas

FOTO N° 2



Calicata N.º 1 en el Km 0+500

FOTO N° 3



Calicata N.º 2 en el Km 1+500

FOTO N° 4



Calicata N.º 3 en el Km 2+500

FOTO N° 5



Calicata N.º 4 en el Km 3+500

FOTO N° 6



Pesando las muestras para realizar el ensayo de contenido de humedad

FOTO N° 7



Muestras en el horno para calcular el contenido de humedad

FOTO N° 8



Disolvemos los grumos que se formaron en nuestro suelo para poder realizar el ensayo de granulometría

FOTO N° 9



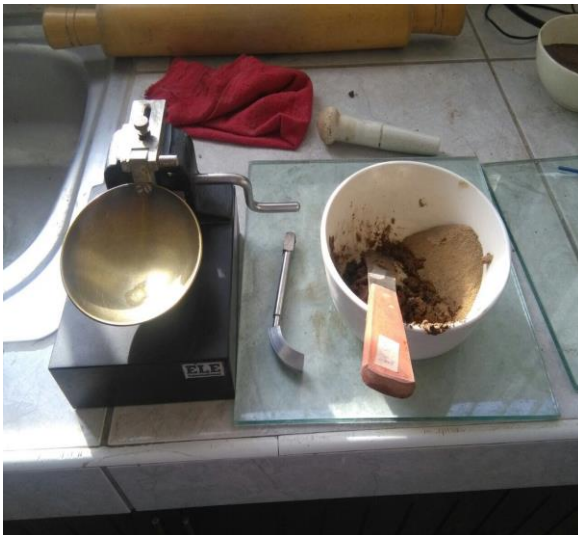
Lavando el material por la malla número 200

FOTO N° 10



Se procede a mover los tamices en forma circular para poder obtener una granulometría del suelo

FOTO N° 11



Preparando muestra para el ensayo de Límite Líquido

FOTO N° 12



Realizando el ensayo de Límite Líquido

FOTO N° 13



Realizando el ensayo de Límite Plástico

FOTO N° 14



Realizando el ensayo de Límite Plástico

FOTO N° 15



Instrumentos de laboratorio que se van a utilizar para realizar el ensayo de Gravedad Específica

FOTO N° 16



Calicata número 1 para hallar su gravedad específica

FOTO N° 17



Sometiendo la calicata 1 a la bomba de vacíos

FOTO N° 18



Se divide el suelo en 5 capas en el ensayo de Proctor Modificado

FOTO N° 19



Se compacta el material en el ensayo de Proctor Modificado

FOTO N° 20



Preparando material para el ensayo de CBR

FOTO N° 21



Probetas listas para ser sumergidas en agua durante 96 horas en el ensayo de CBR

FOTO N° 22



Probetas sumergidas en agua durante 96 horas en el ensayo de CBR

FOTO N° 23



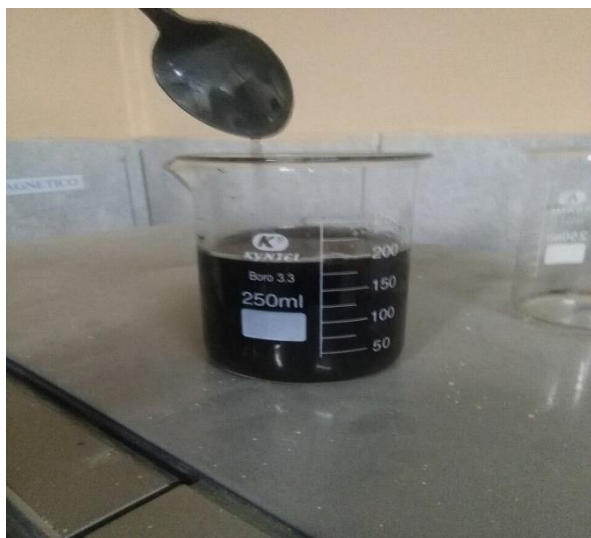
Ensayando probetas lo cual nos arrojará el CBR de la muestra.

FOTO N° 24



Aditivo líquido PROES

FOTO N° 25



Aditivo líquido PROES diluido en agua

FOTO N° 26



Cemento Portland

FOTO N° 27



Suelo con la adición de 0.23 L/m³ de aditivo PROES

FOTO N° 28



Suelo con la adición de 0.27 L/m³ de aditivo PROES

FOTO N° 29




Suelo con la adición de 0.30 L/m³ de aditivo
PROES

FOTO N° 30




Suelo con la adición de 0.33 L/m³ de aditivo
PROES

ANEXO n.º 24. Ensayo químico de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: CRISTHIAN CUADRAO VELA PAOLA CASTILLO BRICEÑO
MUESTRA	: ARCILLA (Arcilla M1-arcilla+proes M2)
FECHA DE INGRESO	: 09 DE JUNIO DEL 2017
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

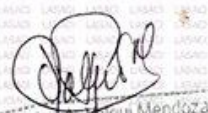
ANÁLISIS FÍSICOS

DETERMINACION	M1	M2
Color	MARRON	MARRON
pH	5.23	4.74

ANÁLISIS QUÍMICOS

DETERMINACION	UNIDADES	M1	M2
SiO ₂	%	51.92	53.03
Al ₂ O ₃	%	17.08	21.04
Fe ₂ O ₃	%	0.76	0.78
MgO	%	0.27	0.31
CaO	%	0.19	0.26
K ₂ O	%	1.88	1.98
Na ₂ O	%	0.10	0.13
Perdida por calcinacion	%	25.8	22.48

TRUJILLO 15 DE JUNIO DEL 2017



Carlos A. Quiqui Mendoza
ING. QUÍMICO
R. CIP. 122588

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 949959632 / 949119298

Nota: Las muestras corresponden a la calicata n.º 5, donde M1: muestra sin aditivos, M2: muestra con 0.27 Lt/m³ de aditivo PROES + 45 Kg/m³ de cemento Portland.

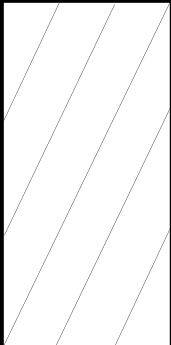
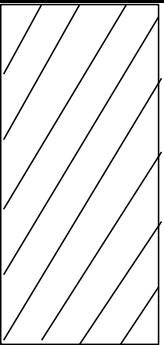
APÉNDICE N.º 1:

PERFILES

ESTRATIGRÁFICOS

I. Datos Generales

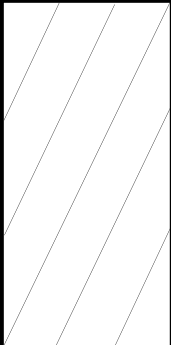
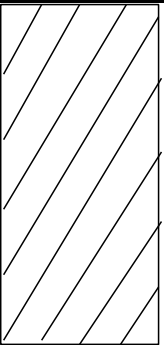
PROCEDENCIA : Km. 0+500
CALICATA : C - 1
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 1	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR BEIGE.		
1.50		AASHTO A-7-6 (15)			



I. Datos Generales

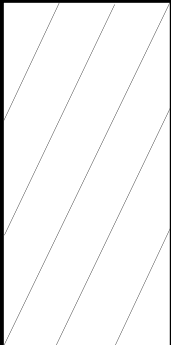
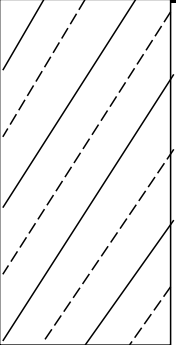
PROCEDENCIA : Km. 1+500
CALICATA : C - 2
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 2	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR BEIGE.		
1.50		AASHTO A-7-6 (14)			



I. Datos Generales

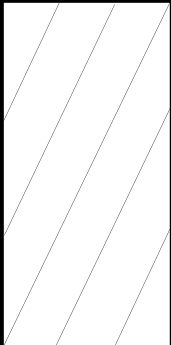
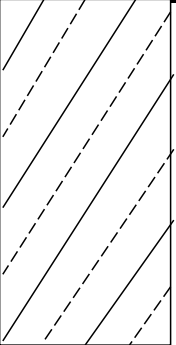
PROCEDENCIA : Km. 2+500
CALICATA : C - 3
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 3	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR BEIGE.		
1.50		AASHTO A-6 (10)			



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 3+500
CALICATA : C - 4
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

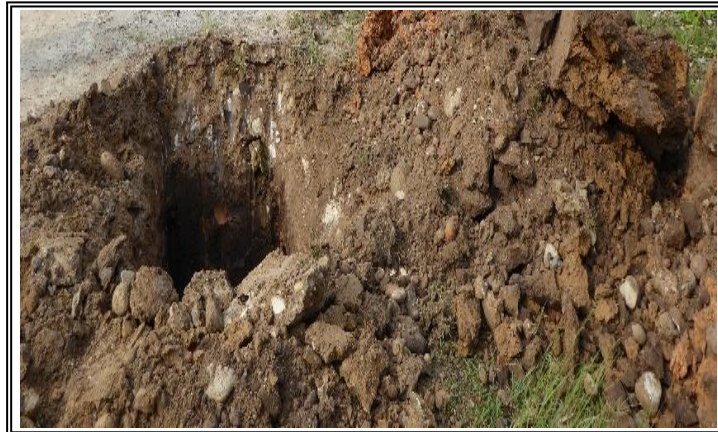
				CALICATA Nro.	
				C - 4	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR BEIGE.		
1.50		AASHTO A-6 (6)			



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 4+500
CALICATA : C - 5
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 5	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS ML AASHTO A-4 (5)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR MARRON.		
1.50					



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 5+500
CALICATA : C - 6
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 6	
				SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO		
0.00	M-1	SUCS ML	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR MARRON.		
1.50		AASHTO A-4 (3)			



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 6+500
CALICATA : C - 7
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

CALICATA Nro.

C - 7

SIMBOLOGÍA

PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SIMBOLOGÍA	
				SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS ML AASHTO A-4 (3)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR MARRON.		
1.50					



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 7+500
CALICATA : C - 8
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 8	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS ML AASHTO A-4 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR MARRON.		
1.50					



I. Datos Generales

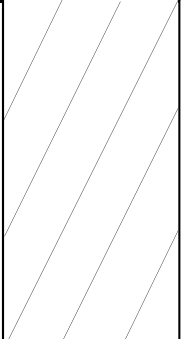
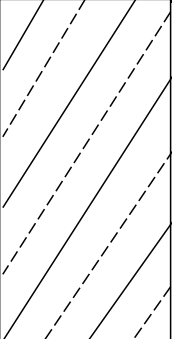
PROCEDENCIA : Km. 8+500
CALICATA : C - 9
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 9	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS ML AASHTO A-4 (6)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR MARRON.		
1.50					



I. Datos Generales

PROCEDENCIA : Km. 9+500
CALICATA : C - 10
PROFUND. : 0.00 - 1.50
UBICACIÓN : SECTORES CALAMARCA - HUASO
ELABORADA POR: : CASTILLO BRICEÑO, PAOLA EMPERATRIZ

				CALICATA Nro.	
				C - 10	
				SIMBOLOGÍA	
PROF. (m)	MUESTRA	CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL ESTRATO	SUCS	AASHTO
0.00	M-1	SUCS CL	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD , COLOR BEIGE.		
1.50		AASHTO A-6 (11)			



APÉNDICE N.º 2:

CONTEO VEHICULAR

CONTINUO – 24 HORAS

LUNES

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Calamarca - Huaso
Día: Lunes **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00						
1:00	2:00						
2:00	3:00		1		1		
3:00	4:00						
4:00	5:00		1	1	1		
5:00	6:00				1		
6:00	7:00	1					
7:00	8:00						
8:00	9:00		3	1	1		
9:00	10:00	1	2				
10:00	11:00						
11:00	12:00						
12:00	13:00		2				
13:00	14:00		3			1	
14:00	15:00						
15:00	16:00		3	1			
16:00	17:00	1					
17:00	18:00	1	2				
18:00	19:00						
19:00	20:00		1		1		
20:00	21:00		2	1			
21:00	22:00		2	1			
22:00	23:00						
23:00	0:00						
TOTAL		4	22	5	5	1	0

LUNES

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Ambos
Día: Lunes **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00						
1:00	2:00						
2:00	3:00		2	1	1		
3:00	4:00		3		1	1	1
4:00	5:00		3	1	1		
5:00	6:00				1		
6:00	7:00	1	1		1		
7:00	8:00	1	2				
8:00	9:00		3	1	1		
9:00	10:00	2	2				
10:00	11:00		5				
11:00	12:00						
12:00	13:00		2				
13:00	14:00		4		1	1	
14:00	15:00		2				
15:00	16:00	1	4	1	1		
16:00	17:00	1		2			
17:00	18:00	1	7		1		
18:00	19:00	1					
19:00	20:00		1		1		
20:00	21:00		4	1			
21:00	22:00		2	1			
22:00	23:00						
23:00	0:00						
TOTAL		8	47	8	10	2	1

MIÉRCOLES

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Huaso - Calamarca
Día: Miércoles **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00						
1:00	2:00						
2:00	3:00						
3:00	4:00		2		2		2
4:00	5:00		1	1			
5:00	6:00		2				
6:00	7:00		1	1	1		
7:00	8:00	1		2			
8:00	9:00						
9:00	10:00	1	4			1	
10:00	11:00		1	1		1	
11:00	12:00						
12:00	13:00		5				
13:00	14:00		4	1			
14:00	15:00	1	1	1	1		
15:00	16:00						
16:00	17:00	1	1		1	1	
17:00	18:00	1	1		1		
18:00	19:00						
19:00	20:00		2		2		
20:00	21:00						
21:00	22:00						
22:00	23:00						
23:00	0:00						
TOTAL		5	25	7	8	3	2

JUEVES

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Ambos
Día: Jueves **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00						
1:00	2:00						
2:00	3:00		1	2	1		
3:00	4:00		2		3	1	
4:00	5:00		2	2	1	1	
5:00	6:00		1				
6:00	7:00	1	7	1	1	2	
7:00	8:00	1	1	1		1	
8:00	9:00	2	2		2		1
9:00	10:00		3	2			
10:00	11:00	1	1	1	1	1	
11:00	12:00		3				
12:00	13:00	1	2				
13:00	14:00		3	1	1	1	1
14:00	15:00						
15:00	16:00	2	4	1			
16:00	17:00	1	4		1		
17:00	18:00		6		2	1	1
18:00	19:00		4	1			
19:00	20:00	1	3		1		
20:00	21:00	1	1	1	1	1	
21:00	22:00		2	1			
22:00	23:00						
23:00	0:00						
TOTAL		11	52	14	15	9	3

VIERNES

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Calamarca - Huaso
Día: Viernes **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00		4	1	1		
1:00	2:00						
2:00	3:00		3	1			
3:00	4:00						
4:00	5:00						1
5:00	6:00	1	2	1	2		
6:00	7:00	1	2				
7:00	8:00	1	3				
8:00	9:00		4		1	1	
9:00	10:00						
10:00	11:00		3				
11:00	12:00	1	2		2		
12:00	13:00		3		1		
13:00	14:00	1	2				
14:00	15:00		3				
15:00	16:00	1	1	1	1	1	
16:00	17:00		1	1	1	1	
17:00	18:00						
18:00	19:00						
19:00	20:00	1	1	1	1		
20:00	21:00	1	3				
21:00	22:00		2				
22:00	23:00		3		1		
23:00	0:00						
TOTAL		8	42	6	11	3	1

SÁBADO

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Ambos
Día: Sábado **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00		2		2	2	2
1:00	2:00			2			
2:00	3:00		1	1	1	1	1
3:00	4:00		2		2		
4:00	5:00	1	1		1		
5:00	6:00		3				
6:00	7:00	2	5	2	2	1	1
7:00	8:00		7	1			
8:00	9:00	2	3		3		1
9:00	10:00	1	3	1	2		
10:00	11:00		5	1	1	1	
11:00	12:00	1	6	3	2	1	1
12:00	13:00		3				
13:00	14:00		2	1	2		
14:00	15:00		7				
15:00	16:00	1	4	1	3		
16:00	17:00	2	1		1	1	1
17:00	18:00	1	6	1			
18:00	19:00	1	6				
19:00	20:00	2	3	3	1		
20:00	21:00		2		2	1	
21:00	22:00		3				
22:00	23:00						
23:00	0:00						
TOTAL		14	75	17	25	8	7

RESUMEN

Código de estación: E1 **Ubicación:** Km 5+500
Estación: Cerro Grande **Sentido:** Calamarca - Huaso
Día: Lunes - Domingo **Fecha:** Marzo 2017

HORA		BUS 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	CAMIÓN 4 EJES	SEMITRÁILER T3S2	SEMITRÁILER T3S3
0:00	1:00		7	2	3	2	2
1:00	2:00						
2:00	3:00		8	4	4	2	2
3:00	4:00		6	1	2		
4:00	5:00	1	10	2	4		1
5:00	6:00	2	2	1	5		
6:00	7:00	5	10	5	3	2	1
7:00	8:00	3	11				
8:00	9:00	4	18	2	6	4	3
9:00	10:00	3	8	1	2		
10:00	11:00	1	16	4	4	4	
11:00	12:00	1	13	1	4		
12:00	13:00	1	9		1		1
13:00	14:00	3	17	1	4	1	
14:00	15:00		15	3			
15:00	16:00	6	13	5	3	1	
16:00	17:00	3	8	1	5	2	1
17:00	18:00	2	13		3		
18:00	19:00	2	12		2		
19:00	20:00	5	8	5	5	1	
20:00	21:00	2	14	2	6	2	1
21:00	22:00	2	17	2	2	1	1
22:00	23:00		4	1	3	1	
23:00	0:00						
TOTAL		46	239	43	71	23	13

APÉNDICE N.º 3: CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE LA PARTIDA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO DE LA PARTIDA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

1. ESCARIFICADO CON MOTONIVELADORA 145-150 HP

$$Q_T = \frac{60 \times d \times e \times (L_e - L_o) \times E}{N \times T} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Donde:

d: distancia de trabajo recorrida por el equipo [m]

e: espesor de la capa [m]

Le: ancho útil en cada pasada [m]

Lo: ancho de traslape [m]

E: eficiencia

N: número de pasadas necesarias

T: tiempo de duración del ciclo de trabajo [min]

1,000.00
0.20
3.17
0.60
0.85
2.00
17.47

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + t_f$$

d: distancia de trabajo [m]

Va: velocidad de avance [m/min]

Vr: velocidad de retroceso [m/min]

tf: tiempo fijo [min]

1,000.00
116.67
126.67
1.00

-> Segunda a cuarta marcha (3ra)

-> Segunda a cuarta marcha (3ra)

Q_T: Productividad en volumen [m³/h]

750.42

→ Para 1 Km de carretera:

Volumen [m³]

Q_T [m³/h]

∴ Duración por Km [h]

1,320.00
750.42
1.76

2. ADICIÓN DE CEMENTO Y BATIDO CON MOTONIVELADORA 145-150 HP

$$Q_T = \frac{60 \times d \times e \times (L_e - L_o) \times E}{N \times T} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Donde:

d: distancia de trabajo recorrida por el equipo [m]

e: espesor de la capa [m]

Le: ancho útil en cada pasada [m]

Lo: ancho de traslape [m]

E: eficiencia

N: número de pasadas necesarias

1,000.00
0.20
3.17
0.60
0.85
8.00

T: tiempo de duración del ciclo de trabajo [min]

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + t_f$$

d: distancia de trabajo [m]
 Va: velocidad de avance [m/min]
 Vr: velocidad de retroceso [m/min]
 tf: tiempo fijo [min]

1,000.00	
251.67	-> Cuarta a sexta marcha (5ta)
371.67	-> Cuarta a sexta marcha (5ta)
1.00	

7.66

Q_T: Productividad en volumen [m³/h]

427.55

→ Para 1 Km de carretera:

Volumen [m ³]	1,320.00
Q _T [m ³ /h]	427.55
∴ Duración por Km [h]	3.09

3. ADICIÓN DE ADITIVO PROES CON CAMIÓN CISTERNA 4X2 145-165HP 5000 GAL

$$Q_T = \frac{60 \times C \times E}{i \times T_A} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Donde:

C: capacidad del tanque [L]	18,925.00
E: eficiencia	0.90
i: cantidad de agua requerida [L/m ³]	307.70
T _A : duración del ciclo del camión cisterna [min]	57.96

$$T_A = t_1 + t_f + t_2 + t_a + t_r$$

t₁: tiempo de carga [min] 22.26

$$t_1 = \frac{C}{J}$$

J: rendimiento bomba [L/min] 850.00 -> Bomba de 4"

t_f: tiempo fijo [min] 1.00

t₂: tiempo de descarga [min] 31.54

$$t_2 = \frac{C}{Jv}$$

Jv: caudal de vaciado [L/min] 600.00

t_a: tiempo de acarreo [min] 1.80

$$t_a = \frac{D}{V_c}$$

V_c: velocidad camión cargado [m/min] 500.00 (30 Km/h)

t_r : tiempo de retorno [min]

1.35

$$t_r = \frac{D}{V_r}$$

V_r : velocidad camión descargado [m/mir 666.67 (40 Km/h)

Q_T : Productividad en volumen [m^3/h]

57.31

→ Para 1 Km de carretera:

Volumen [m^3]

1,320.00

Q_T [m^3/h]

114.61

(Usando 2 cisternas)

∴ Duración por Km [h]

11.52

4. MEZCLADO CON MOTONIVELADORA 145-150 HP

$$Q_T = \frac{60 \times d \times e \times (L_e - L_o) \times E}{N \times T} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Donde:

d : distancia de trabajo recorrida por el equipo [m]

e : espesor de la capa [m]

L_e : ancho útil en cada pasada [m]

L_o : ancho de traslape [m]

E : eficiencia

N : número de pasadas necesarias

T : tiempo de duración del ciclo de trabajo [min]

1,000.00
0.20
3.17
0.60
0.85
2.00
7.66

$$T = \frac{d}{V_a} + \frac{d}{V_r} + t_f$$

d : distancia de trabajo [m]

V_a : velocidad de avance [m/min]

V_r : velocidad de retroceso [m/min]

t_f : tiempo fijo [min]

1,000.00
251.67
371.67
1.00

-> Cuarta a sexta marcha (5ta)

-> Cuarta a sexta marcha (5ta)

Q_T : Productividad en volumen [m^3/h]

1,710.18

→ Para 1 Km de carretera:

Volumen [m^3]

1,320.00

Q_T [m^3/h]

1,710.18

∴ Duración por Km [h]

0.77

5. COMPACTACIÓN CON RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP, 10-12 ton

$$Q = \frac{W \times e \times V}{N} \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Donde:

W: ancho efectivo de compactación [m]
e: espesor de la capa de compactación [m]
V: velocidad de operación [m/h]
E: eficiencia
N: número de pasadas
Q_T: Productividad en volumen [m³/h]

1.83
0.20
6,400.00 (6.4 Km/h)
0.80
8.00
234.24

→ Para 1 Km de carretera:

Volumen [m ³]	1,320.00
Q _T [m ³ /h]	234.24
∴ Duración por Km [h]	5.64

RENDIMIENTO TOTAL DE LA PARTIDA DE MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

$$R = \frac{D \times a \times e}{T}$$

Donde:

D: distancia total [m]
a: ancho calzada [m]
e: espesor de la capa de compactación [m]
T: tiempo total calculado [h]
R: rendimiento partida [m³/h]

1,000.00
6.60
0.20
22.77
57.97

→ Rendimiento en 1 día (8 h) [m³/día]

463.75

Para la presente investigación, se tomará un rendimiento de 450 m³/día.

manual de rendimiento

edición 31

CATERPILLAR[®]

Motoniveladoras

- Velocidades de desplazamiento (Todas las versiones)
- Tracción en todas las ruedas
- Escarificadores M10

VELOCIDADES DE DESPLAZAMIENTO A VELOCIDAD NOMINAL CON NEUMATICOS ESTANDAR (TODAS LAS VERSIONES)

MARCHA	1		2		3		4		5		6		7		8	
	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph	km/h	mph
120H Avance	3,6	2,3	5,0	3,1	7,2	4,5	9,9	6,2	15,6	9,7	21,3	13,2	29,3	18,2	42,6	26,5
120H Retroceso	2,9	1,8	5,4	3,4	7,8	4,9	12,3	7,7	23,1	14,4	33,7	20,9	—	—	—	—
135H Avance	3,6	2,3	4,9	3,1	7,2	4,5	9,9	6,2	15,4	9,6	20,9	13,0	28,8	17,9	41,9	26,0
135H Retroceso	2,9	1,8	5,4	3,3	7,8	4,9	12,2	7,6	23,0	14,3	33,1	20,6	—	—	—	—
12H* Avance	3,4	2,1	4,6	2,9	6,7	4,2	9,2	5,7	14,6	9,0	19,8	12,3	27,3	17,0	39,7	24,7
12H* Retroceso	2,7	1,7	5,0	3,1	7,3	4,5	11,5	7,2	21,6	13,4	31,3	19,5	—	—	—	—
140H Avance	3,5	2,2	4,8	3,0	7,0	4,3	9,6	6,0	15,1	9,4	20,5	12,8	28,3	17,6	41,1	25,5
140H Retroceso	2,8	1,7	5,2	3,2	7,6	4,7	11,9	7,4	22,3	13,9	32,4	20,2	—	—	—	—
143H Avance	3,5	2,2	4,8	3,0	7,0	4,3	9,6	6,0	15,1	9,4	20,5	12,8	28,3	17,6	41,1	25,5
143H Retroceso	2,8	1,7	5,2	3,2	7,6	4,7	11,9	7,4	22,3	13,9	32,4	20,2	—	—	—	—
160H Avance	3,5	2,2	4,8	3,0	7,0	4,3	9,6	6,0	15,0	9,3	20,3	12,6	28,0	17,4	40,7	25,3
160H Retroceso	2,8	1,7	5,2	3,2	7,6	4,7	11,8	7,3	22,3	13,9	32,1	20,0	—	—	—	—
163H Avance	3,5	2,2	4,8	3,0	7,0	4,3	9,6	6,0	15,0	9,3	20,3	12,6	28,0	17,4	40,7	25,3
163H Retroceso	2,8	1,7	5,2	3,2	7,6	4,7	11,8	7,3	22,3	13,9	32,1	20,0	—	—	—	—
14H Avance	3,7	2,3	5,3	3,3	7,1	4,4	10,3	6,4	15,5	9,6	21,8	13,5	29,5	18,3	42,7	26,5
14H Retroceso	4,1	2,6	5,8	3,6	7,9	4,9	11,4	7,1	17,7	10,7	24,1	15,0	32,7	20,3	47,3	29,4
16H Avance	3,9	2,4	5,5	3,4	7,4	4,6	10,7	6,7	16,2	10,1	22,7	14,1	30,8	19,1	44,5	27,7
16H Retroceso	3,7	2,3	5,2	3,2	7,0	4,4	10,2	6,3	15,4	9,6	21,6	13,4	29,2	18,2	42,3	26,3
24H con neumáticos de base ancha Avance	3,2	2,0	4,9	3,1	8,5	5,3	13,1	8,1	24,3	15,1	37,7	23,4	—	—	—	—
24H con neumáticos de base ancha Retroceso	4,7	2,9	12,6	7,8	36,1	22,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*Para las velocidades de la 12H Versión Estándar, multiplique por 1,05.

TRACCION EN TODAS LAS RUEDA (AWD)

	143H		163H	
Potencia con AWD conectada	138 kW	185 hp	149 kW	200 hp
Gama de trabajo:				
Marchas de avance	1-7		1-7	
Marchas de retroceso	1-5		1-5	
Tipo de bomba	Pistón axial		Pistón axial	
Capacidad del sistema	175 L/min	46,2 gal/min	175 L/min	46,2 gal/min
Presión de trabajo: Máx.	35.000 kPa	5080 lb/pulg ²	35.000 kPa	5080 lb/pulg ²
Mín.	5500 kPa	800 lb/pulg ²	5500 kPa	800 lb/pulg ²

ESCARIFICADOR DELANTERO — M10

120H, 135H, 12H, 140H, 143H, 160H, 163H

	En "V"		Recto*	
Tipo	En "V"		Recto*	
Ancho en orden de trabajo	1184 mm	46,6"	1800 mm	71"
Profundidad máx.	292 mm	11,5"	317 mm	12,5"
Número de portadientes	11		17	
Distancia entre dientes	116 mm	4,6"	111 mm	4,38"

*Disponible solamente para las versiones NA.

Longitud de la vertedera m (pies)	Longitud efectiva, m (pies) ángulo de la hoja 30 grados	Longitud efectiva, m (pies) ángulo de la hoja 45 grados
3,658 (12)	3,17 (10,4)	2,59 (8,5)
3,962 (13)	3,43 (11,3)	2,80 (9,2)
4,267 (14)	3,70 (12,1)	3,02 (9,9)
4,877 (16)	4,22 (13,9)	3,45 (11,3)
7,315 (24)	6,33 (20,8)	5,17 (17,0)

Para otras longitudes de hoja y otros ángulos:

Longitud efectiva = Longitud de la hoja x seno (ángulo)

Ancho de superposición:

El ancho de superposición es generalmente **0,6 m** (2,0 pies). Esta superposición es para mantener los neumáticos fuera de los camellones en la pasada de retorno.

Eficiencia del trabajo:

La eficiencia del trabajo varía según las condiciones del trabajo, la habilidad del operador, etc.

Una buena estimación de la eficiencia del trabajo es aproximadamente de 0,70 a 0,85, pero habrá que tener en cuenta las condiciones reales de operación para determinar el valor más apropiado.

Ejemplo:

Una motoniveladora 140H con una vertedera de 3,66 m (12 pies) está haciendo trabajo de mantenimiento de una carretera comarcal. La máquina trabaja a una velocidad media de 13 km/h (8 mph) con un ángulo de transporte de la vertedera de 60 grados. ¿Cuál es la producción de la motoniveladora en función del área cubierta?

Nota: Como en el trabajo de mantenimiento de carreteras se dan pasadas largas (menos vueltas), se ha elegido una eficiencia de trabajo más alta (0,90).

Solución:

De la tabla, la longitud efectiva de la vertedera es de 3,17 m (10,4 pies).

Sistema métrico:

$$\begin{aligned} \text{Producción, A} &= 13 \text{ km/h} \times (3,17 \text{ m} - 0,6 \text{ m}) \times 1000 \times \\ & \quad 0,90 \\ &= \mathbf{30.069 \text{ m}^2/\text{hora} (3,07 \text{ hectárea/hora})} \end{aligned}$$

Sistema inglés:

$$\begin{aligned} \text{Producción, A} &= 8 \text{ mph} \times (10,4 \text{ pies} - 2,0 \text{ pies}) \times 5280 \\ & \quad \times 0,90 \\ &= \mathbf{3319.334 \text{ pies}^2/\text{hora} (7,33 \text{ acres/hora})} \end{aligned}$$



MODELO

CS-533D^{1,2}

CS-563D^{1,2,3,4}

CS-583D⁴

Potencia en el volante	108 kW	145 hp	114 kW	153 hp	114 kW	153 hp
RPM nominales del motor	2200		2200		2200	
No. de cilindros	6		6		6	
Cilindrada	6,6 L	403 pulg³	6,6 L	403 pulg³	6,6 L	403 pulg³
Modelo de motor	3116T		3116T		3116T	
Velocidades	2 de avance/2 de retroceso		2 de avance/2 de retroceso		2 de avance/2 de retroceso	
Velocidad máxima (Avance/Retroceso)	12,8 km/h	8,0 mph	12,7 km/h	7,8 mph	12,7 km/h	7,8 mph
Velocidad de trabajo	6,0 km/h	4,0 mph	6,4 km/h	4,0 mph	6,4 km/h	4,0 mph
Peso en orden de trabajo	9390 kg	20.658 lb	10.875 kg	23.975 lb	15.200 kg	33.510 lb
Peso de embarque	9080 kg	19.976 lb	10.565 kg	23.243 lb	14.890 kg	32.758 lb
Impulsión	Tambor/Ruedas traseras		Tambor/Ruedas traseras		Tambor/Ruedas traseras	
Dirección:						
Radio interior	3530 mm	11'7"	3530 mm	11'7"	3530 mm	11'7"
Radio exterior	5660 mm	18'7"	5660 mm	18'7"	5660 mm	18'7"
Angulo de dirección	±35°		±35°		±35°	
Sistema vibratorio:						
Mecanismo de rotación de pesas excéntricas	Hidráulico		Hidráulico		Hidráulico	
Frecuencia	31,9 Hz	1914 vpm	31,9 Hz	1914 vpm	30 Hz	1800 vpm
Amplitud	2		2		2	
Amplitud alta	1,70 mm	0,067"	1,70 mm	0,067"	1,70 mm	0,067"
Amplitud baja	0,85 mm	0,033"	0,85 mm	0,033"	0,85 mm	0,033"
Fuerza centrífuga						
Amplitud alta	266 kN	60.000 lb	266 kN	60.000 lb	311 kN	70.000 lb
Amplitud baja	133 kN	30.000 lb	133 kN	30.000 lb	156 kN	35.000 lb
Dimensiones principales:						
Ancho total con hoja	2740 mm	9'0"	2430 mm	8'0"	—	—
Ancho total sin hoja	2438 mm	8'0"	2286 mm	7'6"	2290 mm	7'6"
Ancho del tambor	2130 mm	7'0"	2130 mm	7'0"	2130 mm	7'0"
Diámetro del tambor	1520 mm	5'0"	1520 mm	5'0"	1520 mm	5'0"
Neumáticos	23.1 × 26-8 telas		23.1 × 26-8 telas		23.1 × 26-8 telas	
Altura total	2770 mm	9'1"	3040 mm	9'11"	3040 mm	9'11"
Distancia de las ruedas al tambor	2900 mm	9'6"	2900 mm	9'6"	2900 mm	9'6"
Longitud total	5510 mm	18'1"	5510 mm	18'1"	5510 mm	18'1"
Espacio libre sobre el cordón	483 mm	1'7"	483 mm	1'7"	483 mm	1'7"
Capacidades de llenado:						
Tanque de combustible	265 L	70 gal. EE.UU.	265 L	70 gal. EE.UU.	265 L	70 gal. EE.UU.
Cárter	20 L	5,3 gal. EE.UU.	20 L	5,3 gal. EE.UU.	20 L	5,3 gal. EE.UU.
Fluido hidráulico	80 L	21 gal. EE.UU.	80 L	21 gal. EE.UU.	80 L	21 gal. EE.UU.

¹Hay disponible una hoja niveladora.

²Hay disponible un juego de conversión de tambor de pisonés.

³Hay disponible un juego de estructura de pisonés.

⁴Disponible con vibraciones de frecuencia variable, 23,3 a 31,9 Hz (**1400-1914 vpm**) para el CS-563D y 23,3 a 30 Hz (**1400-1800 vpm**) para el CS-583D.

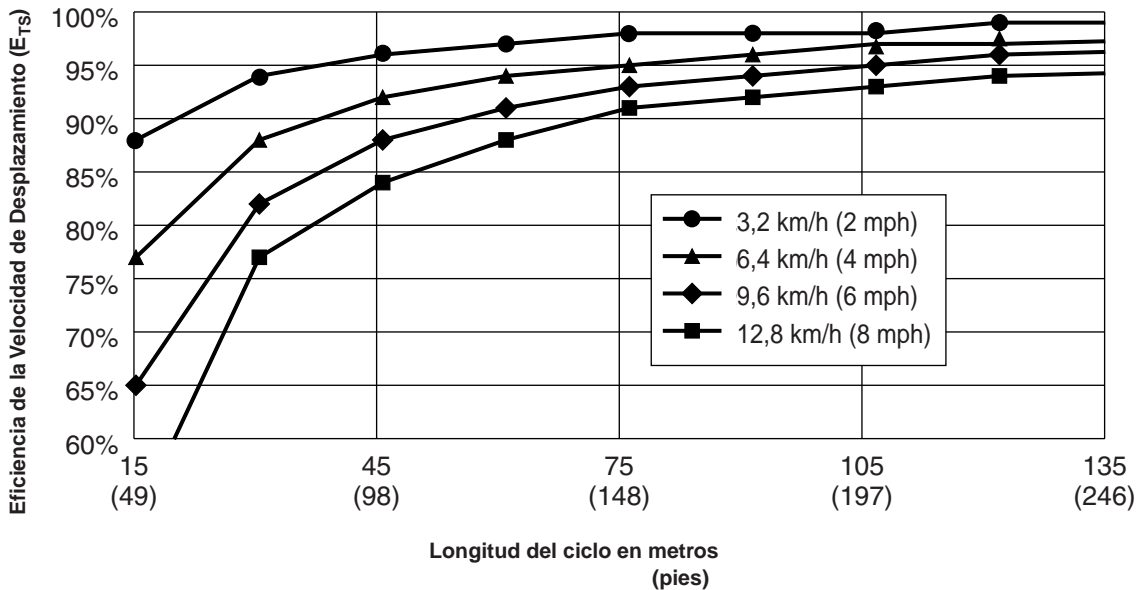
Las tablas en esta sección indican los cálculos de producción suponiendo las siguientes condiciones:

Velocidad nominal de desplazamiento de la máquina: 6,4 km/h (4,0 mph)
 Ancho de superposición de compactación: 15,2 cm (6,0 pulgadas)

Los valores en la tabla dan valores de producción **representativos** para tres condiciones frecuentes en construcción: zanjas, carreteras y áreas abiertas (> 15 m o 50 pies).

Modelo	Ancho del tambor		Espesor de la capa		Pasadas necesarias	Cálculos de producción			
	cm	pulg	cm	pulg			Zanja de 3,7 m (12 pies)	Base de carretera 9,15 m (30 pies)	Áreas abiertas
CS-323C	127	50	10,2	4	6	m³/hr yds³/hr	80 104	111 145	122 159
CS-431C, CS-433C	167,6	66	10,2	4	4	m³/hr yds³/hr	159 209	249 326	249 326
CS-531D, CS-533D CS-563D	213,4	84	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	239 313	299 391	324 424
CS-583D	213,4	84	15,2	6	4	m³/hr yds³/hr	— —	448 587	486 636
CP-323C	127	50	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	120 156	133 174	183 239
CP-433C	167,6	66	15,2	6	6	m³/hr yds³/hr	159 209	199 261	249 326
CP-533D, CP-563D	213,4	84	30,5	12	6	m³/hr yds³/hr	478 626	478 626	647 847

Eficiencia de la Velocidad de Desplazamiento

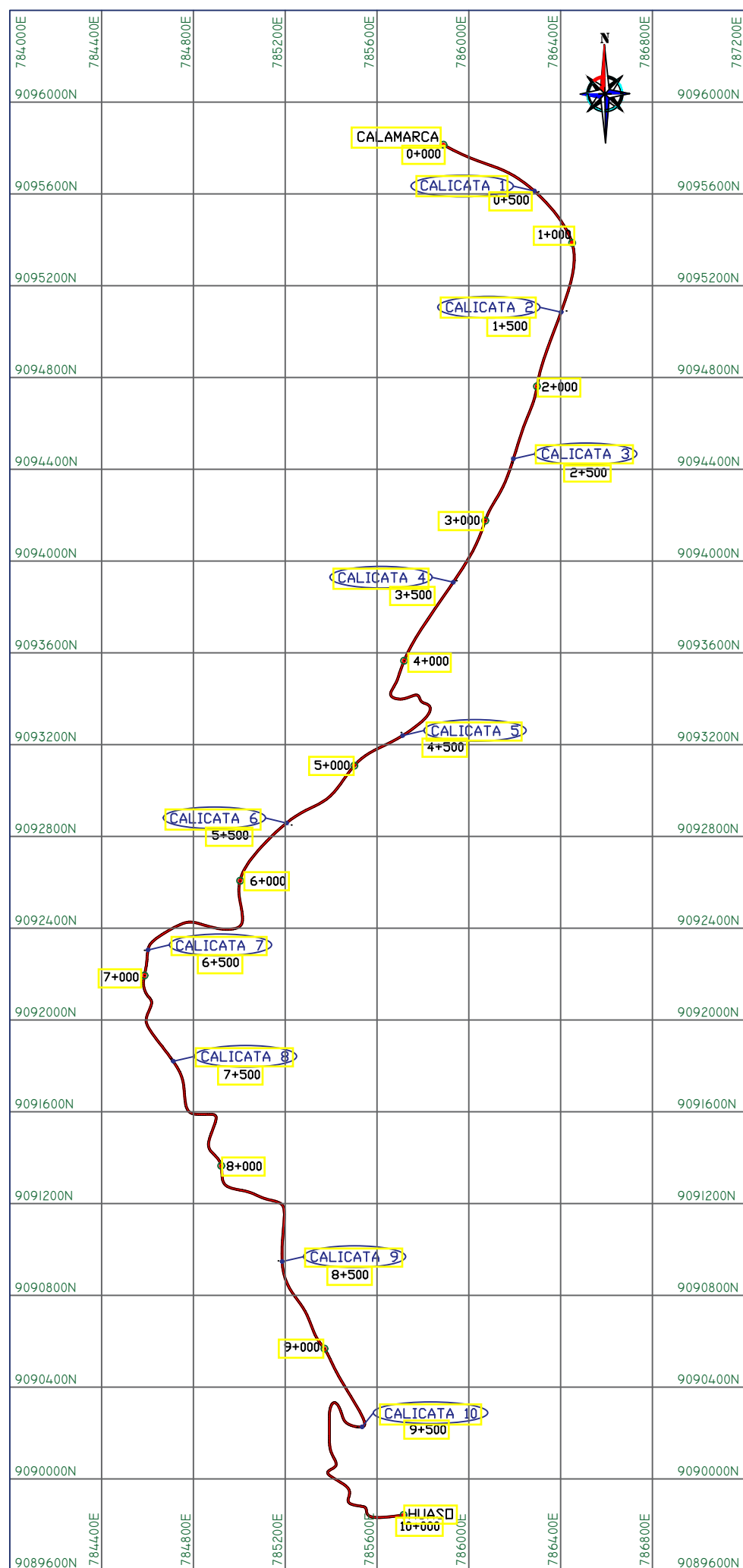


APÉNDICE N.º 4:

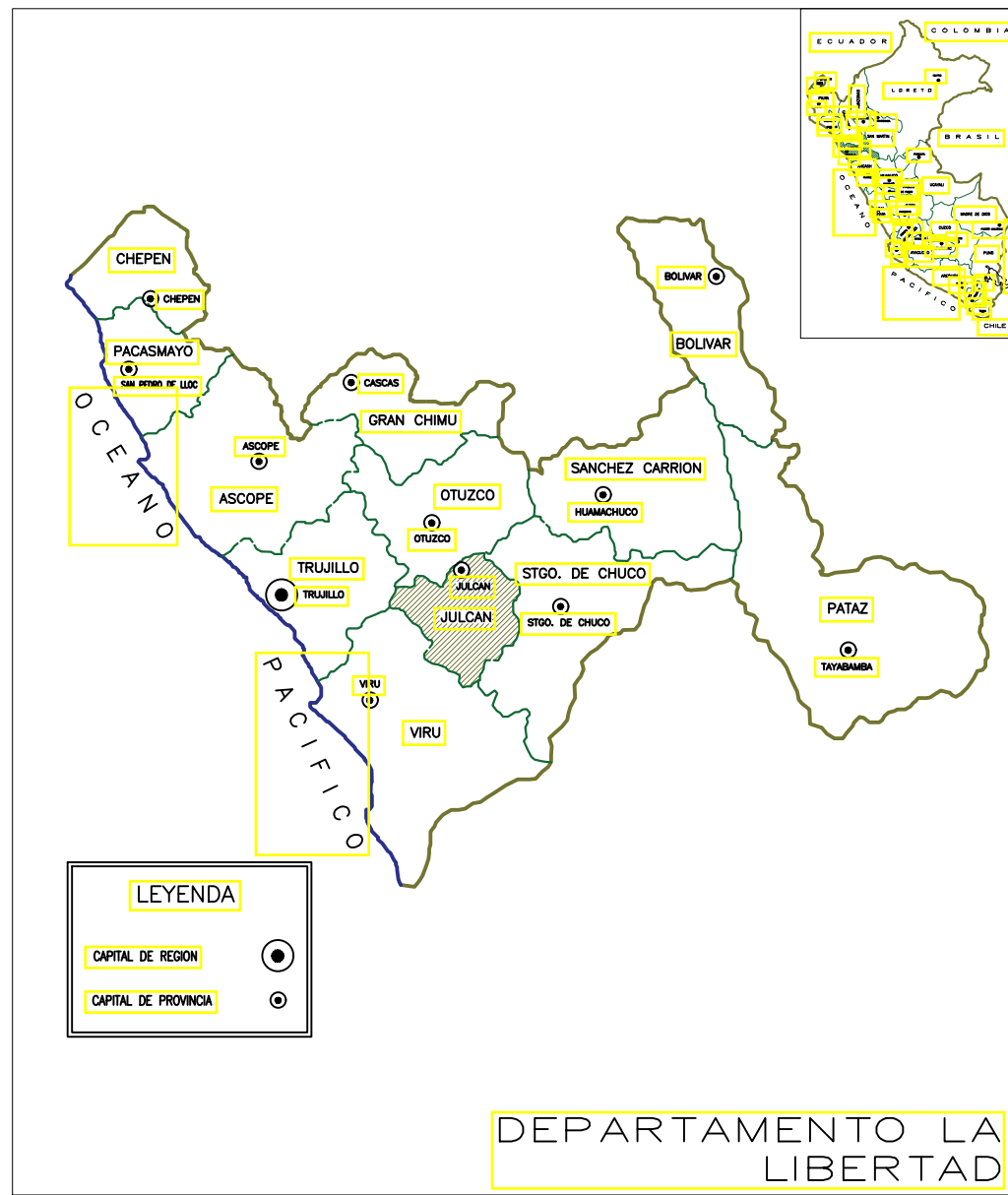
PLANOS

Plano 1: Planos de Ubicación

Plano 2: Corte transversal de pavimentos



ESC.=1/25,000



DEPARTAMENTO LA LIBERTAD

ESCALA: 1/2'500,000

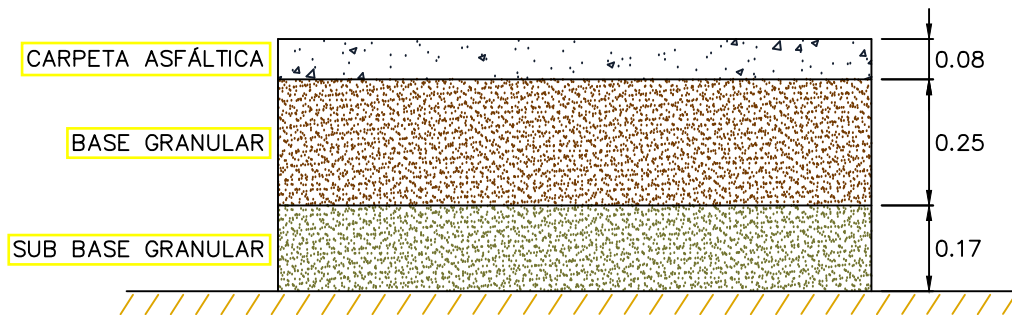


PROVINCIA DE JULCÁN

ESCALA: 1/500,000

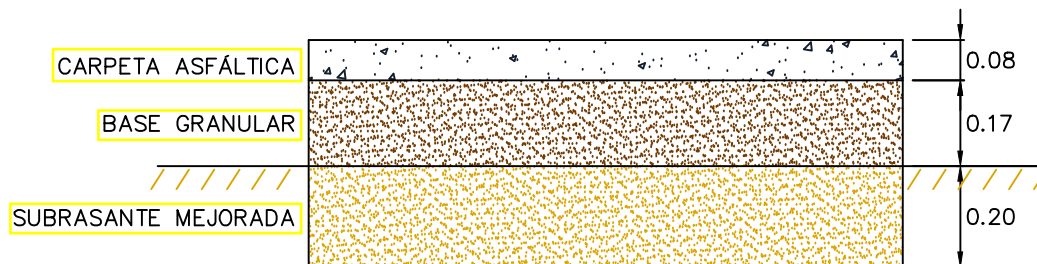
DESCRIPCIÓN	KM	COORDENADAS UTM	
		ESTE	NORTE
CALAMARCA	0+000	785381.1	9095837.5
Calicata 1	0+500	785568.2	9095647.9
	1+000	785785.8	9095475.3
Calicata 2	1+500	785609.6	9094987.3
	2+000	785520.0	9094825.6
Calicata 3	2+500	785407.9	9094488.8
	3+000	785340.1	9094321.7
Calicata 4	3+500	785195.2	9094030.3
	4+000	785018.3	9093818.0
Calicata 5	4+500	784933.2	9093390.4
	5+000	784678.5	9093088.9
Calicata 6	5+500	784274.7	9092866.2
	6+000	784246.4	9092612.5
Calicata 7	6+500	783876.7	9092367.4
	7+000	784074.1	9092059.0
Calicata 8	7+500	784107.4	9091676.1
	8+000	784176.4	9091349.5
Calicata 9	8+500	784422.4	9091267.7
	9+000	784418.9	9090909.6
Calicata 10	9+500	784717.8	9090437.3
	HUASO	10+000	784921.7	9089995.5

PLANO	DIBUJADO POR		
UBICACIÓN DE CALICATAS Y SECTORES DE ESTUDIO EN EL MAPA DE LA LIBERTAD	PAOLA EMPERATRIZ CASTILLO BRICEÑO		
	ESCALA INDICADA	U.M. METROS	




ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO SIN MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	=	$a_1 = 0.170$
BASE GRANULAR	80%	$a_2 = 0.052$
SUB BASE GRANULAR	40%	$a_3 = 0.047$
SUBRASANTE	6.9%	=



ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PARA UNA SUBRASANTE MEJORADA CON 0.27 L/M^3 ADITIVO PROES + CEMENTO PORTLAND (45 KG/M^3)

CAPA DEL PAVIMENTO	CBR	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
CARPETA ASFÁLTICA	=	$a_1 = 0.170$
BASE GRANULAR	80%	$a_2 = 0.052$
SUBRASANTE MEJORADA	108.8%	$a_4 = 0.053$

TESIS	PLANO	DISEÑO		 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CALAMARCA – HUASO, LA LIBERTAD, 2018	CORTE TRANSVERSAL DE PAVIMENTOS DISEÑADOS	PAOLA EMPERATRIZ CASTILLO BRICEÑO		
		ESCALA	U.M.	
		1: 15	METROS	

APÉNDICE N.º 5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 201 - 2017

Página 1 de 4

1. Expediente	17086
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
3. Dirección	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	15000 g
División de escala (d)	0,5 g
Div. de verificación (e)	5,0 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P15
Número de Serie	8336420544
Capacidad mínima	10,0 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	1-020409 (*)
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.
5. Fecha de Calibración	2017-04-25

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).

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

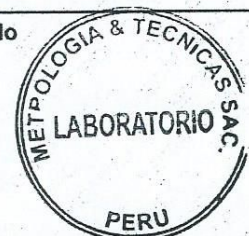
Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2017-04-28

JUAN C. QUISPE MORALES



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 202 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	17086
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
3. Dirección	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30 kg
División de escala (d)	0,001 kg
Div. de verificación (e)	0,01 kg
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	EB30
Número de Serie	8034161919
Capacidad mínima	0,020 kg
Procedencia	U.S.A.
Identificación	1-013561 (*)
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.
5. Fecha de Calibración	2017-04-25

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).

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

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

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2017-04-28

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN C. QUISPE MORALES



APÉNDICE N.º 6: PROCEDIMIENTO DE ENSAYO CBR PARA PROES

Confección de probetas para CBR con Tecnología Proes

1. Toma de Muestras

La toma de muestras se realizará al material (suelo natural o mezcla de suelo natural y otro material especificado) que se estabilizará químicamente con Tecnología **PROES_{MR}**. Todos los muestreos de materiales se realizan de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Conservación y transporte de muestras de suelos. (ASTM D-4220)
- Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo. (AASHTO T248)
- Preparación en seco de muestras de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-421 ASTM D-2217 AASHTO T87)
- Preparación de muestras húmedas de suelo para análisis granulométrico y determinación de las constantes físicas. (ASTM D-2217)

2. Ensayes de Laboratorio

Las muestras se someten a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado.
(ASTM C-136 – M.C. 8.102.1)
- Determinación del límite líquido de los suelos.
(ASTM D-4318 – AASHTO T89 – M.C. 8.102.3)
- Determinación del límite plástico e Índice de plasticidad.
(ASTM D-4318 – AASHTO T90 – M.C. 8.102.4)
- Próctor modificado.
(ASTM D-1557 – M.C. 8.102.7)

Con las dosis de aditivos entregadas en certificados de dosificación se realizan los ensayos de CBR y Próctor modificado.

Antes de realizar el ensaye de CBR, se debe calcular la cantidad de aditivo líquido **PROES_{MR}** y aditivo sólido a utilizar, para lo cual es necesario haber realizado antes en el ensaye de Proctor Modificado. Esto se hará según la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de Aditivo Sólido} = \frac{A \times \text{Dosis óptima de aditivo sólido}}{\text{Próctor Modificado}}$$

$$\text{Cantidad de Aditivo Líquido} = \frac{A \times \text{Dosis óptima de aditivo líquido}}{\text{Próctor Modificado}}$$

Donde:

A = Peso de material para realizar el ensayo
Próctor Modificado = Se refiere a Próctor Modificado del suelo natural

El aditivo sólido se adiciona a la muestra de suelo a tratar, la cual se encontrará ya pesada en un bol o paila adecuada, y se realiza la mezcla homogénea.

Se homogeniza la mezcla y se incorpora agua hasta una humedad de alrededor de 4% debajo de la óptima.

El aditivo líquido se disolverá en el agua faltante para llegar a la óptima, más un 1% debido a la absorción de agua por el aditivo sólido.

Se mezcla agua – aditivo líquido a la muestra de suelo con aditivo sólido, se homogeniza y se deja reposar entre ½ y 1 hora antes de la confección de las probetas.

Una vez confeccionadas las probetas se cubren con un plástico y arena o aserrín humedecido y se dejan en curado en lugar fresco y seco por 7 días, a temperatura mayor a 12°C.

A continuación, pasado los 7 días de reacción, se sigue el procedimiento indicado en la norma ASTM D1883 – AASHTO T193 – M.C. 8.102.11.

8.102.11 SUELOS: METODO DE ENSAYE CBR (RAZON DE SOPORTE DE CALIFORNIA) (LNV 92)*

1.- Alcances y Campo de Aplicación.

1.1 Este método establece el procedimiento para determinar un índice de resistencia de los suelos, conocido como Razón de Soporte de California (CBR). El ensaye se realiza normalmente a suelos compactados en laboratorio, con la humedad óptima y niveles de energía variables.

Nota 1: La denominación CBR se deriva de "California Bearing Ratio".

1.2 Este método se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de suelos de subrasante, como también de materiales empleados en la construcción de terraplenes, subbases, bases y capas de rodadura granulares.

1.3 No obstante que originalmente el método fue diseñado para evaluar el soporte de suelos de tamaño máximo 3/4" (20 mm), el ensaye es aplicable a todos aquellos suelos que contengan una cantidad limitada de material que pasa por el tamiz de 50 mm y es retenido en el tamiz de 20 mm.

Nota 2: Cuando el tamaño máximo absoluto del material en estudio sea superior a 20 mm, el peso retenido en este tamiz se reemplazará por uno equivalente de material de la misma muestra que pasa por 20 mm y es retenido en 5 mm.

*El Método 8.102.11 (LNV 92) es una adaptación de la norma NCh 1852-81.

2.- Referencias.

- NCh 1852.Of 81 Mecánica de Suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio.
- AASHTO T 193-93 The California Bearing Ratio.
- ASTM D 1883-94 Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory - Compacted Soils.
- NLT- 111/87 Indice CBR en el laboratorio.
- Método 8.102.2 Suelos: Método para determinar el contenido de humedad.

- Método 8.102.6 Suelos: Método para determinar la relación humedad/densidad - ensaye Próctor normal.
- Método 8.102.7 Suelos: Método para determinar la relación humedad/densidad - ensaye Próctor modificado.
- Método 8.202.2 Agregados pétreos: Método para el cuarteo de muestras.

3.- Resumen del Método.

Este método consiste en medir la presión necesaria para hacer penetrar un pistón de 50 mm de diámetro en una masa de suelo compactada en un molde cilíndrico de acero, a una velocidad de 1,27 mm/min, para producir deformaciones de hasta 12,7 mm (1/2"). El índice CBR es la relación, expresada en porcentaje, entre dicha presión y la que se requiere para producir las mismas deformaciones en un material chancado normalizado, al cual se le asigna un valor de 100%. Para la ejecución del ensaye se compactan al menos tres probetas con la humedad óptima y niveles de densidad variables.

4.- Equipos y Accesorios.

4.1 Prensa de Ensaye.

Está conformada por un marco de carga con una capacidad mínima de 44,5 kN (10.000 lbf) y una gata mecánica capaz de desplazar una base metálica rígida a una velocidad uniforme y sin pulsaciones, de 1,27 mm/min, contra el pistón de penetración. Este último debe estar equipado con un dispositivo indicador de carga de una capacidad mínima de 26,7 kN (6.000 lbf), que permita registrar lecturas con una resolución mínima de 50 N. El pistón debe llevar, además, sujeto a él, un dial de penetración graduado en milésimas de pulgada (0,025 mm).

Nota 3: Para bajos valores de CBR (inferiores a 5%), se recomienda el uso de dispositivos indicadores de carga con resolución mínima de 30 N.

4.2 Moldes.

Metálicos, cilíndricos, con un diámetro interno de $152,4 \pm 0,7$ mm y una altura de $177,8 \pm 0,5$ mm. Deben tener un collar de extensión metálico de 50,8 mm de altura y una placa base metálica de 9,5 mm de espesor con perforaciones de un diámetro menor o igual que 1,6 mm.

4.3 Disco Espaciador.

Metálico, cilíndrico, con un diámetro de $150,8 \pm 0,8$ mm y una altura de $61,4 \pm 0,2$ mm.

4.4 Pisón.

Debe cumplir con lo especificado en los Métodos 8.102.6 ó 8.102.7.

4.5 Aparato Medidor de Expansión (Hinchamiento).

Compuesto por:

- a)** Una placa metálica de $149,2 \pm 1,6$ mm de diámetro, por cada molde. La placa debe tener perforaciones de un diámetro menor o igual que 1,6 mm, y estar provista de un vástago ajustable de metal en el centro, con un sistema de tornillo y contratuerca que permita regular y fijar su altura.
- b)** Un trípode metálico por cada molde, cuyas patas puedan apoyarse en el borde de éste, y que lleve montado en el centro un calibre comparador con indicador de dial, con resolución de lectura 0,025 mm. El vástago debe desplazarse libremente y coincidir con el de la placa, de forma tal que permita controlar la posición de ésta y medir el hinchamiento (ver Lámina 8.102.11 A).
- c)** Un dial para medir expansión, por cada molde, con resolución de lectura 0,025 mm.

4.6 Cargas.

Para cada molde se debe disponer de una carga metálica anular y varias cargas ranuradas de $2,27 \pm 0,05$ kg cada una. La carga anular, de diámetro exterior de $149,2 \pm 1,6$ mm, debe disponer de una perforación u orificio en el centro de aproximadamente 54 mm de diámetro (ver Lámina 8.102.11 A).

Nota 4: Para disminuir el número de discos de carga necesarios para el ensaye, se pueden utilizar combinadamente discos confeccionados en plomo y en acero.

4.7 Pistón de Penetración.

Metálico, cilíndrico, de $49,6 \pm 0,1$ mm de diámetro y una longitud no inferior a 101,6 mm.

4.8 Otros equipos y Accesorios.

- a) Un tambor o depósito de capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua, ubicado en un lugar tal que ésta no alcance su punto de congelación.
- b) Un horno con circulación de aire y temperatura regulable, que permita el secado de muestras a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- c) Balanza de 20 kg de capacidad y resolución 1 g.
- d) Balanza de 2 kg de capacidad y resolución 0,1 g.
- e) Tamices.
- f) Otros: Pailas, recipientes, probetas graduadas, poruñas, espátulas, reglas, brochas, discos de papel filtro, cronómetro, etc.

5.- Muestras.

Prepare una muestra de acuerdo a lo indicado en los Métodos 8.102.6 u 8.102.7, de un tamaño aproximadamente igual a 70 kg. Efectúe un cuarteo mediante el Método 8.202.2 para obtener dos porciones de aproximadamente 35 kg cada una. Destine una de las porciones de 35 kg para el ensaye de humedad - densidad (Métodos 8.102.6 u 8.102.7), y divida el resto de la muestra en 5 porciones representativas de aproximadamente 7 kg cada una para la ejecución del ensaye CBR.

6.- Relación Humedad – Densidad.

Determine el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima compactada seca (DMCS) del material, de acuerdo con los Métodos 8.102.6 u 8.102.7, métodos B o D.

7.- Preparación de las Probetas.

7.1 Compacte al menos 3 probetas en un rango de 90% a 100% de la densidad máxima compactada seca determinada en 6.

7.2 Mezcle homogéneamente con agua cada una de las tres o más porciones de suelo por ensayar, previo secado en horno a 60° C hasta masa constante. Agregue la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima determinada en 6. Luego proceda a curar la mezcla, colocando ésta en un dispositivo tapado hasta obtener una distribución uniforme de humedad.

Nota 5: En suelos de media a alta plasticidad el plazo de curado podrá variar entre 12 y 24 h. En suelos de baja a nula plasticidad este tiempo se podrá reducir a 30 - 60 min.

7.3 Para cada molde coloque el disco espaciador sobre la placa base. Fije el molde con su collar de extensión sobre dicha placa y coloque un disco de papel filtro grueso sobre el espaciador.

7.4 Compacte cada una de las porciones de suelo húmedo en el molde, en un número de capas igual al de las probetas usadas en el ensaye de humedad - densidad. Cada probeta se debe compactar con distinta energía de tal manera que la densidad en la cual se desee determinar la razón de soporte quede entre las densidades de dos probetas.

Nota 6: Generalmente se utilizan probetas compactadas con 56, 25 y 10 golpes. Si la densidad en la cual se desea determinar el CBR es menor que la del molde de 10 golpes, se deberá confeccionar otra probeta con menor energía.

Además es posible compactar probetas para densidades menor a la máxima con diferentes cantidad de golpes, por ejemplo con 12 golpes.

7.5 Si las muestras van a ser sometidas a inmersión, determine el contenido de humedad al comienzo y al final del procedimiento de compactación (2 muestras). Cada una de ellas debe pesar como mínimo 500 g.

7.6 Si las muestras no se van a someter a inmersión, obtenga la muestra para la determinación de humedad después de efectuar la penetración, según procedimiento indicado en 8.6.

Nota 7: En zonas desérticas, en que se asegure que las precipitaciones anuales son inferiores a 50 mm y no nieva, se puede eliminar la inmersión.

7.7 Retire el collar de extensión y enrase cuidadosamente el suelo compactado con una regla al nivel del borde del molde. Rellene con material fino bajo 5 mm cualquier hueco que pueda haber quedado en la superficie por eliminación de material grueso.

7.8 Saque la placa base perforada y el disco espaciador y pese el molde con el suelo compactado. Determine la masa del suelo compactado (m), restando la masa del molde. Registre aproximando a 1 g.

7.9 Determine la densidad de la muestra antes de la inmersión (ρ), dividiendo la masa de suelo compactado (m) por la capacidad volumétrica del molde (v);

$$\rho = m / v$$

Registre, aproximando el resultado a 0,01 g/cm³.

7.10 Coloque un disco de papel filtro grueso sobre la placa base perforada, invierta el molde y fíjelo a dicha placa, con el suelo compactado en contacto con el papel filtro.

Nota 8: Cuando hay riesgo de disgregación del suelo compactado en el molde, éste debe pesarse junto con la placa base. En este caso deben restarse tanto la masa del molde como la de la placa base para determinar m.

7.11 Coloque el vástago ajustable y la placa perforada sobre la probeta de suelo compactado y aplique las cargas hasta producir una sobrecarga igual a la ejercida por la estructura del pavimento sobre el material en estudio, redondeando a múltiplos de 2,27 kg (5 lb). En ningún caso debe ser menor que 4,54 kg (10 lb).

7.12 Si la muestra va a ser sometida a inmersión, coloque los moldes con sus respectivas cargas en el recipiente sin agua y acomode el aparato de expansión a cada uno de los moldes, tomando lecturas iniciales de expansión o hinchamiento. Luego agregue el agua lentamente para no producir movimientos que desajusten el trípode de expansión, permitiendo el libre acceso de ésta a las probetas, las que debe dejar sumergidas durante 96 h. Durante este período mantenga la muestra sumergida a un nivel de agua constante, sin producir vibraciones que puedan alterar las mediciones de expansión.

Nota 9: Para suelos granulares que absorben humedad fácilmente y cuyo CBR, efectuado con inmersión de 96 h, sea mayor que 40%, podrá considerarse una reducción del tiempo de inmersión hasta un mínimo de 24 h.

7.13 Al término del período de inmersión, tome las lecturas finales de expansión a cada una de las probetas y calcule el porcentaje de expansión refiriendo dichas lecturas a la altura inicial de éstas:

$$\text{Porcentaje de expansión} = \frac{\text{expansión (mm)}}{116,4} \times 100$$

7.14 Saque el agua libre dejando drenar la probeta a través de las perforaciones de la placa base durante 15 min. Cuide de no alterar la superficie de la probeta mientras se extrae el agua. Puede ser necesario inclinar la probeta para eliminar el agua superficial.

7.15 Retire las cargas y la placa base perforada. Pese el molde con el suelo. Determine la masa de suelo compactado después de la inmersión (m_i), restando la masa del molde. Registre aproximando a 1 g.

7.16 Determine la densidad de la muestra después de la inmersión (ρ_i) dividiendo la masa de suelo compactado (m_i) por la capacidad volumétrica del molde (v):

$$\rho_i = m_i / v$$

Registre, aproximando a 0,01 g/cm³.

8.- Penetración.

8.1 Coloque sobre la probeta la cantidad suficiente de cargas para producir una sobrecarga igual a la ejercida por la estructura del pavimento sobre el material en estudio, redondeando a múltiplos de 2,27 kg (5 lb) y en ningún caso menor que 4,54 kg (10 lb). Si la probeta ha sido previamente sumergida, la sobrecarga debe ser igual a la aplicada durante el período de inmersión.

Para evitar el sollevamiento del suelo en la cavidad de las cargas ranuradas, coloque en primer lugar la carga anular sobre la superficie del suelo, antes de apoyar el pistón de penetración. Luego coloque las cargas restantes.

8.2 Apoye el pistón de penetración con la carga más pequeña posible, la cual no debe exceder en ningún caso de 45 N. Coloque los calibres de tensión y deformación en cero. Esta carga inicial se necesita para asegurar un apoyo satisfactorio del pistón y debe considerarse como carga cero para la determinación de la relación carga - penetración.

Nota 10: El dial de penetración debe estar adosado directamente al pistón y apoyado en el borde del molde.

8.3 Aplique la carga en el pistón de penetración de manera que la velocidad sea de 1,27 mm/min.

8.4 Anote las lecturas de carga en los siguientes niveles de penetración: 0,64; 1,27; 1,91; 2,54; 3,18; 3,81; 4,45; 5,08; 7,62; 10,16 y 12,7 mm.

Nota 11: Para equipos con diales en pulgadas estos intervalos corresponden aproximadamente a: 0,025; 0,050; 0,075; 0,100; 0,125; 0,150; 0,175; 0,200; 0,300; 0,400 y 0,500 pulgadas.

8.5 Anote la carga máxima alcanzada, registrando la penetración a la que se produce, si esto ocurre para una penetración menor que 12,7 mm.

8.6 El ensaye debe realizarse hasta alcanzar una penetración mínima de 7,62 mm (0,300 pulgadas).

Nota 12: Durante el ensaye no debe sobrepasarse la capacidad de carga del anillo. La última anotación corresponderá a la penetración que se obtenga a la carga máxima admisible del anillo.

8.7 Saque el suelo del molde y determine su humedad considerando la totalidad de la muestra.

9.- Presentación de los Resultados.

9.1 Curva de Tensión – Penetración.

Calcule las tensiones de penetración en MPa, aproximando a un decimal, para lo cual divida las cargas aplicadas (kgf) por el área de la sección transversal del pistón (cm²); luego divida el resultado obtenido por el factor de conversión 10,2.

Trace la curva de cada molde en un mismo gráfico de tensión - penetración. En algunos casos esta curva puede tomar, inicialmente, la forma cóncava hacia arriba debido a irregularidades de la superficie u otras causas. En dichos casos el punto cero debe corregirse trazando una recta tangente a la mayor pendiente de la curva y trasladando el origen al punto en que esta tangente corta a la abscisa. El valor buscado estará desplazado a la derecha en la misma distancia que hay desde el origen hasta la intersección de la curva corregida con la abscisa (ver Lámina 8.102.11 B).

9.2 Razón de Soporte.

Empleando los valores de tensión corregidos tomados de la curva tensión - penetración para 2,54 mm y 5,08 mm de penetración, calcule las razones de soporte para cada una de ellas, dividiendo las tensiones corregidas por las tensiones normales de 6,9 MPa y 10,3 MPa, respectivamente. Cuando en el ensaye no se logre una penetración de 5,08 mm, debe extrapolar la curva hasta dicho valor para calcular la razón de soporte.

Para los suelos del tipo A-1, A-2-4 y A-2-6, la razón de soporte se calcula sólo para 5,08 mm de penetración.

Para los suelos del tipo A-4, A-5, A-6 y A-7, cuando la razón de soporte correspondiente a 5,08 mm resulte mayor que la correspondiente a 2,54 mm, repita el ensaye. Si el ensaye de chequeo entrega un resultado similar, emplee la razón de soporte correspondiente a 5,08 mm de penetración.

Para los suelos del tipo A-3, A-2-5 y A-2-7, informe el mayor porcentaje de CBR obtenido entre los correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

9.3 Razón de Soporte - Densidad Seca.

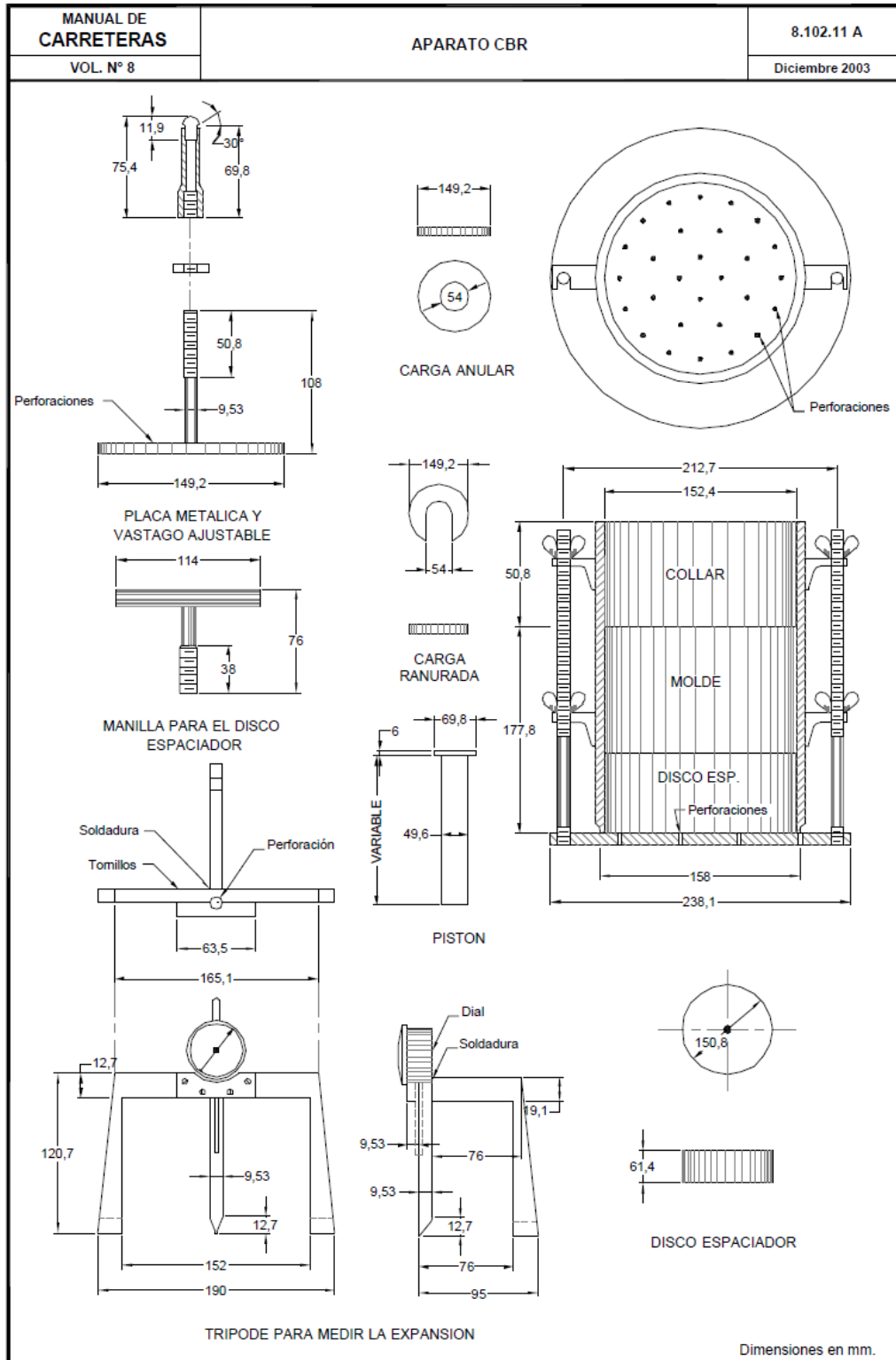
Usando los datos obtenidos para las distintas probetas, dibuje una curva "Razón de Soporte - Densidad Seca de Compactación", como se muestra en el gráfico de la Lámina 8.102.11.C. Se puede determinar así la Razón de Soporte correspondiente a una densidad seca preestablecida.

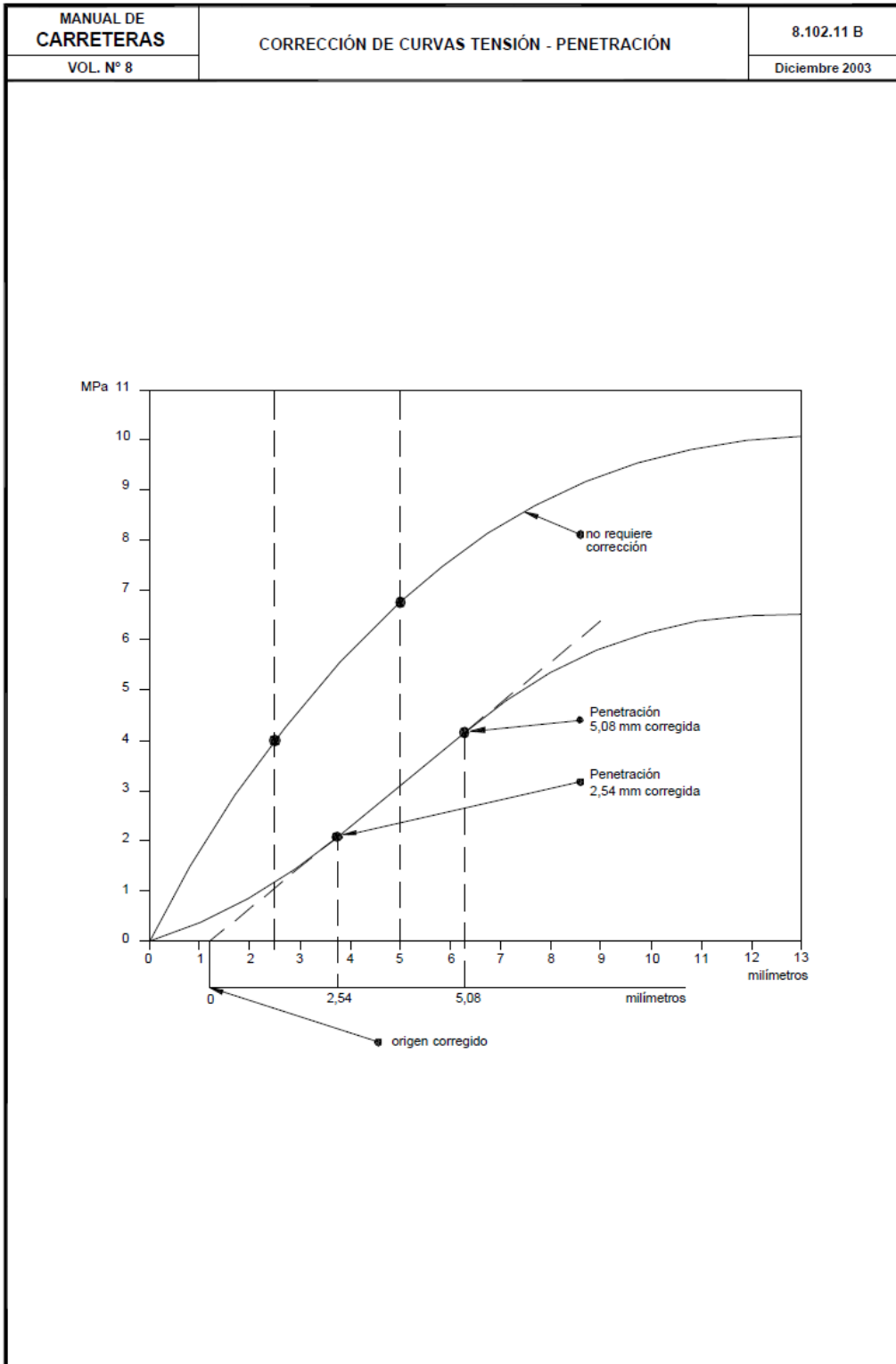
10.- Informe.

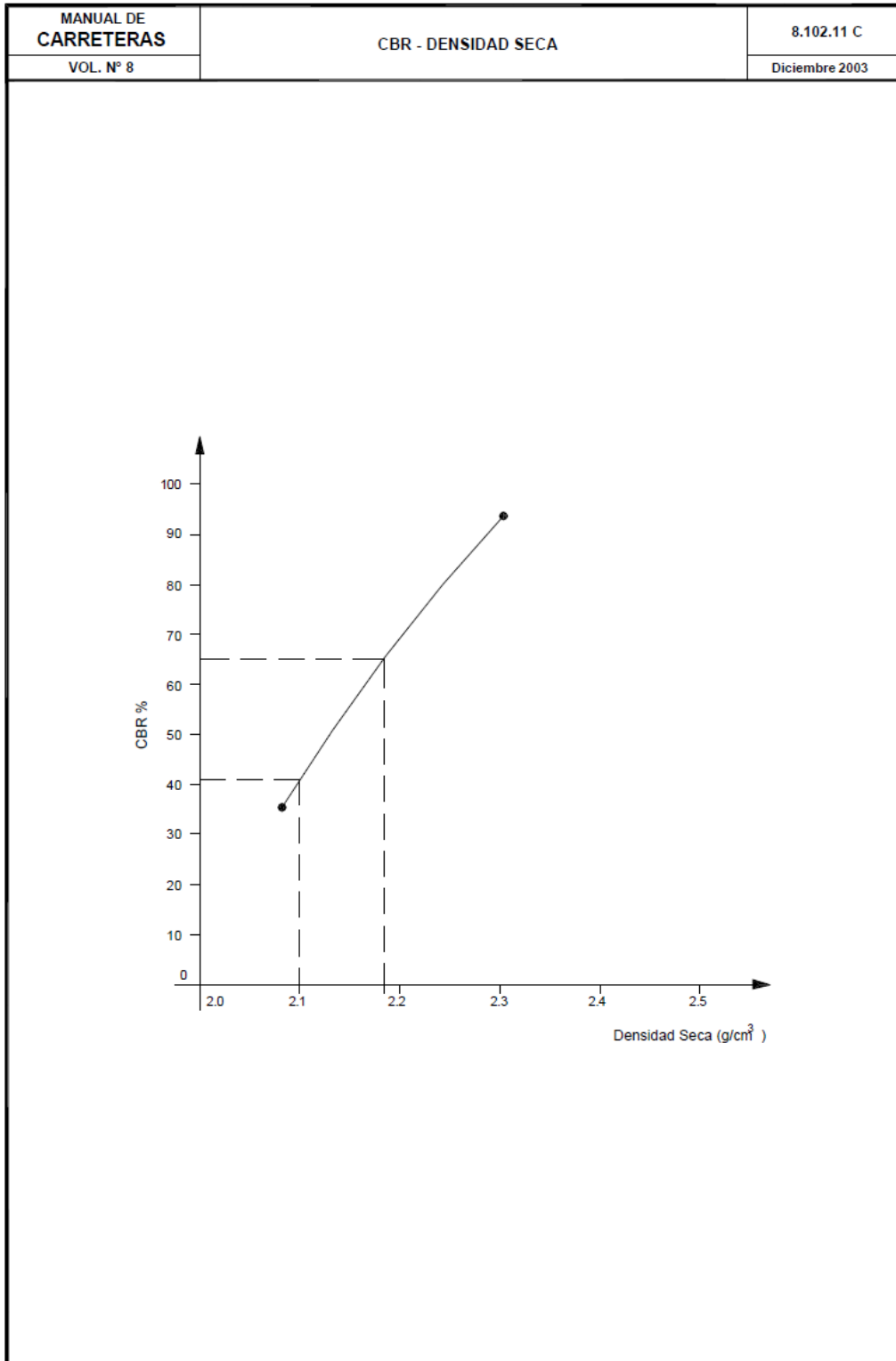
El informe deberá incluir la siguiente información:

- a) Referencia al procedimiento empleado para preparar y compactar las probetas.
- b) Acondicionamiento de la muestra (con o sin inmersión).
- c) Densidad seca de la muestra antes de la inmersión (g/cm³).

- d)** Densidad seca de la muestra después de la inmersión (g/cm³).
- e)** Humedad de la muestra:
 - Antes de la compactación (%).
 - Después de la compactación (%).
 - Después de la inmersión (%).
- f)** Expansión (referida a la altura inicial del molde) (%).
- g)** Razón de Soporte de la muestra (%).
- h)** Cualquier información específica relativa al procedimiento de ensaye o al material.
- i)** La referencia a este método.







APÉNDICE N.º 7: FICHA TÉCNICA PROES



i. Tecnología PROES

El proceso PROES® de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente (CBR > 100%) y flexible.

Este proceso ocupa:

- El suelo natural con plasticidad
- El aditivo líquido PROES, que actúa por ionización y ordena las partículas del suelo.
- Aditivo sólido que sirve como aglomerante.

La base generada con PROES aporta toda la capacidad estructural necesaria, por lo que requiere de una carpeta de rodado sólo como protección de la abrasión producida por el tráfico y según el estándar de operación esperado.

ii. Consideraciones de uso.

- Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de acuerdo a PROES.
- Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cuál consiste en cemento u otro filler gestionable localmente.
- El aditivo líquido PROES se agrega al suelo en dosis de 0,30 a 0,35 lt/m³ de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando un camión aljibe, donde se diluye el aditivo PROES en agua previo a su aplicación.
- La finalización del proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio. Este proceso debe realizarse en las 4 horas inmediatamente posteriores al riego.

iii. Condiciones de transporte del aditivo líquido

Envase : Estanque HDPE anillado de 55 galones 200 litros, sellado, diámetro 595 mm, altura 888 mm (ver ilustración adjunta).

Transporte: : los estanques se movilizan en pallets de 1000mm x 1200 mm.



iv. Condiciones químicas del aditivo líquido

División de riesgo : Clase 8 - Líquido corrosivo

Código UN : NU 3256

Estado físico : líquido de color oscuro y apariencia oleosa

Peso específico : 1,15

pH : 1 a 1,5 en estanque, 4 a 6 en aplicación según dilución.

Estabilidad : producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C

Fecha de caducación : no tiene

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
PROES**

SECCIÓN Nº 1 : Identificación del producto y proveedor.

Nombre del producto : PROES
Código del producto : 3824.4000 (Certificado de origen)
Número UN : 3265
División de riesgo : 8 – Corrosivo
Proveedor : Ingeniería Profund S.A.
Teléfono/FAX : 56-41-2390575/2391000

SECCIÓN Nº 2 : Composición

El estabilizador líquido PROES consiste de derivados sulfonados de hidrocarburos bituminosos y sales minerales. El nombre genérico empleado es Aceite Sulfonado.

Este estabilizador se emplea en dilución de al menos 1:50 en agua, lo que sumado a sus características químicas particulares permite que las propiedades físicas como PH y peso específico sean semejantes a los del líquido en que se diluye, es decir el agua.

Nombre químico : Aceites sulfonados
Fórmula química : Reservada
Sinónimo : No tiene

SECCIÓN Nº 3 : Identificación de los riesgos

Marca en etiqueta : PROES
Clasificación de riesgo del producto : Sustancia peligrosa, corrosiva, no reacciona con agua, nociva para la salud.

a) Peligro para la salud de las personas : Sustancia corrosiva, puede producir efectos agudos como irritación y quemaduras al contacto con los tejidos.

Inhalación : Irritación leve. La exposición prolongada, o altas dosis de vapor en ambientes poco ventilados aumentan la severidad de los efectos.

Contacto con la piel : Irritación. El contacto directo del producto con la piel produce efectos agudos como irritación y quemaduras. La magnitud de los efectos depende del tiempo que dure la exposición.

Ingestión : Produce irritación de las mucosas y tracto digestivo. Dependiendo del tiempo de exposición puede producir quemaduras y ulceraciones.

Contacto con los ojos : Corrosivo, causa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor). Exposición prolongada puede causar lesiones agudas como quemaduras.

b) Peligros para el medio ambiente. : No tiene.

SECCIÓN Nº 4 : Medidas de primeros auxilios.

En caso de contacto con el producto, concentrado sin dilución, proceder de acuerdo con las siguientes indicaciones:

Inhalación : Trasladar hacia lugares con aire fresco y/o buena ventilación, hasta que la irritación desaparezca. Si se

presentan efectos persistentes, buscar atención médica.

- Contacto con la piel : Lavar con abundante agua, asegurando detener la exposición de la piel con el producto. Si se presentan efectos persistentes, buscar atención médica.
- Contacto con los ojos : Lavar con abundante agua, asegurando detener la exposición al producto. Si se presentan efectos persistentes, buscar atención médica.
- Ingestión : Beber abundante agua o una solución diluida de bicarbonato de sodio. Buscar atención médica inmediatamente.

SECCIÓN Nº 5 : Medidas para lucha contra el fuego.

- Punto de autoignición : No aplica.
- Temperatura de inflamación : No aplica.
- Límites de inflamabilidad (%V/V) : No aplica.

El producto no es combustible ni inflamable. En caso de incendio se pueden producir derrames de producto o emanación de vapores, por lo que quienes combaten el incendio deben utilizar máscaras, además de otros elementos para evitar el contacto.

SECCIÓN Nº 6 : Medidas para derrames.

- Medidas para tomar si hay derrames : Diluir con agua.
- Equipo de protección personal para atacar las emergencias : Evitar el contacto con el producto mediante el uso de guantes, zapatos, lentes y máscaras de seguridad. Si el derrame se produce en un lugar con pobres condiciones de ventilación usar máscaras.
- Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente : No provoca daño al medio ambiente.
- Método de limpieza : Lavado con agua.
- Método de eliminación de desechos : Diluir con agua.

SECCIÓN Nº 7 : Manipulación y Almacenamiento.

Recomendaciones técnicas al producto concentrado sin dilución

- Precauciones a tomar : Usar siempre implementos para evitar el contacto directo e inhalación del producto. Para tales fines utilizar guantes, zapatos y lentes de seguridad. No ingerir. Se recomienda tener siempre a mano abundante agua para reaccionar ante derrame o exposición del producto.
- Precauciones sobre manipulación : Usar guantes, zapatos y lentes de seguridad. Mantener los ambientes con buena ventilación. Manipular el producto en ambientes con buena ventilación para evitar la inhalación de vapor del producto, si esto no es posible, utilizar máscara. Disponer de agua en área cercana.
- Condiciones de almacenamiento : Almacenar en lugares con buena ventilación. Utilizar recipientes cerrados y resistentes a la corrosión, debidamente rotulados. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación presentes en el lugar de almacenamiento deben ser resistentes a la corrosión.

SECCIÓN Nº 8 : Control de exposición /protección especial.

Medidas para reducir la probabilidad de exposición	: Mantener los recipientes cerrados y en ambientes bien ventilados.
Parámetros de control	: No tiene.
Límites permisibles	: No tiene.
Equipos de protección	: Para la manipulación se deben utilizar guantes, zapatos y lentes de seguridad. En condiciones de ventilación deficientes se recomienda utilizar máscara.

SECCIÓN Nº 9 : Propiedades físicas y químicas.

Estado físico	: Líquido.
Apariencia y color	: Color oscuro de apariencia oleosa.
Concentración	: Diluido en agua
PH	: 1 a 1,5 en tambor. Para su aplicación diluido en agua variará entre 4 y 6 dependiendo de las condiciones de humedad del suelo.
Peso específico	: 1.15
Temperatura de descomposición	: No tiene.
Punto de inflamación	: No tiene.
Temperatura de auto ignición	: No tiene.
Propiedades explosivas	: No tiene
Velocidad de propagación de la llama	: No tiene.

SECCIÓN Nº 10 : Estabilidad y reactividad.

Estabilidad	: Estable a temperatura ambiente.
Condiciones a evitar	: Temperaturas superiores a 100° C, por estabilidad
Incompatibilidad	: No tiene
Productos peligrosos de la descomposición	: No tiene
Productos peligrosos de la combustión	: No tiene
Polimerización peligrosa	: No tiene

SECCIÓN Nº 11 : Información Toxicológica.

Producto no Tóxico.

SECCIÓN Nº 12 : Información Ecológica.

Efectos sobre el ambiente	: No tiene
---------------------------	------------

SECCIÓN Nº 13 : Consideraciones sobre disposición final

Eliminación de envases	: Lavar con abundante agua.
------------------------	-----------------------------

SECCIÓN Nº 14 : Información sobre transporte.

Transportar en recipientes sellados, resistentes a la corrosión y en condiciones de buena ventilación.

SECCIÓN Nº 15 : Normas vigentes.

Normas internacionales	: ----
Normas nacionales	: ----

SECCIÓN Nº 16 : Otras informaciones

Los datos consignados en este documento se obtuvieron de fuentes fidedignas. No obstante se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Considerando que el uso de esta información y del producto puede estar fuera del control del proveedor, no se asume responsabilidad alguna por este concepto. La correcta interpretación y aplicación de estas normas, así como las precauciones relacionadas con el uso de otras sustancias peligrosas en conjunto con PROES son de exclusiva responsabilidad del usuario.

APÉNDICE N.º 8: COSTOS DE EQUIPOS Y MAQUINARIA

COSTOS

CONSTRUCCIÓN, ARQUITECTURA E INGENIERÍA

OBRA INDUSTRIAL
DE ENVERGADURA

PLANTA PROTISA

AVANCES DE LA ADOPCIÓN
DEL BIM EN EL PERÚ

¿CÓMO SELECCIONAR SUBCONTRATISTAS?

CAMIONES EN PROYECTOS MINEROS

EXCON 2017

LAS FACULTADES DE LOS INSPECTORES
DE TRABAJO EN LAS FISCALIZACIONES

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN
EN RELACIÓN AL NSE

SEÑORES: COD. 04943
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
BIBLIOTECA JOSE CARRASCO (TRUJILLO)
AV. ALFREDO MENDIOLA 6062 BIBLIOTECA
LOS OLIVOS CLAVE AUT: KKZH5248 0718



NUEVOS CUADROS DE
VALORES OFICIALES
DE EDIFICACIÓN

Lima Metropolitana, Costa, Sierra y Selva

PERÚ S/. 39



ISSN 2223-0017

SUPLEMENTO TÉCNICO

PRECIOS PARTIDAS DESAGREGADAS - ANÁLISIS DE PRECIOS - PRECIOS DE MATERIALES, COSTOS DE MANO DE OBRA - TARIFAS DE EQUIPO - INDICADORES DEL SECTOR - ÍNDICES UNIFICADOS

Incluye acceso digital para suscriptores

www.costosperu.com

Las tarifas han sido calculadas en base al programa "El Equipo y sus Costos de Operación" elaborado por el Ing. Jesús Ramos Salazar y actualizado y procesado por el área técnica de Costos. Considerando los criterios técnicos recopilados de las empresas propietarias de equipos y de los manuales de fabricantes y que han servido de base para la metodología que con mucho acierto ha sido editada en la publicación "El equipo y sus Costos de Operación" del Ing. Jesús Ramos Salazar.

La tarifa horaria incluye los siguientes conceptos:

Costo de Posesión (POSES.): valor de reposición, gastos financieros, derecho de importación, desaduanaje, seguros, flete de aduana a almacén.

Costo de Operación (OPERAC.): combustibles y lubricantes, filtros, neumáticos, reparaciones y mantenimiento, operador.

(*) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo

(**) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo, Combustibles, Lubricantes, Filtros

(***) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de equipo, Combustibles, Lubricantes, Filtros, Fuente de Poder

(****) Las tarifas de los equipos marcados con este símbolo no incluyen Operador de Planta, Combustibles, Lubricantes, Filtros, Fuente de Poder

EQUIPO	POT. (HP)	CAPAC.	PESO (KG)	COSTO POSES \$/	COSTO OPER. \$/	TARIFA HORA \$/	OBS
EQUIPOS PARA PERFORACION							
COMPRESORAS NEUMATICAS	76 HP	125-175 PCM	2000	7,96	57,29	65,25	
COMPRESORAS NEUMATICAS	87 HP	250-330 PCM	2300	13,05	65,91	78,96	
COMPRESORAS NEUMATICAS	93 HP	335-375 PCM	2500	15,87	88,04	103,91	
COMPRESORAS NEUMATICAS	150 HP	380-590 PCM	3500	17,91	125,65	143,57	
COMPRESORAS NEUMATICAS	196 HP	600-690 PCM	5000	21,29	139,71	161,01	
COMPRESORAS NEUMATICAS	240 HP	700-800 PCM	6500	28,84	165,12	193,96	
MARTILLOS NEUMATICOS		21-24 KG.	24	3,70	0,96	4,66	(**)
MARTILLOS NEUMATICOS		25-29 KG	29	4,37	1,13	5,50	(**)
MOTOPERFORADORA	1400 RPM	185 CC	26	6,98	5,09	12,07	
PERFORADORA SOBRE ORUGAS		660-690 PCM	6000	53,99	37,07	91,06	(**)
EQUIPO PARA MOV. DE TIERRA							
CARGADORES SOBRE ORUGA	110-135 HP	2.0-2.25 YD3	16275	74,19	130,03	204,22	
CARGADORES SOBRE ORUGA	150-180 HP	2.5-2.75 YD3	18387	82,83	164,67	247,50	
CARGADORES SOBRE ORUGA	190-225 HP	3.2-3.75 YD3	25173	128,92	190,63	319,55	
CARGADORES SOBRE ORUGA	245 HP	4.0-6.0 YD3	28000	156,39	223,13	379,52	
CARGADOR RETROEXCAVADOR	62 HP	1.0 YD3	8000	35,62	87,71	123,33	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	80-95 HP	1.5-1.75 YD3	9031	59,37	77,40	136,77	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	100-115 HP	2.0-2.35 YD3	10308	61,49	90,08	151,57	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	100-125 HP	2.5 YD3	11500	63,69	90,48	154,17	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	125-155 HP	3 YD3	16584	67,85	109,97	177,82	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	160-195 HP	3.5 YD3	18585	76,33	129,75	206,08	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	200-250 HP	4.0-4.1 YD3	20826	88,62	144,86	233,48	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	200-260 HP	4.60 YD3	22000	125,85	148,11	273,96	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	260-300 HP	5.0-5.5 YD3	31105	163,45	177,65	341,10	
CARGADORES SOBRE LLANTAS	375 HP	8.0 YD3	49738	202,00	215,74	417,74	
MOTOTRAILLAS AUTOCARGABLE	140-210 HP	11.0 YD3	14200	148,42	128,48	276,90	
MOTOTRAILLAS AUTOCARGABLE	210-300 HP	16.0 YD3	20600	154,79	178,32	333,12	
MOTOTRAILLAS AUTOCARGABLE	310-350 HP	23.0 YD3	32800	141,49	213,57	355,06	
MOTOTRAILLAS CARGABLES	310-400 HP	14-20 YD3	20000	152,66	230,02	382,68	
MOTOTRAILLAS CARGABLES	405-480 HP	21-31 YD3	15500	178,73	287,80	466,53	
EXCAVADORA SOBRE LLANTAS	58 HP	1.0 YD3	9000	35,62	87,89	123,51	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	80-110 HP	0.50-1.3 YD3	17300	61,53	95,79	157,32	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	115-165 HP	0.75-1.6 YD3	23400	99,23	126,75	225,98	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	170-250 HP	1.1-2.75 YD3	33800	143,34	169,49	312,83	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	325 HP	2.0-3.8 YD3	61600	201,43	236,19	437,62	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	330 HP	2.5 YD3		202,71	242,81	445,52	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	385 HP	3.5 YD3		245,18	250,43	495,61	
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS	70 HP	0.5 YD3		20,96	67,86	88,82	
MINICARGADOR	60-70 HP		6711	51,31	88,28	139,59	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	75-100 HP		9090	58,52	101,88	160,40	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	105-135 HP		12300	112,80	123,57	236,37	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	140-160 HP		14900	112,80	144,71	257,51	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	190-240 HP		20520	156,39	191,62	348,01	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	270-295 HP		21863	183,76	237,19	420,95	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	310 HP		31980	197,21	243,96	441,17	
TRACTORES SOBRE ORUGAS	335-410 HP		37170	230,77	332,44	563,21	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	200-250 HP		20500	159,03	148,32	307,35	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	300-350 HP		30380	248,51	206,88	455,40	
TRACTORES SOBRE LLANTAS	400-500 HP		46355	386,45	283,52	669,97	
EQUIPO DE COMPACTACION							
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(1.25")		1,79	3,40	5,19	(*)
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(1.50")		1,84	3,44	5,28	(*)
VIBRADOR DE CONCRETO	4 HP	18 PL(2.40")		1,94	3,52	5,46	(*)
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	4 HP		95	2,21	24,80	27,01	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	5.8 HP		145	2,32	26,40	28,72	
COMPACTADOR VIB. TIPO PLANCHA	7 HP		160	4,06	27,46	31,52	
ROD. LISO VIBRAT. MANUAL	10.8 HP	0.8-1.1 TON	800	6,14	29,95	36,09	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	70-100 HP	7-9 TON	7300	21,67	76,05	97,73	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	101-135 HP	10-12 TON	11100	47,92	108,93	156,84	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	136-170 HP	15-17 TON	13700	63,61	132,65	196,25	
RODILLO VIB. LISO AUTOPROPULSADO	210 HP	19-23 TON	19600	67,85	152,16	220,01	
RODILLO LISO VIBRATORIO DE TIRO	50-80 HP	4-5.5 TON	5500	8,02	52,23	60,25	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	60-80 HP	3-5 TON	3700	40,96	66,02	106,98	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	81-100 HP	5.5-20 TON	5500	55,85	76,29	132,14	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	127 HP	8.23 TON	8000	58,08	88,66	146,74	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO	135 HP	9.26 TON	9000	59,30	90,77	150,13	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	84 HP	8.10 TON	8200	13,70	65,96	79,66	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	100-135 HP	11-13 TON	11300	49,53	108,25	157,78	
RODILLO PATA DE CABRA VIB. AUTOPRO.	136-180 HP	15-17 TON	15300	68,89	137,74	206,63	
EQUIPOS PARA OBRA DE CONCRETO							
DOSIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 40 HP	50 M3	17000	26,27	58,99	85,26	(***)

Los días feriados a los cuales es aplicable únicamente esta Asignación Especial, sin que sea aplicable a cualquier otro feriado local o regional, son los siguientes: Año Nuevo (1 de Enero), Viernes Santo, Día del Trabajo (1 de Mayo), Fiestas Patrias (28 de Julio), Día de los Trabajadores de Construcción Civil (25 de Octubre) y Navidad (25 de Diciembre). 7.- La movilidad en Domingos o Feriados, de acuerdo al punto Tercero del Acta Final de Negociación Colectiva en Construcción Civil 2008-2009, los trabajadores que laboran en dichos días será equivalente a cuatro (4) pasajes urbanos. 8.- CONAFOPICER, el aporte es del 2% del jornal básico (día laborado incluyendo el día de descanso semanal y feriado) en concordancia a la Resolución Suprema N° 01-95-MTC del 1995-01-03. 9.- Los días feriados de 2017, Pensiones, equivalente al 10% (D.S. N° 054-97-EF, Art. 30, a) = el 1% de Jubilación Anticipada (Ley 27252 y D.S. N° 164-2001-EF) del monto de Semanal ordinario (1) más Dominical (2) y BUC (3), la Prima por Seguro se ha considerado un promedio del porcentaje que corresponde a los años 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Pensiones, igualmente un promedio, 1.58% que deberán actualizarse mensualmente con la información dada por la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. 10.- El Sistema Nacional de Pensiones (S.N.P.), Decreto Ley 19909, la aportación es el 1% del Semanal ordinario (1) más Dominical (2) y BUC (3). 11.- Aportaciones del Empleador: Régimen de Prestaciones de Salud (R.P.S.), 9% de (1+2+5), Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo, Cobertura de Salud (ESSALUD o EPS), 1.3% y Cobertura de Invalidez o Sepsis, 1.70%. Asimismo, en el caso de trabajadores afiliados al SPP el Empleador de manera obligatoria debe aportar el 1% por concepto de Jubilación Anticipada prescrita en el Régimen General de la Ley 27252, reglamentado por el D.S. N° 164-2001-EF. Este descuento no es vigente para los trabajadores afiliados al SPP.

Tarifa de Alquiler de Maquinaria y Equipos

EQUIPO	POT. (HP)	CAPAC.	PESO (KG)	COSTO POSES S/	COSTO OPER. S/	TARIFA HORA S/	OBS
DOSIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 45 HP	50-90 M3	20000	40,52	67,12	107,64	(***)
DOSIFICADORA DE CONCRETO	M.E. 60 HP	120 M3	23000	49,65	72,33	121,98	(***)
MEZCLADORA CONCRETO T. TROMPO	8 HP	9 P3	500	2,11	1,68	3,79	(**)
MEZCLADORA DE CONCRETO	18 HP	11-12p3 P3	1500	5,95	4,58	10,53	(**)
MEZCLADORA DE CONCRETO	20-35 HP	16 p3 P3	2700	9,79	7,46	17,25	(**)
EQUIPOS PARA REFINE Y AFIRMADO							
MOTONIVELADORA	125 HP		11515	62,92	98,63	161,54	
MOTONIVELADORA	130-135 HP		12365	67,61	110,89	178,50	
MOTONIVELADORA	145-150 HP		13540	82,02	123,75	205,77	
MOTONIVELADORA	180-200 HP		18370	87,96	133,30	221,26	
VEHICULOS							
CAMIONETA 4X4 PICK-UP CABINA SIMPLE	148 HP	3 Pasajeros	2740	9,99	86,96	96,95	
CAMIONETA 4X2 PICK-UP CABINA SIMPLE	84 HP	5 Pasajeros		7,84	37,88	45,72	
CAMIONETA 4X2 PICK-UP DOBLE CABINA	84 HP	5 Pasajeros		8,47	60,95	69,42	
CAMION IMPRIMADOR	210 HP	2000 GLN	13500	28,03	118,79	146,82	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	122 HP	1500 GLN	9900	36,43	88,06	124,49	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	145-165 HP	2000 GLN	13000	40,19	106,01	146,20	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (AGUA)	178-210 HP	3000 GLN	19000	45,81	125,42	171,23	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (COMBUSTIBLE)	122 HP	2000 GLN	13000	50,81	94,33	145,14	
CAMION CISTERNA 4 x 2 (ASFALTO)	178-210 HP	2000 GLN	13000	45,78	125,41	171,19	
CAMION CONCRETERO	300 HP	8 M3	26000	87,42	177,98	265,40	
CAMION CONCRETERO	330 HP	10 M3	26000	90,66	187,06	277,72	
CAMION CONCRETERO	330 HP	12 M3	26000	95,20	189,00	284,20	
CAMION PLATAFORMA 4 x 2	122 HP	8 TON	13000	40,19	89,57	129,76	
CAMION PLATAFORMA 4 x 2	178-210 HP	12 TON	19000	47,80	126,27	174,07	
CAMION PLATAFORMA 6 x 4	300 HP	19 TON	26000	69,73	169,84	239,57	
SEMI-TRAYLER 6 x 4	330 HP	35 TON	42600	60,86	178,58	239,44	
SEMI-TRAYLER 6 x 4	330 HP	40 TON	54420	60,86	178,58	239,44	
VOLQUETE 4 x 2	210-280 HP	8 M3	19000	48,56	153,91	202,47	
VOLQUETE 6 x 4	330 HP	10 M3	26000	53,10	175,59	228,69	
VOLQUETE 6 x 4	330 HP	12 M3	26000	58,28	177,81	236,09	
VOLQUETE 6 x 4	330 HP	15 M3	26000	70,59	183,09	253,68	
EQUIPOS DIVERSOS							
GRUPO ELECTROGENO	89 HP	50 Kw	1150	4,26	96,80	101,06	(*)
GRUPO ELECTROGENO	116 HP	75 Kw	1500	4,84	114,07	118,91	(*)
GRUPO ELECTROGENO	140 HP	90 Kw	1700	5,47	126,83	132,30	(*)
GRUPO ELECTROGENO	230 HP	150 Kw	2000	7,22	140,22	147,44	(*)
GRUPO ELECTROGENO	380 HP	250 Kw	2700	15,27	158,63	173,90	(*)
GRUPO ELECTROGENO	480 HP	300 Kw	3500	16,01	197,76	213,77	(*)
MONTAGARGAS	68 HP	3000 Kg	5200	12,91	58,83	71,74	
MONTACARGAS	80 HP	5000 Kg	8150	21,21	68,50	89,71	
MONTACARGAS	94 HP	7500 Kg	9150	28,84	79,77	108,61	
FAJA TRANSPORTADORA 18" x 40"	M.E. 3 HP	150 T/H	4000	4,25	2,01	6,26	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 18" x 50"	M.E. 3 HP	150 T/H	4000	4,25	2,01	6,26	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 40"	M.E. 5 HP	550 T/H	7800	6,35	2,97	9,32	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 50"	M.E. 5 HP	550 T/H	12000	6,35	2,97	9,32	(*)
FAJA TRANSPORTADORA 30" x 60"	M.E. 7.5 HP	800 T/H	15000	6,70	3,12	9,82	(*)
MOTOBOMBAS	7-10 HP	3" 4"	135	0,92	6,07	6,99	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	12 HP	4"	295	14,04	9,80	23,84	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	17 HP	6"	340	21,05	14,32	35,37	(*)
MOTOBOMBAS (PETROLEO)	34 HP	8"	500	42,11	28,40	70,51	(*)
TRACTOR DE TIRO MF 290/4	80 HP		4320	13,17	63,54	76,71	
TRACTOR DE TIRO MF 296-B	115 HP		4565	15,43	79,24	94,66	
TRACTOR DE TIRO MF 2725/4	158 HP		7000	24,21	102,43	126,63	
EQUIPOS PRODUCTORES DE AGREGADOS							
CHANCADORA PRIMARIA 15 x 24	M.E. 30 HP	46-70 T/H	19000	32,12	35,94	68,06	(**)
CHANCADORA PRIMARIA 30x42"			21000	148,34	63,80	212,13	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA 24" S	M.E. 30 HP	46-70 Tn/Hr.	22000	53,21	23,10	76,30	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA 36" S	M.E. 75 HP	46-70 Tn/Hr.	23000	59,39	25,74	85,12	(**)
CHANCADORA SECUNDARIA C/CONO 4 1/4"	M.E. 200			77,87	33,65	111,51	(**)
CHANCADORA CONICA + ZARANDA	200 HP			169,23	72,74	241,96	(***)
ZARANDA VIBRATORIA 4' x 6' x 14	M.E. 15 HP		7000	19,29	31,04	50,33	
EQUIPOS PARA PAVIMENTACION							
COCINA DE ASFALTO		320 GLN	2100	1,76	58,40	60,16	
BARREDORA MECANICA		7 LON	1000	7,91	42,49	50,40	
CALENTADOR DE ACEITE 48-S		468 P3	5700	13,60	8,61	22,21	(**)
SECADOR DE ARIDOS		30-64 T/H	8000	20,36	10,17	30,53	(**)
SECADOR DE ARIDOS		60-115 T/H	8500	30,19	15,07	45,26	(**)
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE		150 Tn/Hr.	46800	209,50	100,98	310,48	(***)
PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE (CIFALLI)		205 Tn/Hr.	62000	354,72	170,97	525,69	(***)
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS	105 HP	10	12000	62,58	94,97	157,55	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS	224 HP	10	12000	126,92	172,64	299,56	
RECICLADORA EN FRIO	396 HP	295 KW	22900	353,69	338,87	692,56	(*)
FRESADORA	565 HP	421 KW	30000	425,27	438,13	863,40	(*)

COSTOS HH OPERADORES DE EQUIPO

Operador de equipo Electromecánico	S/ 22,32
Operador de equipo Pesado	S/ 21,87
Operador de equipo Mediano	S/ 21,69

ESTRUCTURA GENERAL DE FÓRMULA POLINÓMICA DE TARIFAS DE ALQUILER DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN.

La tarifa de alquiler de maquinarias proviene de la estructura de costos definidos por los costos de posesión y costos de operación.

Dentro de este contexto, según el D.S. N° 011-79-VC. Artículo 2°, las fórmulas polinómicas de reajuste automático de precios de las correspondientes estructuras de costos de la tarifa respectiva, se reajustarán con los coeficientes de incidencia que corresponda a: Costo de Posesión y Mantenimiento (según corresponda: Índice 48 - Maquinaria y equipo nacional ó Índice 49 - Maquinaria y equipo importado); Costos de operación se reajustarán con el Índice de mano de Obra (Índice 47) para el operador y el Combustible con (Índice 34: Gasolina ó Índice 53: Petróleo Diesel); los Lubrificantes, filtros y grasa con los (Índice 01: Aceite, Índice 30: Filtro, Índice 53: Grasa), si su incidencia es menor al 5%, se agrupará con insumos afines como el Combustible, además se debe considerar el Índice de los Gastos Generales (Índice 39: Índice General de Precios al Consumidor).

CEM

Año	Mes
2016	Agos
	Septi
	Octu
	Novir
	Dicie
2017	Ener
	Febr
	Marz
	Abril
	May
	Juni
	Julic
Ago:	
Sept	

Fuente: ASOCEM

BAI

Mes
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Setiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

Fuente: INE (ACI)

Mes
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Setiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

Fuente: PETROF

APÉNDICE N.º 9:

CUENTAS NACIONALES DEL PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO POR DEPARTAMENTOS 2007-2016 (EXTRACTO)

PERÚ:

Producto Bruto Interno por Departamentos 2007-2016



Gráfico N° 4 - A
PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO, 2007 - 2016
Valores a precios constantes de 2007
 (Variación acumulada)

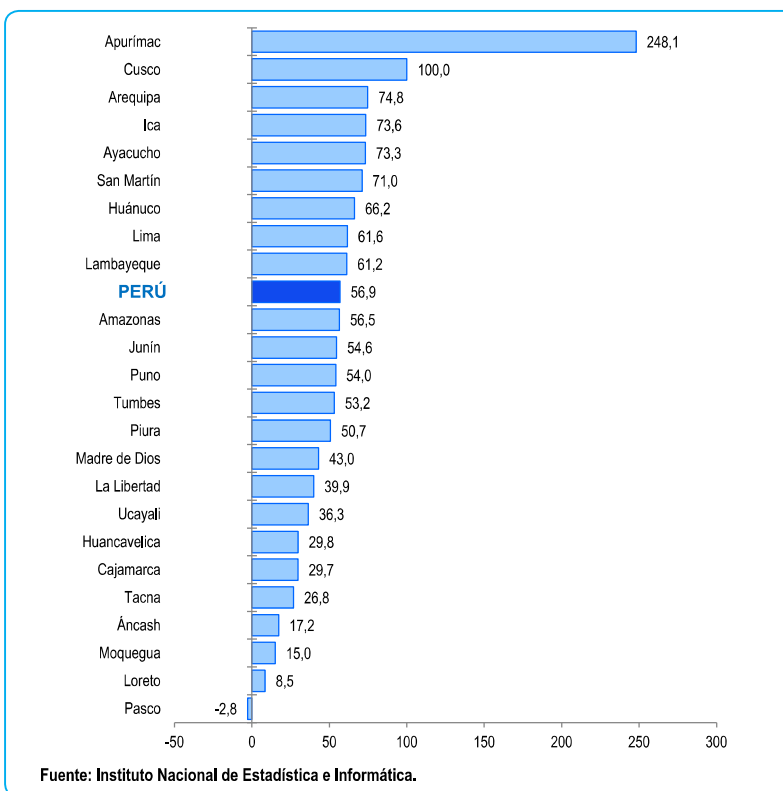
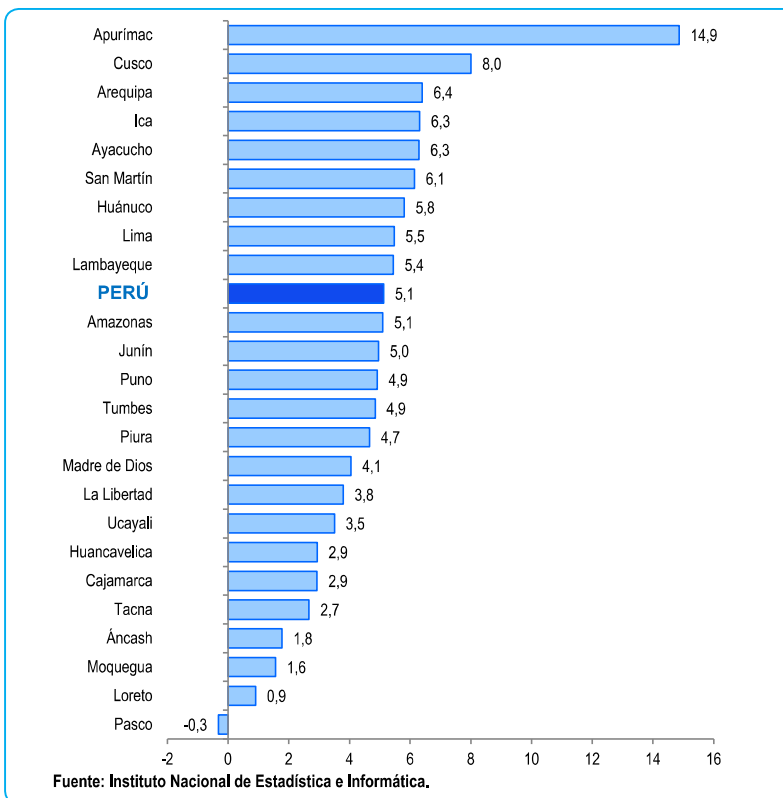


Gráfico N° 4 - B
PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO, 2007 - 2016
Valores a precios constantes de 2007
 (Variación promedio anual)



Cuadro N° 1
PERÚ: Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos
Valores a Precios Constantes de 2007
(Miles de soles)

Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014P/	2015E/	2016E/
Amazonas	1 778 775	1 930 947	2 058 318	2 210 682	2 287 107	2 551 601	2 682 266	2 824 516	2 781 570	2 783 452
Ancash	15 672 771	16 854 588	16 400 826	16 013 215	16 155 687	17 666 947	18 478 843	16 029 489	17 572 621	18 367 301
Apurímac	1 824 181	1 688 564	1 623 801	1 765 744	1 869 417	2 110 908	2 342 674	2 437 404	2 629 598	6 349 504
Arequipa	16 991 831	18 885 807	19 032 479	20 158 733	21 038 813	22 033 542	22 629 103	22 772 780	23 559 855	29 699 703
Ayacucho	2 975 676	3 401 175	3 750 401	3 922 514	4 111 349	4 482 971	4 906 299	4 879 142	5 160 554	5 155 873
Cajamarca	8 159 499	9 319 769	10 050 467	10 140 905	10 595 497	11 270 583	11 086 928	10 855 132	10 798 519	10 586 741
Cusco	10 913 725	11 663 686	13 631 820	15 405 459	17 384 466	17 711 332	20 708 699	20 723 118	21 068 502	21 829 280
Huancavelica	2 475 279	2 613 850	2 696 095	2 817 536	2 909 215	3 143 661	3 174 927	3 281 569	3 265 196	3 212 891
Huánuco	3 200 861	3 464 132	3 499 798	3 739 082	3 955 589	4 380 310	4 642 728	4 799 669	5 113 133	5 319 962
Ica	8 793 956	10 415 637	10 841 974	11 607 992	12 883 432	13 067 505	14 394 675	14 809 709	15 255 278	15 263 902
Junín	9 240 435	10 023 855	9 039 077	9 518 659	10 009 485	10 718 558	11 095 514	12 391 027	14 410 252	14 287 552
La Libertad	14 615 612	15 653 801	15 716 171	16 624 855	17 378 414	18 712 792	19 532 063	19 819 295	20 263 523	20 441 518
Lambayeque	6 880 024	7 512 522	7 910 362	8 449 884	8 937 792	9 782 672	10 138 546	10 355 140	10 806 854	11 091 092
Lima	136 238 703	148 415 981	148 910 138	164 623 842	178 742 876	189 597 321	200 400 691	207 997 546	214 437 951	220 140 495
Loreto	6 910 964	7 324 982	7 374 935	7 906 943	7 608 889	8 212 422	8 505 693	8 779 243	8 583 442	7 496 745
Madre de Dios	1 864 543	1 902 177	2 033 411	2 229 180	2 454 999	1 950 139	2 240 082	1 923 024	2 346 317	2 665 742
Moquegua	7 525 100	8 663 619	8 436 303	8 457 008	7 785 269	7 756 800	8 598 669	8 370 803	8 706 344	8 654 605
Pasco	5 486 459	5 416 732	5 040 946	4 702 403	4 641 887	4 880 072	4 885 819	5 046 122	5 210 436	5 334 264
Piura	12 651 720	13 580 502	13 998 851	15 106 528	16 366 999	17 066 135	17 746 782	18 774 804	18 891 432	19 066 651
Puno	5 888 474	6 328 455	6 587 873	6 980 479	7 384 505	7 734 458	8 294 320	8 487 177	8 516 901	9 070 043
San Martín	3 266 254	3 598 432	3 740 600	4 034 361	4 245 537	4 752 177	4 828 116	5 173 696	5 464 744	5 586 600
Tacna	5 143 137	5 016 741	4 823 192	5 338 879	5 466 509	5 526 840	5 781 849	6 094 590	6 597 455	6 519 713
Tumbes	1 637 185	1 902 059	2 082 047	2 307 874	2 168 906	2 440 755	2 491 026	2 610 321	2 543 934	2 507 756
Ucayali	3 054 659	3 212 843	3 243 767	3 351 315	3 548 168	3 882 453	3 947 464	3 957 683	4 162 514	4 164 710
Valor Agregado Bruto	293 189 823	318 790 856	322 523 652	347 414 072	369 930 807	391 432 954	413 533 796	423 192 999	438 146 925	455 596 095
Impuestos a los Productos	23 672 020	26 618 399	27 397 396	31 092 161	32 442 212	35 162 701	38 194 925	39 689 922	40 467 120	42 319 325
Derechos de Importación	2 831 473	3 460 639	2 772 041	3 575 225	3 883 297	4 603 062	4 706 063	4 397 059	3 859 052	3 622 049
Producto Bruto Interno	319 693 316	348 869 894	352 693 089	382 081 458	406 256 316	431 198 717	456 434 784	467 279 980	482 473 097	501 537 469

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática
Con información disponible al 15 de noviembre del 2017

Cuadro N° 3
PERÚ: Producto Bruto Interno por Años, según Departamentos
Valores a Precios Constantes de 2007
(Variación porcentual del índice de volumen físico)

Departamentos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014P/	2015E/	2016E/
Amazonas	...	8,6	6,6	7,4	3,5	11,6	5,1	5,3	-1,5	0,1
Ancash	...	7,5	-2,7	-2,4	0,9	9,4	4,6	-13,3	9,6	4,5
Apurímac	...	-7,4	-3,8	8,7	5,9	12,9	11,0	4,0	7,9	141,5
Arequipa	...	11,1	0,8	5,9	4,4	4,7	2,7	0,6	3,5	26,1
Ayacucho	...	14,3	10,3	4,6	4,8	9,0	9,4	-0,6	5,8	-0,1
Cajamarca	...	14,2	7,8	0,9	4,5	6,4	-1,6	-2,1	-0,5	-2,0
Cusco	...	6,9	16,9	13,0	12,8	1,9	16,9	0,1	1,7	3,6
Huancavelica	...	5,6	3,1	4,5	3,3	8,1	1,0	3,4	-0,5	-1,6
Huánuco	...	8,2	1,0	6,8	5,8	10,7	6,0	3,4	6,5	4,0
Ica	...	18,4	4,1	7,1	11,0	1,4	10,2	2,9	3,0	0,1
Junín	...	8,5	-9,8	5,3	5,2	7,1	3,5	11,7	16,3	-0,9
La Libertad	...	7,1	0,4	5,8	4,5	7,7	4,4	1,5	2,2	0,9
Lambayeque	...	9,2	5,3	6,8	5,8	9,5	3,6	2,1	4,4	2,6
Lima	...	8,9	0,3	10,6	8,6	6,1	5,7	3,8	3,1	2,7
Loreto	...	6,0	0,7	7,2	-3,8	7,9	3,6	3,2	-2,2	-12,7
Madre de Dios	...	2,0	6,9	9,6	10,1	-20,6	14,9	-14,2	22,0	13,6
Moquegua	...	15,1	-2,6	0,2	-7,9	-0,4	10,9	-2,7	4,0	-0,6
Pasco	...	-1,3	-6,9	-6,7	-1,3	5,1	0,1	3,3	3,3	2,4
Plura	...	7,3	3,1	7,9	8,3	4,3	4,0	5,8	0,6	0,9
Puno	...	7,5	4,1	6,0	5,8	4,7	7,2	2,3	0,4	6,5
San Martín	...	10,2	4,0	7,9	5,2	11,9	1,6	7,2	5,6	2,2
Tacna	...	-2,5	-3,9	10,7	2,4	1,1	4,6	5,4	8,3	-1,2
Tumbes	...	16,2	9,5	10,8	-6,0	12,5	2,1	4,8	-2,5	-1,4
Ucayali	...	5,2	1,0	3,3	5,9	9,4	1,7	0,3	5,2	0,1
Valor Agregado Bruto	...	8,7	1,2	7,7	6,5	5,8	5,6	2,3	3,5	4,0
Impuestos a los Productos	...	12,4	2,9	13,5	4,3	8,4	8,6	3,9	2,0	4,6
Derechos de Importación	...	22,2	-19,9	29,0	8,6	18,5	2,2	-6,6	-12,2	-6,1
Producto Bruto Interno	...	9,1	1,1	8,3	6,3	6,1	5,9	2,4	3,3	4,0

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática
 Con información disponible al 15 de noviembre del 2017

APÉNDICE N.º 10:

**GLOSARIO DE
PARTIDAS APLICABLES
A OBRAS DE
REHABILITACIÓN,
MEJORAMIENTO Y
CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS Y
PUENTES (EXTRACTO)**



**Aprueban el "Glosario de Partidas"
aplicables a obras de rehabilitación,
mejoramiento y construcción de
carreteras y puentes**

**RESOLUCIÓN DIRECTORAL
N° 17-2012-MTC/14**

Lima, 20 de setiembre 2012

CONSIDERANDO:

Que, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, tiene, entre otros objetivos, definir las pautas para las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas;

Que, en el Numeral 4.1, del artículo 4° de dicho reglamento, se precisa que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento, e interpretar las normas técnicas contenidas en el citado reglamento;

Que, de otro lado, el artículo 57° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ha establecido que la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es un órgano de línea, de ámbito nacional, encargado de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles, así como de fiscalizar su cumplimiento. Asimismo, el artículo 60° de dicho reglamento ha previsto que la Dirección de Normatividad Vial, es la unidad orgánica encargada de la formulación de normas técnicas y administrativas para la gestión de infraestructura de caminos;

Que, en el ejercicio de tales funciones previstas, la Dirección de Normatividad Vial formuló el documento técnico denominado "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, como una herramienta dirigida a estandarizar y ordenar el uso de las partidas en los presupuestos de proyectos viales, y facilitar, consecuentemente, la elaboración de los metrados, costos, presupuestos y otros, tanto de los estudios de pre inversión y definitivos, como de los expedientes técnicos y demás documentación técnica y contractual pertinente;

Que, por Memorándum (M) N° 009-2012-MTC/02, de fecha 25.01.2012, el Viceministro de Transportes designó a un Grupo de Trabajo integrado por profesionales de: la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, PROVIAS NACIONAL, PROVIAS DESCENTRALIZADO y la Dirección General de Concesiones en Transportes, para encargarse de la revisión y complementación de dicho documento normativo. El citado grupo, mediante Memorándum N° 002-2012-MTC/14.04.CGT de fecha 16.03.2012, hizo entrega al Despacho del Viceministro de Transportes, el trabajo que había realizado;

Que, la Dirección de Normatividad Vial, mediante el Informe N° 046-2012-MTC/14.04 de fecha 29.03.2012, e Informe Técnico N° 001-2012-MTC/14.04, sustentó la publicación del proyecto normativo "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, correspondiente; a efecto recibir los comentarios, observaciones, y sugerencias de los usuarios, administrados y público en general;

Que, en atención a ello, y en cumplimiento de lo dispuesto por el "Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos

Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General”, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y la Directiva N° 001-2011-MTC/01-“Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales” aprobado por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01; la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso, mediante la Resolución Directoral N° 09-2012-MTC/14 de fecha 16.04.2012, la publicación del proyecto de norma en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por un plazo de cuarenta y cinco (45) días hábiles, con el objeto de recibir comentarios, observaciones y sugerencias de la ciudadanía en general. Dicha resolución, asimismo, fue publicada en el Boletín de Normas Legales del Diario Oficial El Peruano, con fecha 25.04.12;

Que, adicionalmente a tal publicación, la Dirección de Normatividad Vial realizó, en fecha 30 de Mayo del 2012, un Seminario Taller a fin de exponer los alcances del mencionado proyecto ante un grupo de profesionales invitados que realizan actividades relacionadas con la gestión de infraestructura vial;

Que, de otro lado, la Oficina General de Asesoría Jurídica, en Informe N° 1939-2012-MTC/08 de fecha 04.09.2012, ha señalado que esta norma, al tratarse de un dispositivo de carácter general, es de cumplimiento obligatorio por todos los niveles de gobierno así como por los administrados, debiendo ser publicado en el Diario Oficial El Peruano, de conformidad con lo señalado por el Decreto Supremo N° 014-2012-JUS, que ha modificado al artículo 9° del “Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General”, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS;

Que, luego de recibida la totalidad de los comentarios y sugerencias de instituciones y de la ciudadanía en general, la Dirección de Normatividad Vial ha formulado la versión definitiva del “Glosario de Partidas” aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, por lo que, mediante Informe N° 104-2012-MTC/14.04 de fecha 14.09.2012, ha solicitado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, su aprobación correspondiente a través de la emisión de una Resolución Directoral;

Que, en virtud de lo expuesto, es pertinente dictar el acto administrativo correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC y en uso de las facultades previstas en la Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- Aprobar el “Glosario de Partidas” aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, que constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio; el cual obra en Anexo que consta de treinta y un (31) páginas, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

Artículo Segundo.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral y de su Anexo, en el Diario Oficial El Peruano; de conformidad con lo previsto en el artículo 9° del “Reglamento que establece disposiciones relativas a la Publicidad, Publicación de Proyectos Normativos y Difusión de Normas Legales de Carácter General”, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo Tercero.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano. Asimismo, su aplicación comprende a los proyectos viales en los cuales la elaboración de sus estudios de pre inversión y definitivos no ha sido iniciada aún, a la fecha de entrada en vigencia de la norma.

Artículo Cuarto.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la norma legal en el Diario Oficial El Peruano, copia autenticada y el archivo electrónico del anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

WALTER N. ZECENARRO MATEUS
 Director General
 Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

GLOSARIO DE PARTIDAS APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUNTES

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El “Glosario de Partidas” aplicables a obras de construcción, mejoramiento, y rehabilitación de carreteras y puentes, es un documento técnico de carácter oficial, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial, de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

Tiene como objetivo, la estandarización y ordenamiento de las partidas aplicables a las obras antes indicadas, con la finalidad de uniformizar la documentación oficial correspondiente a los metrados, costos, presupuestos y otros, de los estudios, obras y demás documentación técnica y contractual pertinente.

El “Glosario de Partidas” está ordenado secuencialmente y contiene el código, nombre, unidad de medida, definición y precisión de las partidas genéricas y específicas de cada una de las etapas de ejecución de las indicadas obras viales; así mismo, se indica la correspondencia con los códigos de los capítulos y secciones del “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras” (EG).

El “Glosario de Partidas”, debe ser utilizado sin modificación alguna; en todo caso, si durante la elaboración de los estudios o ejecución de las obras, surge la necesidad de incluir partidas no contempladas, se propondrá como “Partida Especial” ante el órgano contratante, quien se encargará de su aprobación y reporte al órgano normativo de la infraestructura vial del MTC. Así mismo puede incluirse las subpartidas necesarias para el desarrollo de un proyecto.

El contenido del “Glosario de Partidas” es concordante con el del “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras” (EG); por tanto, la ejecución de cada partida se realizará acorde a lo establecido en dichas Especificaciones Técnicas, que entre otros hacen referencia a los planos, planes de manejo ambiental, otros documentos contractuales y disposiciones del Supervisor, según sea el caso; así como a la provisión y suministro de manera integral de los recursos de mano de obra, materiales y equipos requeridos.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial está en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC.

Finalmente, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones agradece la labor y aportes de las dependencias y profesionales que han hecho posible la elaboración del presente documento y en especial la contribución del Ing. Luis Alfonso Mares Medina a través de su libro “Manual de Partidas y Costos”.

Lima, Julio de 2012

“GLOSARIO DE PARTIDAS”

APLICABLES A OBRAS DE REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS Y PUNTES

CARRETERAS

RESUMEN

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
100.00	TRABAJOS PRELIMINARES	
101.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb.
102.00	Topografía y georeferenciación	km
103.00	Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial	Glb.



Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
104.00	Campamentos	Glb.
105.00	Accesos provisionales	km
200.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
201.00	Desbroce y limpieza del terreno	ha
202.00	Excavación en material suelto	m ³
203.00	Excavación en roca fracturada (suelta)	m ³
204.00	Excavación en roca fija	m ³
205.00	Excavación sin clasificar	m ³
206.00	Perfilado y compactado en zonas de corte	m ²
207.00	Remoción de Derrumbes	m ³
208.00	Terraplenes con material propio	m ³
209.00	Terraplenes con material propio transportado	m ³
210.00	Terraplenes con material de préstamo lateral	m ³
211.00	Terraplenes con material de cantera	m ³
212.00	Mejoramiento de suelos de fundación de terraplenes	m ³
213.00	Mejoramiento de suelos a nivel de subrasante	m ³
214.00	Pedraplenes	m ³
215.00	Obras de encauzamiento	m ³
216.00	Conformación y acomodo de DME	m ³
217.00	Desquinche y peinado de taludes	m ²
218.00	Banquetas de estabilización	m ³
219.00	Tendido de taludes en corte	m ³
300.00	AFIRMADOS	
301.00	Afirmado granular	m ³
302.00	Afirmado granular con estabilizadores de suelos	m ³
400.00	PAVIMENTOS	
401.00	Capa anticontaminante	m ³
402.00	Sub-base granular	m ³
403.00	Base granular	m ³
404.00	Bases estabilizadas	m ²
405.00	Base asfáltica	m ³
406.00	Imprimación asfáltica	m ²
407.00	Riego de liga	m ²
408.00	Tratamiento superficial monocapa	m ²
409.00	Tratamiento superficial bicapa	m ²
410.00	Sello asfáltico	m ²
411.00	Sello de fisuras	m
412.00	Sello de grietas	m
413.00	Parchado superficial	m ²
414.00	Parchado profundo	m ²
415.00	Fresado de pavimentos asfálticos	m ²
416.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente	m ³
417.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente modificado con polímeros	m ³
418.00	Pavimento de concreto asfáltico en caliente reciclado	m ³
419.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío	m ³
420.00	Pavimento de concreto asfáltico en frío reciclado	m ³
421.00	Pavimentos con emulsiones asfálticas	m ²
422.00	Pavimento de concreto hidráulico	m ³
423.00	Pavimento de adoquines de concreto	m ²
424.00	Pavimento de adoquines de piedra	m ²
425.00	Pavimento de piedra emboquillada	m ²
500.00	DRENAJE	
501.00	Excavación para estructuras en material común en seco.	m ²
502.00	Excavación para estructuras en material común bajo agua.	m ³
503.00	Excavación para estructuras en roca en seco	m ³
504.00	Excavación para estructuras en roca bajo agua	m ³
505.00	Relleno para estructuras	m ³
506.00	Capa filtrante en estructuras	m ³

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad
507.00	Alcantarillas de tubería metálica corrugada	m
508.00	Alcantarillas de tubería de concreto y otros	m
509.00	Alcantarillas tipo marco	m
510.00	Subdrenes	m
511.00	Cabezales de alcantarillas	Und.
512.00	Revestimiento de cauces de alcantarillas	m ²
513.00	Badenes	m ²
514.00	Cunetas revestidas de concreto	m
515.00	Zanjas de coronación	m
600.00	OBRAS COMPLEMENTARIAS	
601.00	Mampostería	m ³
602.00	Muros de concreto ciclópeo	m ³
603.00	Muros de concreto armado	m ³
604.00	Gaviones	m ³
605.00	Defensas ribereñas	m
606.00	Demoliciones	m ³
607.00	Instalaciones para fibra óptica	m
608.00	Delimitación y señalización del Derecho de Vía	km
609.00	Reubicación de instalaciones eléctricas, sanitarias y otras.	Glb.
700.00	TRANSPORTE	
701.00	Transporte de materiales granulares entre 120 m y 1000 m.	m3- km
702.00	Transporte de materiales granulares a más de 1000 m.	m3- km
703.00	Transporte de materiales excedentes entre 120 m y 1000 m.	m3- km
704.00	Transporte de materiales excedentes a más de 1000 m.	m3- km
705.00	Transporte de mezclas asfálticas hasta 1000 m.	m3- km
706.00	Transporte de mezclas asfálticas a más de 1000 m.	m3- km
707.00	Transporte de roca entre 120 m y 1000 m.	m3- km
708.00	Transporte de Roca a más de 1000 m.	m3- km
800.00	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	
801.00	Señales preventivas	Und.
802.00	Señales reglamentarias	Und.
803.00	Señales informativas	Und.
804.00	Postes de kilometraje	Und.
805.00	Marcas en el pavimento	m ²
806.00	Barreras de seguridad vial	m
807.00	Guardavías metálicas	m
808.00	Reductores de velocidad	Und.
809.00	Captafaros	Und.
900.00	PROTECCION AMBIENTAL	
901.00	Eliminación de residuos industriales	ha
902.00	Capa superficial de suelo	ha
903.00	Recuperación ambiental de áreas afectadas	ha
904.00	Señalización ambiental	Und.
905.00	Monitoreo de la calidad del agua.	Pto.
906.00	Monitoreo de la calidad del aire.	Pto.
907.00	Monitoreo de ruidos	Pto.

GLOSARIO DE PARTIDAS

CARRETERAS

Código	NOMBRE DE PARTIDA	Unidad	Definición	Precisión	Código Manual-EG
100.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
101.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb.	Traslado de equipos (transportables y autotransportables) y accesorios necesarios para la ejecución de las obras, desde su lugar de origen y su respectivo retorno.	Incluye carga, transporte, descarga, manipuleo, operadores, permisos y seguros requeridos.	101