



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Modificación de la capacidad portante de la subrasante por estabilización química utilizando MAXX – SEAL 200 en pavimento flexible en la Av. Ganaderos - Surco, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Godoy Moreyra Smith César

ASESOR:

Mg. Ing. Benites Zúñiga José Luis

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

GODOY MOREYRA, Smith CESAR

cuyo título es:

.. Modificación de la Capacidad Portante de la Subrasante por Estabilización Química utilizando MAXX-SEAL 200 en Pavimento flexible en la Av. GANADEROS-SURCO, 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

12 (número) DOCE (letras).

Lugar y fecha. Lima 10, de Diciembre, 2018

Raúl Piuto Barrantes
PRESIDENTE
Mg. RAUL PIUTO BARRANTES
Grado y nombre

Emilio Meehana
SECRETARIO
Mg. Emilio Meehana
Grado y nombre

José Benites
VOCAL
Mg. José Benites
Grado y nombre

NOTA: En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre Nieves por siempre dar todo para lograr este objetivo, a mi padre Alipio por enseñarme a jamás rendirme en el camino que uno decidí llevar, a mi hermana Milagros y Joselyn quienes con su orientación y ayuda lograron en mi poner empeño en la culminación de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de Tesis Ing. Aybar Arriola Gustavo Adolfo por el apoyo constante y paciente en la guía del desarrollo de la investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo por permitirme ser parte de sus instalaciones, así como a los diferentes docentes que a lo largo de la carrera contribuyeron en mi formación profesional con sus sólidos conocimientos y la guía de salir a delante cada día.

A mi familia por brindarme el apoyo y fortaleza para jamás rendirme en el camino que fue el de ser un profesional.

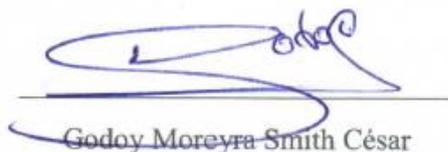
A todas las personas que siempre me dieron aliento de seguir con los estudios y nunca rendirme, así poder lograr este objetivo que se los dedico.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Godoy Moreyra Smith Cesar, identificado con DNI N.º 47393970, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la información y documentación anexada en la presente tesis es original y de fuentes veraces.

Por lo expuesto, asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Los Olivos, 10 de diciembre del 2018



Godoy Moreyra Smith César

DNI: 47393970

PRESENTACION

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada: "Modificación de la capacidad portante de la subrasante por estabilización química utilizando Maxx-seal 200 en pavimento flexible en la Av. Ganaderos - Surco, 2018", con la intención de determinar la estabilización de la subrasante con la aplicación en porcentajes del producto Maxx-seal 200. La misma que dejo a su consideración con la espera que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACION	vi
ABSTRACT	xv
INTRODUCCION	1
1.1 Realidad Problemática	18
1.2 Trabajos previos	20
1.2.1 Antecedentes Internacionales	20
1.2.2 Antecedentes Nacionales	22
1.3 Teorías relacionadas al tema	26
1.3.1 Modificación de la capacidad portante de la subrasante	26
1.3.2 Estabilizador químico MAXX-SEAL 200	47
1.4 Formulación del problema	51
1.4.1 General	51
1.4.2 Específicos	51
1.5 Justificación del estudio	51
1.5.1 Práctica	51
1.5.2 Económica	52
1.5.3 Social	52
1.6 Hipótesis	52
1.6.1 General	52
1.6.2 Específicos	52
1.7 Objetivos	53
1.7.1 General	53
1.7.2 Específicos	53
II. DISEÑO	54
2.1 Diseño de investigación	55
2.2 Variables, operacionalización	55
2.2.1 Variable independiente	55
2.2.2 Variable dependiente	55
2.2.3 Operacionalización de variables	56
2.3 Población y muestra	56
2.3.1 Población	56
2.3.2 Muestra	57
2.3.3 Muestreo	57

2.4	Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	57
2.4.1	Técnica	57
2.4.2	Instrumentos de investigación	58
2.4.3	Validación y confiabilidad del instrumento	58
2.5	Métodos de análisis de datos	59
2.5.1	Elaboración de un Excel	59
2.6	Aspectos Éticos	59
III.	RESULTADOS	60
3.1	Descripción de la zona de estudio	61
3.1	Descripción de la metodología	62
3.1.1	Fase pre – campo	62
3.1.2	Fase campo	62
3.1.3	Fase de laboratorio	65
3.1.4	Fase de Gabinete	65
3.2	Resultados y cálculos de la investigación	68
3.2.1	Determinación de las propiedades físico – mecánicas de los suelos de subrasante	68
3.2.2	Especificación de las propiedades físico – mecánicas de los suelos de subrasante al añadir los porcentajes de estabilizadores químicos	73
3.2.3	Cálculo del número estructural requerido (SNR), diseño de pavimento flexible – método AASHTO 93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú)	86
3.3	Contrastación de Hipótesis	97
IV.	DISCUSIÓN	
V.	CONCLUSIONES	
VI.	RECOMENDACIONES	
	REFERENCIAS	
	ANEXOS	
	Anexo 1. Matriz de consistencia	
	Anexo 2. Fichas de Validación de Datos	
	Anexo 3. Informe de Laboratorio	
	Anexo 4. Perfil estratigráfico y ensayos realizados en la calicata C-1 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y ensayo de CBR)	
	Anexo 5. Perfil estratigráfico y ensayos realizados en la calicata C-2 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y ensayo de CBR)	
	Anexo 6. Certificados de Calibración de Instrumentos de laboratorio	
	Anexo 7. Boleta de pago de los ensayos	
	Anexo 9. Espesores de Capa – Basado en el manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos MTC, 2013	
	Anexo 10. Cálculo del IMDA y el ESAL correspondiente	

Anexo 11. Panel fotográfico

Anexo 12. Documentación

Anexo 13. Plano de Progresiva de las calicatas C-1 y C-2

Anexo 14. Catálogo de números estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante – periodo de diseño 20 años

Anexo 15. Catálogo de estructuras de Pavimento Flexible con carpeta asfáltica en caliente – periodo de diseño 20 años

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.SISTEMA AASHTO.....	28
Tabla 2.SUCS – Suelos de grano grueso	29
Tabla 3.SUCS – Suelos de gran fino	29
Tabla 4.Métodos de Proctor a utilizar	33
Tabla 5.Calificacion del suelo según el sistema de clasificacion y en funcion de la subrasante.	34
Tabla 6.Relacion entre las categorias de subrasante y el valor de CBR.....	35
Tabla 7. Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE en el carril y periodo de diseño.....	37
Tabla 8. Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 3'000,000 EE en el carril y periodo de diseño.....	38
Tabla 9.Caminos que tienen un tránsito mayor a 30'000,000	38
Tabla 10.Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR.....	39
Tabla 11.Valores recomendados de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.....	40
Tabla 12.Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (ZR) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el nivel de confiabilidad y rango de tráfico.	41
Tabla 13.Servicialidad Inicial (Pi).....	42
Tabla 14. Servicialidad Final o terminada (Pt).....	43
Tabla 15.Variación de Servicialidad (Δ PSI)	44
Tabla 16.Ecuación AASHTO	45
Tabla 17.Coeficientes Estructurales de las capas del Pavimento a_i	46
Tabla 18.Tipos de estabilización de suelos	48
Tabla 19. Operacionalización de variables.....	56
Tabla 20. Número de especímenes de la investigación	57
Tabla 21. Porcentajes de validez	58
Tabla 22. Indice de validez por experto en la especialidad	59
Tabla 23.Ubicación de la zona de estudio	61
Tabla 24.Coordenadas Geográficas de las calicatas del área de estudio	64
Tabla 25.Análisis granulométrico por tamizado de los suelos de subrasante.	68
Tabla 26.Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO.....	70
Tabla 27. Contenido de humedad de muestras inalteradas.....	70
Tabla 28.Limites de Atterberg de las muestras	71

Tabla 29. Ensayo de Proctor Modificado muestras de suelo inalteradas	71
Tabla 30. Ensayo de CBR al 95%	72
Tabla 31. Ensayo de CBR al 100%	72
Tabla 32. Límites de Atterberg.....	73
Tabla 33. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de Límites de Atterberg.....	74
Tabla 34. Ensayo de Proctor modificado muestras de suelo con adición.....	74
Tabla 35. DMS C-1	75
Tabla 36. DMS C-2	76
Tabla 37. OCH C-1.....	77
Tabla 38. OCH C-2.....	78
Tabla 39. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo Proctor Modificado.....	79
Tabla 40. CBR AL 95%	79
Tabla 41. CBR AL 95% C-1	80
Tabla 42. CBR AL 95% C-2	81
Tabla 43. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 95%	82
Tabla 44. CBR AL 100%	82
Tabla 45. CBR AL 100% C-1	83
Tabla 46. CBR AL 100% C-2	84
Tabla 47. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 100%	85
Tabla 48. Introducción de la hoja cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú).....	86
Tabla 49. Introducción de datos de calicatas en la hoja de calculo	87
Tabla 50. Selección de CBR de diseño.....	87
Tabla 51. Calculo del número estructural requerido SNR, suelo natural.....	88
Tabla 52. Calculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.....	88
Tabla 53. Calculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO.....	89
Tabla 54. Materiales a considerar para el diseño.....	89
Tabla 55. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural.....	90

Tabla 56. Introducción de datos de calicatas en la hoja de calculo	91
Tabla 57. Selección de CBR de diseño.....	91
Tabla 58. Calculo del número estructural requerido SNR, suelo con adición del porcentaje con mayor incremento de CBR.	92
Tabla 59. Calculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.....	93
Tabla 60. Calculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO.....	93
Tabla 61. Materiales a considerar capa por capa de la estructura del pavimento.....	94
Tabla 62. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural con mayor incremento de CBR al añadir un porcentaje de MAXX-SEAL 200 (10%).	95
Tabla 63. Comparación de costos por m ² de los suelos de subrasante natural y suelo con la dosificación de MAXX-SEAL 200 con mayor incremento de CBR (10%).....	96
Tabla 64. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 95%	98
Tabla 65. Disminución de SNR de suelo natural y SNR de suelo con adición en porcentaje de 10%	98

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Av. Ganaderos – Surco, 2018. (1)
- Figura 2. Av. Ganaderos – Surco, 2018. (2)
- Figura 3. Límites de Atterberg.
- Figura 4: ecuación de CBR (I)
- Figura 5. Ecuación de CBR
- Figura 6. Ecuación AASHTO
- Figura 7. Ubicación del área del proyecto señalada con la flecha roja.
- Figura 8. Calicata C-1, se aprecia la Profundidad excavada y la presencia calicata C-1
- Figura 9. Muestra extraída de la
- Figura 10. Calicata C-2, se aprecia la Figura 11. Muestra extraída de la
- Figura 12. Curva granulométrica de C-1
- Figura 13. Curva granulométrica de C-2
- Figura 14. Imagen satelital de la Av. Ganaderos, trazo de reconocimiento de un tramo de 1 km (línea roja en la figura).
- Figura 15. Av. Ganaderos, Surco (tramo de primeras cuadras).
- Figura 16. Excavación de calicata C-1.
- Figura 17. Realización de calicata C-1.
- Figura 18. Toma de muestras de calicata C-1.
- Figura 19. Excavación de calicata C-2.
- Figura 20. Realización de calicata C-2.
- Figura 21. Toma de muestras de calicata C-2.
- Figura 22. Ensayo de granulometría por tamizados de calicata C-1.
- Figura 23. Ensayo de granulometría por tamizados de calicata C-2.
- Figura 24. Ensayo de Proctor modificado de calicatas C-1 y C-2.
- Figura 25. Ensayo de Proctor modificado con adición de 6% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.
- Figura 26. Ensayo de Proctor modificado con adición en 8% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.
- Figura 27. Ensayo de Proctor modificado con adición en 10% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.
- Figura 28. Ensayo de Proctor Modificado.
- Figura 29. Ensayo de CBR muestras de suelo natural.
- Figura 30. Ensayo de CBR con adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación lleva como título “Modificación de la capacidad portante de la subrasante por estabilización química utilizando Maxx - Seal 200 en pavimento flexible en la Av. Ganaderos - Surco, 2018” donde se tuvo como objetivo el incremento de la capacidad portante de la subrasante, mejora de las propiedades físico – mecánicas de suelo y alternativa de diseño para pavimento flexible, con la utilización en porcentajes de 6, 8 y 10% del producto estabilizador MAXX-SEAL 200 para una muestra de subrasante natural de Limo - Orgánico, con un CBR regular (7.5 %) antes de la adición y un CBR bueno (17.5%) con la adición del 10 %. La metodología utilizada en la presente investigación fue experimental de corte transversal, así mismo de carácter descriptivo – aplicativo; en cuanto a la población se consideró el tramo de 1 KM de la Av. Ganaderos distrito de Surco, la muestra está conformada por 24 especímenes de suelos de subrasante natural, con muestreo no probabilístico de tipo intencional, debido a que se seleccionaron los especímenes de suelos de subrasante para someterlos a experimentación aplicando 3 dosis diferentes del estabilizador MAXX – SEAL 200. Los instrumentos utilizados fueron ensayos con protocolos normados y estandarizados para la obtención confiable de resultados, los cuales fueron: Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM D 442, MTC E1090 – 2000), Límites de Atterberg (ASTM D 4318, MTC E115 – 200), Contenido de Humedad (ASTM D 2216), ensayo de Proctor Modificado (ASTM D 1557, MTC E132 – 200), ensayo de CBR (ASTM D 1883) y la utilización del Método AASHTO 93 para el Diseño de Pavimentos Flexibles. Se concluye que fue posible modificar la capacidad portante de la subrasante de suelo Limo - Orgánico, con la adición en dosificaciones de 6, 8 y 10% del estabilizador químico MAXX - SEAL 200 y proponer un diseño de estructura de pavimento para el tramo de 1 km de la Av. Ganaderos.

PALABRAS CLAVES: Modificación de subrasante, estabilizador químico MAXX – SEAL 200, Propiedades físico – mecánicas de la subrasante, capacidad portante CBR, número estructural requerido (SNR) y dosificaciones del polímero

ABSTRACT

In this research work is entitled "Modification of the bearing capacity of the subgrade by chemical stabilization using Maxx-seal 200 in flexible pavement in Av. Ganaderos - Surco, 2018" where the aim was to increase the carrying capacity of the subgrade, improvement of the physical - mechanical properties of the soil and alternative design for flexible pavement, with the utilization in percentages of 6, 8 and 10% of the MAXX – SEAL 200 stabilizer product for a natural sub - sample of Limo - Organic , with a regular CBR (7.5%) before the addition and a good CBR (17.5%) with the addition of 10%. The methodology used in the present investigation was cross-sectional experimental, as well as descriptive - applicative; Regarding the population, the 1-km stretch of the Ganaderos Ave. district of Surco was considered. The sample consisted of 24 specimens of natural subgrade soils, with non-probabilistic sampling of the intentional type, because the specimens of subgrade soils for experimentation applying 3 different doses of the MAXX – SEAL 200 stabilizer. The instruments used were tests with standardized and standardized protocols for reliable results, which were: Granulometric Analysis by sieving (ASTM D 442, MTC E1090 - 2000), Atterberg Limits (ASTM D 4318, MTC E115 - 200), Moisture Content (ASTM D 2216), Modified Proctor Test (ASTM D 1557, MTC E132 - 200), CBR Test (ASTM D 1883) and the use of the AASHTO 93 Method for the Design of Flexible Floors. It is concluded that it was possible to modify the carrying capacity of the Limo - Organic soil subgrade, with the addition in dosages of 6, 8 and 10% of the MAXX-SEAL 200 chemical stabilizer and to propose a pavement structure design for the section of 1 km of the Av. Ganaderos.

KEYWORDS: Modification of subgrade, chemical stabilizer MAXX – SEAL 200, Physical-mechanical properties of the subgrade, bearing capacity CBR, required structural number (SNR) and polymer dosages.

INTRODUCCION

1.1 Realidad Problemática

A nivel mundial, se evidencian muchas vías vehiculares con pésimas condiciones de uso, produciendo gran malestar en los usuarios y deterioro de las unidades vehiculares; estos problemas se evidencian en muchos países de Latino América; como es el caso de Guatemala, México, Ecuador, Bolivia, Colombia y Brasil; en estos países evidenciamos las patologías más comunes en el pavimento flexible tales como piel de cocodrilo, ondulaciones, abultamientos, hundimientos, baches, parches, fisuras, etc. Haciendo frente a estos problemas frecuentes en el pavimento estos países van innovando la infraestructura vial, con la aplicación de nuevas tecnologías de diseños de vías, como es el caso del uso de estabilizadores químicos.

Nuestro país no es ajeno a este tipo de problemas que se evidencian en las estructuras de pavimento flexible, el diario Perú 21 nos menciona que tras un breve recorrido por lima metropolitana se evidenciaron que en varias avenidas principales las pistas presentan huecos que parecen “cráteres” y muchas de estas se encontraban en estado crítico, en consecuencia esto representa un verdadero peligro para los usuarios de las vías, ya que estos problemas resultan ser los causantes de múltiples accidentes de tránsito; las avenidas más afectadas son: Tomas Marsano (Surco), José Granda (S.M.P), Arica (Breña), Los Héroes (S.J.M) y Paso de los Andes (Pueblo Libre). La particularidad que existe en estas avenidas principales es que las patologías se presentan de manera continua a lo largo de todas sus cuadras que las comprenden.

Estos problemas se deben por lo general a que las vías vehiculares se construyen sobre lugares con múltiples desniveles y suelos con baja capacidad portante (inestables), tal es el caso de suelos blandos, lacustres o pantanosos. La estabilidad de pavimentos situados sobre suelos blandos es demasiado baja, producto a su baja capacidad portante del suelo; debido a esto el pavimento sufrirá importantes deformaciones producidas por el exceso de cargas sobre este suelo. (Soto, 2009).

EL MTC (2007) indica que las carreteras se deterioran principalmente por el efecto de circulación de tránsito de mayor peso, tráfico vehicular, características del pavimento o por las condiciones meteorológicas (p.12)

Además, el MTC (2007) sostiene que *“los agentes climáticos como la lluvia y la temperatura son responsables por un 30% a 45% del deterioro de una vía asfaltada en el rango climático de árido a húmedo”*. (p.13)

En el Perú los problemas más comunes que se producen en la construcción de pavimentos, tanto en ámbito urbano y rural se da en la subrasante, por que frecuentemente están establecidos sobre suelos con baja capacidad portante como es el caso de los Limos – Arcillosos, en consideración al diseño de pavimentos se cuenta con tres alternativas de construcción: utilizar el material del suelo tal cual es hallado, reemplazar el suelo por uno con mejores propiedades provenientes de canteras (material de préstamos) y la última alternativa es la intentar mejorar las características y propiedades físico – mecánicas para así poder soportar las cargas que el pavimento ejerce sobre el suelo. (Silva,2016).

El presente trabajo de investigación se enlaza con el estudio del mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante con la aplicación del producto químico estabilizador MAXX – SEAL 200.

Este es el caso de la Av. Ganaderos del distrito de Surco (Pantanos de Villa), donde se realizó nuestro proyecto de investigación, en la cual se ve un nivel freático elevado, mucha vegetación y fauna por las características del lugar, materiales orgánicos pertenecientes a la subrasante, hundimiento por sectores, presencia de materiales contaminantes (Basura) de la vía.



Figura 1. Av. Ganaderos – Surco, 2018. (1)



Figura 2. Av. Ganaderos – Surco, 2018. (2)

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Antecedentes Internacionales

López, M (2017), quien realizó la tesis denominada “*Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El estudio realizado por el autor tiene como objetivo mejorar de las propiedades físicas mecánicas de los suelos arenosos con la adición de cemento tipo MH (0, 3, 6 y 9%), así como determinar el porcentaje óptimo de cemento para mezcla que brinde la mejor resistencia y evaluar las ventajas y limitaciones de un mejoramiento de suelo con cemento en la construcción de cimentaciones superficiales y contrapisos. En cuanto a la metodología, se desarrolló un diseño experimental, el nivel de investigación es de carácter descriptivo y explicativo. Los resultados indican que los suelos que predominan en el área de estudio son de tipo arena de grano fino o media no plástica (SM). Con respecto a los ensayos de CBR, el valor del CBR para el suelo natural fue de 27% y para el suelo-cemento al 3% de peso seco se obtuvo un CBR de 130%. En conclusión el uso de cemento tipo MH con un 3% al peso seco es adecuado y conveniente para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del suelo, tanto desde el punto de vista técnico como económico, ya que el cemento reemplaza al material de subbase debido

principalmente a su alto valor de CBR que supera al valor mínimo de una subbase clase 3 y a que las propiedades del suelo cemento no se ven perjudicadas en presencia de agua, así como el uso de suelo-cemento al 3% representa un ahorro de aproximadamente un 40% en comparación al mejoramiento con lastre.

Moll, M (2017), quien realizó la tesis doctoral denominada “*Procedimiento para el diseño estructural de pavimentos flexibles rehabilitados en Cuba con el empleo de bases recicladas utilizando ligantes asfálticos*”. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, sustentado en la Universidad Tecnológica de la Habana – Cuba, Facultad de Ingeniería Civil; con el objetivo de implementar un procedimiento de diseño de pavimentos flexibles mediante una estructura de base constituida por pavimentos reciclados con asfalto espumado o emulsión bituminosa. En cuanto a la metodología, se utilizó el método hipotético – deductivo y el método experimental, se realizaron ensayos de DCP para la estructura del pavimento, creación de modelos utilizando el programa ALIZE – III y análisis de respuesta del mismo. Se concluye que los materiales reciclados de pavimentos son una alternativa factible para la formación de una base para el diseño de pavimentos flexibles. El diseño que propone el autor permite evaluar el estado estructural de la carretera, la adecuada selección de los tramos homogéneos dependerá del estudio deflectométrico, así como de la experiencia del especialista. Asimismo, se concluye que los principios y criterios de la normativa cubana para pavimentos flexibles se puede aplicar para obtener procedimientos para una estructura de pavimentos reciclados.

Gavilanes, N. (2012), quien realizó el trabajo de investigación “*Diseño de la estructura del pavimento con reforzamiento de geo sintéticos aplicado a un tramo de la carretera Zumbahua-La Maná*”, el cual fue sustentado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador –Facultad de Ingeniería Civil, se planteó como objetivo analizar el diseño de la estructura del pavimento tradicional y la estructura del pavimento reforzado geo sintéticos (geomalla biaxial y el geotextil no tejido) ejecutado en un tramo de 100 metros de la carretera Zumbahua, así como evaluar los diferentes parámetros que intervienen para calcular los espesores de capas de estas estructuras. En cuanto a la metodología, se procedió a realizar ensayos y pruebas de laboratorio bajo normas para determinar el tipo de suelo, densidad máxima y humedad óptima para calcular la capacidad portante y el valor de la capacidad de soporte para el diseño, ensayo de Estabilidad Marshall para obtener las

características de la mezcla asfáltica, entre otros. Para el diseño de estructura tradicional se utilizó el método AASHTO 93 en base al número estructural de la subrasante y Análisis por Capas (Método Shell), y el diseño reforzado por el Método Tensar en base al diseño tradicional por la AASHTO 93. Los resultados indican que el área de estudio presenta suelos blandos con presencia de nivel freático elevado, el tipo de suelo que predomina son limos arenosos y, así como la presencia de arenas limosas. Además, se determinó que los suelos tienen de regular a mala capacidad portante (5.25%). Se concluye que la estructura reforzada cumplió con las especificaciones para la construcción de caminos y puentes debido a que mejoró la subrasante aumentando la resistencia del pavimento, como también menores deformaciones y mayores rigideces en las capas de pavimento a diferencia de la estructura tradicional.

1.2.2 Antecedentes Nacionales

Romero, R y Sañac, C. (2016), realizaron la investigación titulada *“Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico - Cusco”*, el cual fue sustentado en la Nacional Andina del Cusco–Escuela de Ingeniería Civil, se planteó como objetivo evaluar un polímero adhesivo natural (pegamento industrial de madera) para mejorar la estabilidad de los suelos y permitir incrementa la resistencia de suelos finos arenosos-arcillosos. En cuanto a la metodología, se desarrolló un diseño cuasi experimental y método cuantitativo; se evaluó el efecto del polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% en material de estrato arcilloso y estrato arenoso, como también la evaluación de los 2 estratos sin la adición del polímero. Los resultados indican que el suelo arcilloso sin aditivo tiene una subrasante insuficiente con valor de CBR de 3%, sin embargo, al aumentar el porcentaje del polímero en el suelo arcilloso se observó el incremento de la CBR, pero disminuye a partir del 2% de la adición del aditivo, alcanzando el mayor valor de CBR en 4%. Por otro lado, el estrato arenoso sin la aplicación del polímero tiene subrasante inadecuado con valor de CBR en 1%; no obstante, al realizar el aumento hasta la adición de 1.7% se obtiene el mayor valor de CBR en 16.74%. Se concluye que el uso polímero adhesivo natural como un aglomerante natural mejora la capacidad de soporte y propiedades de compactación del estrato arenoso con respecto al estrato arcilloso.

Palomino, K. (2016), quién desarrolló un proyecto de investigación de título “*Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100*”, el cual fue sustentado en la Universidad Privada del Norte –Escuela de Ingeniería Civil, se planteó como objetivo cuantificar la capacidad portante (CBR) de un suelo con un contenido de arcillas significativo al adicionarle el estabilizador MAXX-SEAL 100 a una concentración de 2, 4 y 6 %. En cuanto a la metodología, se aplicó un diseño de investigación experimental; se procedió a extraer 3 muestras de suelo arcilloso (muestras patrón), 3 muestras con la adición del 2, 4 y 6% del polímero MAXX-SEAL 100; estos 12 especímenes fueron sometidos a ensayos de CBR y Proctor modificado. De acuerdo a los resultados obtenidos según la clasificación SUCS, se establece que el suelo evaluado posee las propiedades de una arcilla plástica con un nivel que varía entre bajo y medio (CL) y según lo especificado en el sistema de clasificación AASHTO se ubica en el conjunto A-7-6 (5) correspondiente a un suelo con elevado contenido de arcilla. Con respecto a los resultados de capacidad portante CBR aplicando el estabilizador MAXX-SEAL 100 se obtuvieron los siguientes resultados a 0.1” y 0.2” de espesor de martillo: con el primer parámetro (0.1”), cuando la concentración del estabilizador aplicado en el suelo es del 0% (muestra patrón), 2%, 4% y 6% se calculó un CBR de 5.10%, 7%, 9.60% y 11% respectivamente. Al emplear el segundo parámetro (0.2”), el CBR alcanzó un porcentaje de 5.40%, 7.30%, 10.10% y 11.70% para las mismas concentraciones del MAXX-SEAL 100 en el suelo y en el mismo orden que al realizar la prueba experimental con un martillo de 0.1” de espesor. Se concluye que, si se incrementa la cantidad de estabilizador en el suelo, mejorará su capacidad portante incrementando su CBR.

Salcedo y De la Cruz (2016), realizaron una investigación, para lograr el título de Ing. Civil en la Universidad Peruana Los Andes, cuyo título es “*Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo – Junín*”. El estudio realizado por el autor tiene como objetivo estimar la modificación de las características de los suelos cohesivos del área de estudio, en relación a sus propiedades, al aplicar el compuesto químico Eco Road 2000, así como evaluar el incremento de la CBR en los suelos al agregar el aditivo y determinar al adicionar diferentes cantidades de dicho aditivo, el grado de suficiencia de la información patrón obtenida de las especificaciones técnicas. En cuanto a la metodología, se desarrolló un diseño experimental y método cuantitativo, el carácter del estudio es analítico, experimental y descriptivo. Los resultados

revelan que el efecto del aditivo fue mayor en las calicatas f C-4, C-5, C-7, C-8, C10, debido a la elevada fracción (%) de partículas finas que contiene cada una de estas (71.30%, 73.50%, 74.00%, 81.60%, 74.80%). Con respecto a la cantidad de aditivo a adicionar (0.067 L/m^3), establecida en sus especificaciones técnicas, la dosificación $1\text{lt}/19\text{m}^3$, la excede en un 57%. Por otra parte, los resultados de los ensayos de CBR al agregar el aditivo en un material de sub-base indican que 7 calicatas alcanzan un CBR del 40%, asimismo se determinó que dos calicatas superan el 30% de CBR y una supera el 20%, cuyos valores resultaron ser 38.55%, 36.10%, 21.70% respectivamente, lo cual indica que las dos primeras se clasifican como una excelente sub rasante y la última como una muy buena sub rasante debido a que su valor de CBR está dentro del rango de 20% a 30%. En conclusión, la adición del aditivo Eco Road 2000 incrementa la velocidad de expansión y contracción del suelo natural, y en consecuencia mejora sus propiedades físicas y mecánicas y su estabilidad.

Ramos, G. (2014), quien realizó el trabajo de investigación "*Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclables en carreteras, Paucará, Huancavelica 2014*", el cual fue sustentado en la Nacional Universidad del Centro de Perú-Facultad de Ingeniería Civil, se planteó como objetivo evaluar el uso de las botellas descartables como aditivo para mejorar los suelos con baja capacidad portante. En cuanto a la metodología, se desarrolló un diseño de investigación pre experimental, el cual consistió en aplicar un pre test (estudio del suelo de subrasante sin la adición de aditivos) y un post (estudio del suelo de subrasante con dosificaciones del polímero reciclable en 0.5%, 1%, 1.5% y 2% del peso del suelo sin humedad, suelo-cal y suelo-cal-polímero). Los resultados de la dosis óptima del polímero fue 1.5% y una forma geométrica rectangular con dimensiones entre 5-10 mm para obtener una máxima capacidad portante el suelo; con respecto a los resultados obtenidos en tramos de suelo arcilloso con la adición de polímeros reciclables se obtuvo que en el tramo 1 se incrementó el CBR hasta exceder el 6% como indica la norma de suelos de subrasante, no obstante en el tramo 2 fue 4.8%, menor a lo normado, sin embargo se logró incrementar la capacidad portante en términos de CBR en 28%. Al utilizar el método de estabilización suelo-cal se obtuvo un CBR de 16.9% y para el último ensayo de suelo se adicionó cal y el polímero, incrementándose un CBR de 18.2%. Se concluye que el uso de los polímeros reciclables solo mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante; en la investigación se logró incrementar la capacidad portante en términos de CBR en 26% debido a que el PET es un material

resistente y al adicionar al suelo arcilloso hace que tenga mayor fricción y por ende mayor resistencia al corte.

Gómez, V. (2014), quien realizó el trabajo de investigación “*Diseño estructural del Pavimento Flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo – La Libertad, 2014*”, el cual fue sustentado en la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería Civil, que planteó como objetivo principal determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – la Libertad. En cuanto a la metodología se planteó un tipo de investigación descriptiva aplicándose, su población fue toda la red vial del Óvalo Grau, siendo la muestra un tramo del anillo del Óvalo Grau. Se concluye que el diseño de la estructura del pavimento flexible obedece a las características del lugar, considerando como datos de entrada, las siguientes variables: tipo de tránsito, propiedades mecánicas del terreno de fundación y los materiales en ella, indicadores meteorológicos, drenaje, Servicialidad y confiabilidad, utilizando el método AASTHO – 93. Además, con respecto al cálculo del espesor de la estructura, se concluye que existe relación entre las variables, donde se considera los factores equivalentes de ejes tipo 80 kn o 18 kips o ESAL con el módulo resiliente de la subrasante MR. Con los datos anteriores, se determinó el número estructural SN, obteniendo los valores de espesores para cada una de las capas que constituyen la estructura del pavimento y por ende los valores resultantes para el diseño de pavimento flexible mediante el método AASTHO – 93 son de 10.00 cm de carpeta asfáltica, 35.00 cm de base Hidráulica y 30.00 cm de sub – base granular.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Modificación de la capacidad portante de la subrasante

La modificación de la capacidad portante de la subrasante es un procedimiento aplicado a los suelos vírgenes para cambiar o manipular alguna deficiencia de sus propiedades físico - mecánicas, logrando aumentar la capacidad portante del suelo, con la finalidad de soportar los efectos del tránsito vehicular y las condiciones meteorológicas (Fratelli, 1993, p. 30).

Las propiedades más sobresalientes al momento de realizar algún tipo de estabilización son la resistencia, permeabilidad, estabilización volumétrica compresibilidad. Al llegar a elegir algún tipo de producto para mejorar las características de la subrasante, los estudios se deben cimentar en verificar si mejoran algunas de estas propiedades. (Ravines, 2010, p. 36)

1.3.1.1 Propiedades físico – mecánicas de la subrasante

Las propiedades fundamentales para analizar la capa superficial del terreno natural son las propiedades físicas, rigidez e hidráulicas. Las propiedades físicas más importantes que deben examinar son la granulometría, límites de consistencia, densidad y humedad; en las propiedades de rigidez incluyen el estudio del módulo resiliente, módulo de elasticidad y CBR; y, por último, las propiedades hidráulicas para evaluar son permeabilidad, coeficiente de drenaje y expansión (Menéndez, 2013, p. 169).

De acuerdo al autor (Ravines, 2010, p. 38), las propiedades más importantes a evaluar cuando se realiza una clase de estabilización son las siguientes: la permeabilidad, resistencia, compresibilidad y estabilización volumétrica. Al seleccionar un aditivo para mejorar las características de la subrasante, es necesario verificar la modificación de alguna de las propiedades anteriormente mencionadas.

Es importante conocer y comprender las principales propiedades de la subrasante, para realizar una adecuada proyección del comportamiento del suelo, que soporta esfuerzos mecánicos sobre el (crespo, 2004, p. 18).

La calidad de esta capa depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento, sea esta flexible o rígida como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación y los cambios de volumen de un suelo de subrasante

de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste. (Montejo Fonseca, 2002, p. 28).

a) Tipos de suelo

Los suelos pueden dividirse dependiendo del tipo de descomposición de las rocas, clasificándose en suelos inorgánicos y orgánicos. Los suelos inorgánicos se originan por los agentes físicos y químicos como la meteorización; no obstante, la desintegración de los suelos orgánicos se produce por la acción microbiana; es decir, la vegetación y otros restos orgánicos son desintegrados por los microorganismos dejando como producto el humus, estas partículas finas se mezclan con diferentes proporciones de partículas minerales, formándose de esa manera los suelos orgánicos. Por otra parte, en el medio ingenieril existen tipos de agregados que dependen del tamaño de sus partículas, tales como gravas, arenas, limos y arcilla (Crespo, 2004, p. 21-22)

Además, (Moreno y Rodríguez, 2013, p. 59) los tipos de suelos se pueden describir en base a sus características como su color, tamaño de partículas y consistencia.

b) Clasificación de los suelos

Con respecto a la clasificación de suelos, el autor Terzaghi y Peck (1973, p. 50) se refiere a que los suelos se ordenan en grupos, considerándose la semejanza en las características y propiedades del agregado. Para realizar la caracterización del suelo se aplica los ensayos de límites de consistencia y la granulometría.

Por su parte, (Ramos, 2014, p. 16) menciona que los sistemas más difundidos son AASHTO y ASTM, esta clasificación permite conocer el comportamiento de los suelos para delimitar las zonas homogéneas desde el enfoque geotécnico. Para determinar las características del suelo se aplica los métodos de granulometría y plasticidad e índice de grupo.

Clasificación de los suelos por el sistema AASHTO

Según (Guamán, 2016, p. 09) El sistema de clasificación AASHTO divide a los suelos en granulares, limo-arcilla y suelo orgánico, los cuales son evaluados con el fin de ser utilizados como subrasante o terraplenes. Con respecto a la simbología del sistema, se clasifican en 7 grupos, del A-1 hasta A-8, mientras mayor sea el valor de la simbología menor será la calidad del suelo para construcción.

Tabla 1.SISTEMA AASHTO.

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)	
Índice de plasticidad	6 máx	NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

Fuente: ASTM D 3282, 1973.

Clasificación de los suelos por el sistema SUCS

El autor Sowers (1972, p. 25) menciona que el sistema de clasificación SUCS se divide en los suelos en granos gruesos y granos finos, siendo este sistema la forma más rápida de identificar y agrupar a los agregados. Los suelos de granos finos se agrupan en arcillas(C), limos (M) y, limos y arcillas orgánicas (O); por otra parte, los suelos granos gruesos se agrupa en gravas (G) y arenas (S)

Tabla 2.SUCS – Suelos de grano grueso

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLOS DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	

Fuente: NTP 339.134

Tabla 3.SUCS – Suelos de gran fino

SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	G= Grava, S=Arena, O=Suelo Organico, P=Turba M=Limo, C= Arcilla, W= Bien Graduada, P=Mal Graduada, L=Baja Comprensibilidad, H=Alta Comprensibilidad
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.	
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	
Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.	

CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S)

Fuente: NTP 339.134.

A continuación, se describen los parámetros importantes para la identificación y clasificación de suelos para evaluar la calidad del terreno de fundación del proyecto de investigación.

c) Granulometría de suelos

De acuerdo con (Araujo, 2014, p.09), la granulometría es un ensayo para caracterizar los suelos según la proporción de los diferentes tamaños de grano, utilizando una serie normalizada de tamices; debido a que las muestras de suelos son distintos en apariencia, tamaño y forma. Luego de obtener el porcentaje de suelo retenido en cada matriz mediante el análisis granulométrico, se procede a realizar la gráfica semilogarítmica, colocándose en el eje “Y” el porcentaje en peso de la muestra de los tamices y en el eje “X” la abertura de cada tamiz; con este ensayo se obtiene la cantidad de grava, arena y el contenido de finos (limos y arcillas).

d) Contenido de Humedad

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado (MTC, 2013, p. 30).

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado (MTC, 2013, p. 30).

e) Límites Atterberg

Según (Tupia, 2001, p. 10) menciona que el método más adecuado para medir los límites de humedad es conocido como métodos de Atterberg, y los diferentes cambios de contenido de agua o estado de consistencia se denomina límites de Atterberg; es decir un suelo con grano

fino puede pasar desde el estado sólido a varios estados dependiendo del contenido de humedad del agregado, definidas como sólido, emplástico, plástico, líquido viscoso y suspensión en líquido. Los ensayos del método de Atterberg se ejecutan en base a la norma ASTM- D 4318.

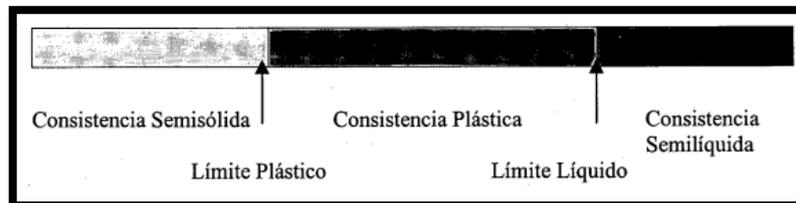


Figura 3. Límites de Atterberg.

Límite Líquido (LL)

De acuerdo a (Bowles, 1978, p. 16-17) La determinación del Límite Líquido consiste en colocar una masa de suelo húmedo en la copa de Casagrande, la cual es dividida en dos por la ranura-patrón, y dejada caer desde una altura de 1cm por 25 veces (golpes) hasta que se origine una falla o cierre de la ranura en una longitud de 12.7 mm. El límite líquido ocurre cuando la masa del suelo pasa del estado semilíquido al plástico.

Límite Plástico (LP)

Con respecto a la determinación del Límite Plástico, (Bowles, 1978, p. 19), se refieren al contenido de humedad que tiene el suelo, en el cual empieza a romperse o resquebrajarse cuando se enrolla a un diámetro de 3 mm.

Índice Plástico (IP)

Con respecto a la determinación del Índice plástico, (Crespo, 2004, p. 78), nos indica que es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, nos indica el margen de humedades dentro del cual se encuentran en estado plástico tal como lo definen los ensayos, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

1.3.1.2 Capacidad portante de la subrasante (CBR)

El ensayo CBR, California Bearing Ratio, es una prueba de laboratorio o campo que determina la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados; es decir mide la resistencia al corte de los suelos, donde intervienen las variables de humedad y densidad, las cuales deben ser controladas para obtener la relación de soporte en porcentaje. (Hernández, 2008, p. 15)

El método de CBR implica realizar 3 ensayos, como se mencionó en el párrafo anterior, la determinación de la humedad y densidad (Ensayo Proctor), el segundo ensayo es la determinar las propiedades extensivas y, por último, la determinación de la resistencia a la penetración (AASHTO, 2003).

El método de CBR consiste en aplicar una fuerza requerida para que el pistón normalizado penetre a una profundidad y velocidad con respecto a una muestra de suelo compactada con un contenido de humedad y densidad controladas. (Hernández, 2008, p. 16)

La expresión que detalla al método de CBR es:

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \times 100$$

Figura 4: ecuación de CBR (I)

a) Ensayo de compactación de suelos: Ensayo Proctor modificado

El autor (Sanz, 1975, p. 40) sostiene que la resistencia de un suelo depende principalmente de tres factores, sienta la compactación, densidad y la humedad. La resistencia será mayor, cuando el suelo sea más compacto y denso; por otro lado, cierta cantidad de agua en un suelo permite el movimiento de las partículas del agregado, en consecuencia, su compactación. En relación a lo anterior, se establece el ensayo Proctor, el cual tiene por finalidad determinar la cantidad óptima de agua de un suelo que permite la mejor compactación para una energía dada.

Por su parte, (González, 2001, p. 31) detalla que el ensayo Proctor consiste en relacionar humedades y densidades, los cuales se plasman en un gráfico cartesiano, donde las ordenas y abscisas son representadas por la densidad seca y la humedad respectivamente.

A continuación, detallamos en una tabla los métodos de ensayos que se realizaran para determinar su contenido de humedad y su densidad seca.

Tabla 4. Métodos de Proctor a utilizar

Descripción	Método A	Método B	Método C
Diámetro de molde	4" (1016 mm)	4" (1016 mm)	6" (152.4 mm)
Volumen de Molde	0.033p3 (944 cm ³)	0.033p3 (944 cm ³)	(2124 cm ³)
Peso de Pisón	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)
Altura de Caída de pisón	18 plg (304.8 mm)	18 plg (304.8 mm)	18 plg (304.8 mm)
Numero de golpe/ capa	25	25	56
Numero de capa	5	5	5
Energía de compactación	56.000 pie lb/p3	56.000 pie lb/p3	56.000 pie lb/p3
Compactación	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³
Suelo por usarse	porción que pasa la malla N°4 se usa, si el 20% o menos por peso de material es retenida por la malla N°4	porción que pasa la malla 3/4" se usa, si el suelo retenido en la malla N°4 es más de 20% y el 20% o menos por peso de material es retenido en la malla de 3/8"	porción que pasa la malla 3/4" se usa, si más de 20%, por eso de material es de retenido en la malla de 3/8" y menos de 30%, por peso es retenido en la malla de 3/4"

Fuente: ASTM D 1557

b) Ensayo de compactación de suelos: Capacidad soporte de los suelos (CBR)

De acuerdo a (Hernández, 2008, p. 15) el ensayo CBR, *California Bearing Ratio*, es una prueba de laboratorio o campo que determina la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados; es decir mide la resistencia al corte de los suelos, donde intervienen las variables de humedad y densidad, las cuales deben ser controladas para obtener la relación de soporte en porcentaje.

El método de CBR implica realizar 3 ensayos, como se mencionó en el párrafo anterior, la determinación de la humedad y densidad (Ensayo Proctor), el segundo ensayo es la determinar las propiedades extensivas y, por último, la determinación de la resistencia a la penetración (AASHTO, 2003).

Además, (Hernández, 2008, p. 15-16) menciona que el método de CBR consiste en aplicar una fuerza requerida para que el pistón normalizado penetre a una profundidad y velocidad con respecto a una muestra de suelo compactada con un contenido de humedad y densidad controladas. La expresión que detalla al método de CBR es:

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \times 100$$

Figura 5. Ecuación de CBR

Según (Bowles, 1980, p. 191) menciona en su manual de laboratorio de suelos para ingenieros civiles que el método de CBR se utiliza para calificar la potencialidad del suelo según su sistema de clasificación, con el propósito de emplearlo como base y subrasante bajo pavimentos de carreteras y pistas despegue o aterrizaje para el aeropuerto.

Tabla 5. Calificación del suelo según el sistema de clasificación y en función de la subrasante.

CBR	Calificación	Uso	SUCS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	CH, MH	A5,A6,A7
3-7	Pobre - Regular	Subrasante	CH, MH	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Subrasante	CL, ML,SC, SM, SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base-Subbase	GM, GC, SW,SM, SP, GP	A1b, A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Bowles, 1980.

Por su parte, el MTC (2013, p.30) clasifica a los suelos según la categoría de la subrasante, asignándole un valor de CBR. Los suelos serán adecuados y estables siempre y cuando el valor de CBR sea mayor o igual a 6% ; en caso contrario, si este valor CBR es menor, se

procedera a desechar y reemplazar el agregado; no obstante, este material se podría estabilizar, lo cual resultaría más viable.

Tabla 6. Relación entre las categorías de subrasante y el valor de CBR

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

Fuente: MTC, 2013.

Relación entre el porcentaje granulométrico y el valor del CBR

Según (Araujo, 2014, p. 09) el porcentaje granulométrico influye en el valor del CBR en suelos, a continuación, se describe el comportamiento del suelo cuando el contenido es mayor en porcentaje de grava, arena y finos.

Cuando **el porcentaje de grava** es mayor, favorece en el valor del CBR; debido probablemente al origen mineralógico y la forma de las de partículas; es decir, mientras más angulosa y duros sea el agregado, mayor será la resistencia al corte, y por ende el valor del CBR se incrementará.

Con respecto al **porcentaje de arena**, este porcentaje no es determinante para predecir el valor de CBR, debido que al haber mayor cantidad de arena implica menor porcentaje de grava y finos, lo que originaría como resultado un menor CBR.

Por otro lado, el **porcentaje de finos** influye positivamente en el valor del CBR, puesto que el contenido de finos en el agregado produce mayor resistencia y estabilidad al suelo, estos dos factores se observan reflejados en límites de plasticidad (contenido de humedad y

presión intersticial del agregado); lo cual favorece a la resistencia al corte y por ende al valor de CBR.

El autor Araujo (2014, p.14) concluye que el valor del CBR se verá influenciado principalmente por el porcentaje de grava debido probablemente a la presencia de la piedra triturada.

1.3.1.3 Número estructural requerido (SNR)

Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

El diseño que se presenta en el proyecto de investigación se basa en el Manual “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993), de este se extrajeron formulas, tablas y consideraciones mediante las cuales nos referenciaremos para el diseño de nuestros pavimentos flexibles. (MTC, 2013, p .152)

El fin de obtener el espesor de la estructura del pavimento del suelo de subrasante natural y los suelos de subrasante con adición del óptimo porcentaje del estabilizador químico MAXX – SEAL 200, la guía AASHTO nos brinda una útil herramienta denominada ecuación AASHTO, la cual se resuelve con ayuda de monogramas adjuntados en su guía.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_D + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Figura 6. Ecuación AASHTO

El fin de la aplicación de este modelo de cálculo es la obtención del Numero Estructural requerido (SNr), en base a este se determinará e identificaran el conjunto de espesores por cada capa de la estructura del pavimento, estos deben de ser construidos en la subrasante con la finalidad de soportar las cargas vehiculares con una aceptable Servicialidad durante el periodo que se considere en el proyecto.

A partir de la ecuación AASHTO se desprenden las siguientes definiciones:

1. Cálculo del ESAL (equivalent single axle load)

El ESAL es un parámetro usado para el diseño estructural del pavimento (ejes equivalentes EE), para obtener el ESAL se considera el IMDA de la vía, días del año, Fd (factor direccional), Fc (factor Carril), tasa de crecimiento anual % (r) y el periodo de diseño (n), estos datos en conjunto nos dan como resultado el ESAL, el cual se expresa de la siguiente fórmula propuesta para el Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93.(MTC,2013, p.73).

$$ESAL = IMDA * 365 * Fd * Fc * \left[\frac{(1 + r)^n}{r} - 1 \right]$$

Para el caso del tráfico y diseño de pavimentos flexibles el manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos MTC 2013 nos define las siguientes categorías:

Tabla 7. Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE en el carril y periodo de diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T _{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T _{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T _{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Manual MTC, 2013.

Tabla 8. Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 3'000,000 EE en el carril y periodo de diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual MTC, 2013.

Tabla 9. Caminos que tienen un tránsito mayor a 30'000,000

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: Manual MTC, 2013.

2. Módulo de Resiliencia (MR)

Es la medida de rigidez del suelo de subrasante, se calculará con la siguiente ecuación propuesta en el Método AASHTO 93.

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

Tabla 10. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR% SUBRASANTE	MÓDULO RESILENTE SUBRASANTE (MR) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUBRASANTE (MR) (MPA)	CBR% SUBRASANTE	MÓDULO RESILENTE SUBRASANTE (MR) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUBRASANTE (MR) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Manual MTC, 2013.

3. Confiabilidad %

Tabla 11. Valores recomendados de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Manual MTC, 2013.

4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)

Se considera la confiabilidad obtenida y el número de Ejes equivalentes EE, se procede a ubicar que valor correspondiente de Zr.

Tabla 12. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (ZR) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según el nivel de confiabilidad y rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{F0}	100,001	150,000	-0.385
	T _{F1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{F2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{F3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{F4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{F5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{F6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{F7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{F8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{F9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{F10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{F11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{F12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{F13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{F14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{F15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Manual MTC, 2013.

5. Desviación Estándar combinada (So)

La guía AASHTO nos sugiere para los pavimentos Flexibles tomar los valores comprendidos entre 0.40 y 0.50, por recomendación del “manual de suelos y pavimentos del MTC 2013” consideraremos el valor que tomaremos es de 0.45.

6. Índice de Servicialidad presente (PSI)

- **Servicialidad Inicial (Pi)**

Es la condición de la vía recientemente construida, para su cálculo considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que valor de Servicialidad inicial que le corresponde.

Tabla 13.Servicialidad Inicial (Pi)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}	>30'000,000		4.20

Fuente: Manual MTC, 2013.

- **Servicialidad Final o terminada (Pt)**

Es la condición de la vía que tiene la necesidad de algún tipo de mantenimiento o reconstrucción, para el cálculo de este valor se considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que valor de Servicialidad final que le corresponde

Tabla 14. Servicialidad Final o terminada (Pt)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}		>30'000,000	3.00

Fuente: Manual MTC, 2013.

- **Variación de Servicialidad (Δ PSI)**

Es la diferencia entre la Servicialidad Inicial y la Servicialidad Final obtenidas anteriormente.

Tabla 15. Variación de Servicialidad (Δ PSI)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	1.80
	T _{P2}	300,001	500,000	1.80
	T _{P3}	500,001	750,000	1.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	1.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T _{P15}	>30'000,000		1.20

Fuente: Manual MTC, 2013.

7. Numero estructural Requerido (SNR)

Según Manual MTC (2013,p. 161), los datos anteriormente obtenidos y procesados se utilizaran en la ecuación de diseño AASTHO, donde se obtendrá el valor del número estructural, el cual representa el espesor total del pavimento a colocar, este valor obtenido (SNR) debe ser transformado al valor del espesor efectivo para cada una de las capas del pavimento que se constituirán (capa de rodadura, base y sub base), mediante el uso de coeficientes estructurales los cuales se obtendrán con la aplicación de la siguiente formula:

Tabla 16.Ecuación AASTHO

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

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

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

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Fuente: Manual MTC, 2013.

Según AASTHO, la ecuación SN no cuenta con una única solución, existen muchas combinaciones de espesores por cada capa que nos brindaran una solución satisfactoria. El ingeniero especialista encargado del proyecto deberá analizar el comportamiento de las estructuras de pavimento propuestas, seleccionando la alternativa la cual presente los más óptimos valores de niveles de servicio, estructurales y funcionales, menores a los admisibles con relación al tránsito que debe de soportar la calzada. (Manual MTC, 2013, p.161).

Los valores de coeficientes estructurales propuestos por el manual del MTC, 2013 son:

Tabla 17. Coeficientes Estructurales de las capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 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 contra curvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a_1	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 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_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico \leq 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: Manual MTC, 2013.

1.3.2 Estabilizador químico MAXX-SEAL 200

Al momento de usar MAXX-SEAL 200 en el suelo, las moléculas de co-polímeros se juntan y moldean lazos de unión entre las partículas y el suelo. El elevado peso molecular y la larga cadena de polímeros crean una matriz resistente que es muy duradero y resistente al agua. Los niveles de aplicación más concentrados llegan a proporcionar cualidades similares al concreto, los cuales son útiles para la estabilización de suelos. (LatinSeal, 2009, p. 25)

Lo que diferencia a los polímeros de otros materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. Ya que generalmente los polímeros tienen una alta resistencia mecánica, esto se da debido a sus grandes cadenas poliméricas que se atraen, estas tienen fuerza de tracción intermolecular que dependen de la composición química del polímero. Este polímero le atribuye alta resistencia a la tracción, al impacto y a la fatiga. (Choque, 2006, p. 35)

Estabilización del suelo

De acuerdo al autor (Valle, 2010, p. 13) la estabilización del suelo es un proceso para mejorar las cualidades del suelo natural, la aplicación del tratamiento consigue una superficie estable y durable; puesto que los sedimentos superficiales necesitan soportar los efectos del transporte automovilístico y las condiciones del clima.

Estabilización en propiedades del suelo

Según (Sherwood, 1992, citado por Valle, 2010, p. 14) existen cuatro propiedades que deben mejorar mediante la estabilización; siendo el primero la resistencia, la estabilización aumenta la estabilidad y capacidad; la segunda propiedad es la estabilidad del volumen, el tratamiento causa cambios en la humedad originado el control en los procesos de colapso e hinchamiento. La tercera propiedad es la durabilidad, aumenta la resistencia a la erosión; por último, la permeabilidad, se produce la reducción de la circulación del agua, mejorándose la estabilidad.

Tipos de estabilización de suelos

La estabilización de suelos se clasifica en cuatro tipos, según el autor Valdez (2008), los cuales se describen a continuación:

Tabla 18. Tipos de estabilización de suelos

Estabilización física	Estabilización eléctrica
Este método se utiliza para mejorar el Suelo produciendo cambios físicos en el mismo, sin que se produzcan reacciones químicas de importancia. Hay varios métodos como la estabilización por compactación y estabilización empleando la mezcla de suelos.	Se basa en ciertos procesos fisicoquímicos. El método más relevante es la Electrostática , el cual consiste en aplicar una corriente de electricidad para genera una serie de fenómenos de naturaleza fisicoquímicos. Se usa en la estabilización de suelos blandos.
Estabilización térmica	Estabilización Química
Se refiere a la utilización de procesos donde se ve involucrado el calor , el cual transforma cualquier arcilla en un ladrillo resistente. Los métodos más utilizados son el calentamiento y enfriamiento.	Se refiere a utilizar sustancias químicas patentizadas, su uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso. Hay varios métodos como la Cal, Cemento Portland, Cloruro de calcio y, polímeros y resinas.

Fuente: elaboración propia en base al autor Valdez, 2008.

En relación a la cita del autor (Araujo, 2008), indica que los polímeros y resinas son métodos utilizado en la estabilización química, los cuales pueden ser denominados **Estabilización por polímeros**, estos son cadenas largas de macromoléculas, formadas por la unión de monómeros. La aplicación de polímeros para mejorar las cualidades del suelo natural se realiza de dos formas: se añade el polímero formado en solución o emulsión, o se incorpora el polímero con un sistema estabilizador, provocando la polimerización posterior.

Producto estabilizador MAXX-SEAL 200

El estabilizador MAXX-SEAL 200 es un polímero acrílico líquido diseñado para mejorar el funcionamiento del suelo; es decir mejora sus cualidades como la resistencia, abrasión, fuerza y durabilidad. La aplicación del co-polímero al suelo logra la formación lazos de unión (fusión) entre ambos, el alto peso molecular y la larga cadena de polímeros contribuyen en la durabilidad y resistencia al agua debido a que se forma una matriz resistente (Enviroseal, 2010, p. 1).

La tasa de aplicación del estabilizador químico influenciara de manera distinta en las partículas del agregado, si el nivel de aplicación es moderado será útil para el control de erosión y supresión de polvo; no obstante, si el nivel de aplicación es más concentrado producida cualidades semejantes al concreto, contribuyendo en la solidificación y estabilización del suelo (LatinSeal, 2009, p.2).

Método de aplicación del estabilizador MAXX-SEAL 200

Para aplicar el producto estabilizador se requiere la escarificación o aberturas en discos del suelo a una profundidad determinada por la estabilización profunda mediante la manipulación de una motoniveladora, por consiguiente, se riega con el camión cisterna la mezcla del polímero con agua. Después de este procedimiento se obtiene un suelo humedecido uniforme que está listo para darle forma y su posterior compactación con el rodillo. Para finalizar el proceso de aplicación, se utiliza el camión aljibe para aplica la última capa de sellado, lo cual contribuirá aún mejor sellado de la superficie y por ende mayor resistencia a la abrasión (LatinSeal, 2009, p. 8).

Ventajas del estabilizador químico MAXX-SEAL 200

Según la revista Enviroseal (2010, p. 10) se mencionan las siguientes ventajas:

- Excelente fuerza mecánica, resistencia a la degradación de rayos y una buena adhesión en zonas húmedas y secas.
- Bajo costo en su traslado y baja demanda de agua ya que no necesita otro aditivo para su mezcla.

- Mantiene sus propiedades químicas al estar expuestas a pruebas de congelamiento y derretimiento.
- El estabilizar al secar en la superficie del suelo, tolera entre - 21°C y 67°C; además actúa bien en suelos con valores de pH altos y bajos, alcalinos o básicos.
- El periodo de secado del estabilizar es de 1 a 5 días, logrando su máxima dureza y resistencia de los suelos en 28 días, lo cual depende del grado de humedad y la temperatura.
- Después de estabilizar el suelo puede soportar el peso de la maquinaria pesada, aviones y tráfico vehicular.
- El estabilizador **MAXX-SEAL 200** es un producto amigable con el medio ambiente debido a que mitiga el polvo y controla la erosión del suelo.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 General

¿En qué medida, se mejora la capacidad portante de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018?

1.4.2 Específicos

- ¿En qué medida, se mejora las propiedades físico mecánicas de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018?

- ¿En qué medida, se logrará el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 6, 8 y 10% del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018?

- ¿En qué medida el número estructural requerido (SNR), disminuirá con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural en la Av. Ganaderos – Surco, 2018?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Práctica

Respecto a la justificación práctica, la investigación tiene por propósito modificar la capacidad portante de la subrasante utilizando el estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos, Surco, 2018; puesto que se aprecia en diferentes zonas el deterioro prematuro de la carpeta asfáltica y áreas sin pavimentar, donde circula el tránsito vehicular. A lo anterior se suma que las autoridades solo cumplen con arreglar o parchar temporal y superficialmente la calzada, cometiéndose los mismos errores, por ello es necesario incorporar la aplicación de nuevas tecnologías para solucionar estos problemas. En la investigación se utilizó el polímero MAXX-SEAL 200 para mejorar la resistencia del suelo y conocer la dosis óptima del estabilizador químico.

1.5.2 Económica

Respecto a la justificación económica, la investigación permitirá minimizar los en la construcción y rehabilitación de proyectos viales de pavimento flexibles ejecutadas por las municipalidades mediante la aplicación del aditivo químico; además su fácil aplicación requiere menos esfuerzo humano y mano de obra.

1.5.3 Social

Respecto a la justificación social se contribuirá de manera significativa en los planes construcción de obras viales de las municipalidades provinciales y distritales que tengan propiedades similares a la muestra de suelo en investigación; así como material bibliográfico para los profesionales de ingeniería de transportes, siendo el aditivo MAXX-SEAL 200 una opción factible y económica para modificar las condiciones del suelo en pavimentos de zonas urbanas y rurales.

1.6 Hipótesis

1.6.1 General

Al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 se mejorará la capacidad portante de la subrasante en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.

1.6.2 Específicos

- Al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 se mejorará las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.
- Al añadir el estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018, se incrementará la capacidad portante de la subrasante.

- El espesor del número estructural requerido (SNR) disminuirá con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.

1.7 Objetivos

1.7.1 General

Determinar la capacidad portante de la subrasante al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.

1.7.2 Específicos

- Determinar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.
- Determinar el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 6, 8 y 10% del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.
- Determinar en cuanto disminuirá el número estructural requerido (SNR), con la adición del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.

II. DISEÑO

2.1 Diseño de investigación

El diseño metodológico es de tipo experimental de corte transversal, porque existe la manipulación intencional en una variable de la investigación; en este caso, la variable independiente son los diferentes porcentajes de dosificación del Estabilizador MAXX-SEAL 200 (causa) y la variable dependiente está representada por la modificación de la capacidad portante de la subrasante (efecto).

Además, la investigación tiene un alcance descriptivo porque especifica las propiedades físicas-mecánicas de la subrasante, sin la dosificación (suelo natural) y con la dosificación del estabilizador químico MAXX-SEAL200. En igual forma, tiene un alcance explicativo porque responde a las causas de la modificación de la capacidad portante en que la subrasante que originan la baja capacidad de soporte del suelo en estudio.

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variable independiente

Estabilizador químico MAXX-SEAL 200.

2.2.2 Variable dependiente

Modificación de la capacidad portante de la subrasante.

2.2.3 Operacionalización de variables

Tabla 19. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente	Es un co-polímero acrílico al 100%, el estabilizador MAXX-SEAL 200 es un líquido diseñado para mejorar el funcionamiento del suelo; es decir logra mejoras en la abrasión, resistencia, fuerza y la durabilidad en el suelo (Enviroseal Lima, 2010)	La variable independiente representada por el estabilizador químico MAXX-SEAL 200 se aplicará en diferentes dosis para incrementar la capacidad de portante del terreno, utilizando los ensayos: Proctor modificado y CBR.	D1:	I1: 6%
Estabilizador químico MAXX-SEAL 200			Dosificaciones del polímero	I2: 8%
				I3: 10%
Variable Dependiente	La modificación de la capacidad portante de la subrasante es un procedimiento aplicado a los suelos vírgenes para cambiar o manipular alguna deficiencia de sus propiedades físico-mecánicas, logrando aumentar la capacidad portante del suelo, con la finalidad de soportar los efectos del tránsito vehicular y las condiciones meteorológicas (Fratelli, 1993).	La variable dependiente representada por la capacidad de soporte del terreno de fundación se determinará inicialmente con la caracterización del suelo natural, es decir se evaluará su granulometría, CBR %, contenido de humedad e índice de plasticidad. Por consiguiente, se aplicará las dosis de estabilizador químico, y se medirá el porcentaje de CBR%.	D2:	I1: Tipo de suelo
Modificación de la capacidad portante de la subrasante			Propiedades físico-mecánicas de la subrasante	I2: Granulometrías %
				I3: Contenido de humedad %
				I4: Límites de Atterberg
				D3:
Capacidad portante de la subrasante (CBR)			I2: CBR al 95% a 0.1° CBR al 95% a 0.2°	
				I3: CBR al 95% a 0.1° CBR al 95% a 0.2°
D4:	I1: Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993			
Espesor del número estructural requerido (SNR)				

Fuente: elaboración propia.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

La población está compuesta por un tramo de 1 kilómetro de suelos de subrasante en la Av. Ganaderos - Surco.

2.3.2 Muestra

La muestra está conformada por 24 especímenes de suelos de subrasante en la Av. Ganaderos – Surco; las cuales fueron repartidas en 12 especímenes por calicata, donde se trabajó con 3 especímenes de por cada dosis del aditivo; por consiguiente, se aplicó el ensayo de CBR (NTP 339.175).

Tabla 20. Número de especímenes de la investigación

Ensayos de CBR%	ESPECIMENES POR CALICATAS	
	C-1	C-2
Suelos de subrasante	3	3
Con 6% de estabilizador MAXX-SEAL 200	3	3
Con 8% de estabilizador MAXX-SEAL 200	3	3
Con 10% de estabilizador MAXX-SEAL 200	3	3
Total	24	

Fuente: elaboración propia.

2.3.3 Muestreo

El muestreo fue no probabilístico de tipo intencional porque se seleccionó los especímenes de suelos de subrasante (unidades de análisis) para someter a experimentación con los diferentes porcentajes de dosificación del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.

Unidad Experimental

Suelos de subrasante para CBR, utilizando estabilizador químico MAXX-SEAL 200.

2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnica

Según (Morone, 2012, pág. 1) menciona que las técnicas son instrumentos y procedimientos que ayudan a obtener conocimiento, estas técnicas son las entrevistas, encuestas, observaciones, etc.

De acuerdo a la definición de técnica por el autor, en el presente proyecto de investigación se aplicó la técnica por observación directa, debido a que se realizó un recorrido por los suelos

de subrasante del área de estudio, así como registrar en una base de datos los cambios efectuados en las propiedades físico – mecánicas de los suelos de subrasante con la adición en porcentajes del estabilizador. Además se aplicará la técnica y normas de ensayos de laboratorio, como clasificación de suelos por tamizado, Límites de Atterberg, Protor modificado y CBR.

2.4.2 Instrumentos de investigación

Los instrumentos que se utilizó en la investigación fue las fichas de recolección de datos para registrar los valores cuantitativos obtenidos de las pruebas de ensayo en laboratorio.

2.4.3 Validación y confiabilidad del instrumento

La validación y confiabilidad del instrumento de la presente investigación fueron aprobados por especialistas de la Universidad Cesar Vallejo Lima Sede Norte

Según el autor Oseda (2011), la validez se mide con los siguientes valores:

Tabla 21. Porcentajes de validez

0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda (2011).

De acuerdo a Oseda (2011) sostiene que es necesario que el instrumento debe ser revisado por un grupo de expertos de las especialidades, obteniéndose un valor aprobatorio del índice de validación; en este trabajo de investigación el instrumento fue validado por 03 ingenieros civiles colegiados, como resultado se obtuvo 1.00 como validez perfecta.

A continuación, se aprecia los valores correspondientes de los porcentajes de validación por experto en la especialidad:

Tabla 22. Índice de validez por experto en la especialidad

Datos de los expertos			Índice de validación
N°	Nombres y Apellidos	N° CIP	
1	Aybar Arriola, Gustavo Adolfo	47898	1
2	Bendezú Romero, Lenin Miguel	75361	1
3	Padilla Picher, Santos Ricardo	51630	1
Promedio			1

Fuente: elaboración propia.

2.5 Métodos de análisis de datos

2.5.1 Elaboración de un Excel

Existen muchos programas para la verificación de datos, los cuales según su funcionamiento son muy similares introduciendo dos partes en segmentos, una de definiciones de las variables y otra en la matriz de datos. (Hernández, 2006, p. 406).

Esto nos indica que para realizar un proyecto de investigación se requiere el uso de programas para procesar los datos y valores obtenidos en la investigación, de esta forma se usaran programas como Excel (hojas de cálculo), la utilización de estos Softwares implica que se tendrá que verificar e interpretar los resultados obtenidos durante la investigación para cada uno de los objetivos planteados.

En el proyecto de investigación se utilizó tablas, gráficos y figuras con el fin de analizar los datos obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio.

2.6 Aspectos Éticos

Según (Morales, 2006, p. 20) menciona, *“La ética, es un campo extenso en el que se abordan el conocimiento del hombre, el cual contribuye en la educación superior, que al conjuntarse con el conocimiento disciplinar y además de matizar con su virtud el comportamiento de los universitarios de siempre”*.

Con respecto a la cita del autor, este nos menciona que la ética es una virtud la cual se adquiere con mucha disciplina y educación, por ende, para ser buenos profesionales se debe de considerar la importancia de esta virtud, lo que se transmite en la ejecución del proyecto de investigación para la obtención de buenos resultados.

III. RESULTADOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

El área de investigación se encuentra ubicada en la Av. Ganaderos, este tramo inicia en la Av. Vista Alegre y concluye en la Av. Miramar, del distrito de Surco, localizada en la provincia de Lima-Perú.

La Av. Ganaderos se encuentra en línea paralela a la Av. Defensores del Morro, perteneciente a la antigua Panamericana Sur.

Tabla 23.Ubicación de la zona de estudio

ZONA DE ESTUDIO		
Punto	Nombre de Avenida	Coordenada Geográfica
Inicio	Av. Vista Alegre	12°12'13.6"S 76°59'00.0"W
Final	Av. Miramar	12°12'23.2"S 76°58'50.9"W

Fuente: elaboración propia.

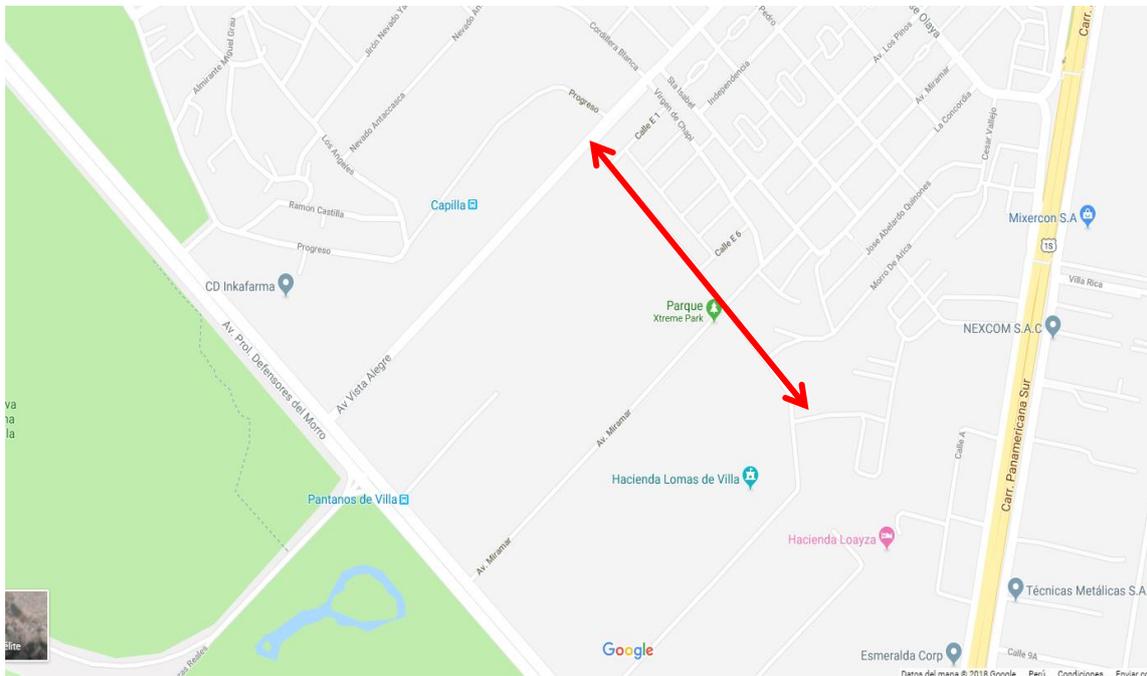


Figura 7.Ubicación del área del proyecto señalada con la flecha roja.

3.1 Descripción de la metodología

La metodología del desarrollo de tesis está compuesta por 4 fases, las cuales se detallan a continuación:

3.1.1 Fase pre – campo

Se converso con el presidente de la junta de propietarios de la Urb. Las Terrazas de villa del Distrito de Surco, con nombre Salomón Santillán Grandes identificado con N° DNI 08959509, obteniéndose el apoyo y permisos para la excavación manual de calicatas en el margen derecho de la Av. Ganaderos, con el fin de extraer muestras representativas de la subrasante y su posterior tratamiento.

3.1.2 Fase campo

El trabajo de campo de la investigación se realizó en 1 km de los suelos de subrasante de la Av. Ganaderos-Surco, inicialmente se identificaron las zonas más afectadas del tramo; por consiguiente, se ubicaron dos puntos para realizar la excavación a mano a modalidad de cielo abierto con una profundidad de 1.50 m y seguidamente se recolectó los especímenes de suelos de subrasante de las calitas 1 y 2.

Luego de obtener las muestras de suelos, estos fueron descritos en una tarjeta de identificación, detallándose el número de calicata, las coordenadas UTM, profundidad, ubicación del punto en plano y numeración de muestras. Después las muestras de suelos de subrasante obtenidos en campo fueron introducidas en costales para su posterior traslado al laboratorio de la empresa JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Como se mencionó anteriormente, se realizó 02 calicatas en el tramo de la Av. Ganaderos, comenzando entre las intersecciones de las Avenidas Vista Alegre y Miramar en una distancia de 1 km, con la autorización del presidente de la Urbanización “Las Terrazas de Villa”.

A continuación, se describe cada calicata:

a) Calicata C-1:

La calicata C-1 se encuentra localizada en la primera cuadra de la Av. Ganaderos, donde se realizó una delimitación del área considerando las dimensiones de 1m x 1m, seguidamente se ejecutó la excavación con herramientas manuales, iniciando del punto 0.00 m hasta la profundidad de -1.50m del nivel de la vía, encontrándose el nivel freático a una profundidad de 0.50 m.



Figura 8. Calicata C-1, se aprecia la Profundidad excavada y la presencia del nivel freático.



Figura 9. Muestra extraída de la calicata C-1

b) Calicata C-2

La calicata C-2 se encuentra localizada dentro de la cuarta cuadra de la Av. Ganaderos, donde se realizó una delimitación del área considerando las dimensiones de 1m x 1m, seguidamente se ejecutó la excavación con herramientas manuales, iniciando del punto 0.00 m hasta la profundidad de -1.50m del nivel de la vía, encontrándose el nivel freático a una profundidad de 0.50 m.



Figura 10. Calicata C-2, se aprecia la Profundidad excavada y la presencia del nivel freático.



Figura 11. Muestra extraída de la calicata C-2

Tabla 24. Coordenadas Geográficas de las calicatas del área de estudio

Calicatas	Coordenada Geográficas	Cota inicial	Cota final de calicata
C-1	12°12'14.7"S 76°58'59.0"W	0.0 m	-1.50 m
C-2	12°12'17.3"S 76°58'56.4"W	0.0 m	-1.50 m

Fuente: elaboración propia.

3.1.3 Fase de laboratorio

En el desarrollo del proyecto de investigación se realizaron ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio de la empresa JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L., con la finalidad de obtener valores máximos del aumento de la capacidad portante de los suelos de subrasante aplicando diferentes porcentajes de dosificación del aditivo estabilizador MAXX-SEAL 200. La metodología consistió inicialmente en realizar pruebas de laboratorio a las muestras de suelos de subrasante natural y suelos de subrasante aplicando el producto estabilizador MAXX-SEAL 200 en porcentajes de 6%, 8% y 10%.

De esta forma, se obtuvieron los resultados de acuerdo a los parámetros e indicadores establecidos por el MTC. (EM-2000) – (ASTM-2006). y normas como ASTM D-288 / 2004 y AASHTO, lográndose modificar considerablemente el %CBR; por consiguiente, se procedió a realizar el comparativo entre los suelos de subrasante natural vs los suelos de subrasante aplicando el estabilizador químico.

Las pruebas de laboratorio que se consideraron en la presente investigación, fueron las siguientes:

- A. Análisis granulométrico (ASTM D 422).
- B. Límites de Atterberg (ASTM D 422).
- C. Contenido de humedad (ASTM D 2216).
- D. Ensayo de Proctor Modificado (AASHTO-T-180, ASTM D 1557).
- E. Ensayo de CBR% (AASHTO-T-183, ASTM D 1883).

3.1.4 Fase de Gabinete

Para definir el número estructural requerido (SNR) del pavimento se utilizó una hoja de cálculo de la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Civil, con nombre “Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93”, basado en el manual de carreteras 2014 – MTC Perú; de autoría de Junior Hualpa Zarate. Así mismo para el diseño se consideró una carretera con bajo volumen de tránsito ($IMD \leq 200$ veh/día) y material de guía el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos MTC 2013.

Pasos a seguir:

A. Cálculo del ESAL (equivalent single axle load)

El ESAL es un parámetro usado determinante en el diseño estructural del pavimento, para obtener el ESAL se considera el IMDA de la vía (para objeto de esta investigación se consideró el IMDA de una vía paralela a la zona de estudio, cuyo nombre de investigación es “construcción vial vehicular av. Alameda premio Real, desde la av. Defensores del morro hasta la urb. La encantada, de la urbanización los huertos villa, Distrito de chorrillos - lima – lima, 2016”), días del año, F_d (factor direccional), F_c (factor Carril), tasa de crecimiento anual % (r) y el periodo de diseño (n), estos datos en conjunto nos dan como resultado el ESAL, el cual se expresa de la siguiente fórmula propuesta para el “*Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93*”:

$$ESAL = IMDA * 365 * F_d * F_c * \left[\frac{(1 + r)^n}{r} - 1 \right]$$

B. Calculo del CBR%

Se considera el promedio obtenido de los estudios de CBR% de las calicatas C-1 y C-2 de las muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante con la adición en porcentajes del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.

C. Módulo de Resiliencia (MR)

Se calculará con la siguiente fórmula propuesta en el Método AASHTO 93.

$$Mr (psi) = 2555 x CBR^{0.64}$$

D. Confiabilidad %

Se considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que porcentaje de confiabilidad le corresponde para 1 etapa.

E. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar (Zr)

Se considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que valor correspondiente de Z_r .

F. Desviación Estándar combinada (So)

La guía AASHTO nos sugiere para los pavimentos Flexibles tomar los valores comprendidos para So entre 0.40 y 0.50, por recomendación del “*manual de suelos y pavimentos del MTC 2013*” consideraremos el valor de 0.45.

G. Índice de Servicialidad presente (PSI)

- **Servicialidad Inicial (Pi)**

Se considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que valor de Servicialidad inicial que le corresponde.

- **Servicialidad Final o terminada (Pt)**

Se considera el ESAL obtenido y se procede a ubicar que valor de Servicialidad final que le corresponde.

- **Variación de Servicialidad (Δ PSI)**

Es la diferencia entre la Servicialidad Inicial y la Servicialidad Final obtenidas anteriormente.

H. Numero estructural Requerido (SNR)

El SNR se calculó mediante la hoja de cálculo Diseño de Pavimentos Flexibles – Método AASTHO 93, basado en el Manual de Carreteras 2014 – Perú, de autoría de Junior Hualpa Zarate.

3.2 Resultados y cálculos de la investigación

3.2.1 Determinación de las propiedades físico – mecánicas de los suelos de subrasante

A. Análisis granulométrico por tamizado

Tabla 25. Análisis granulométrico por tamizado de los suelos de subrasante.

C-1		C-2	
% QUE PASA	ABERTURA (mm)	% QUE PASA	ABERTURA (mm)
100.00	76.200	100.00	76.200
100.00	63.500	100.00	63.500
100.00	50.800	100.00	50.800
100.00	38.100	100.00	38.100
100.00	25.400	100.00	25.400
100.00	19.050	100.00	19.050
100.00	12.700	100.00	12.700
100.00	9.525	100.00	9.525
100.00	6.350	100.00	6.350
100.00	4.750	100.00	4.750
100.00	3.360	100.00	3.360
100.00	2.000	100.00	2.000
98.50	1.180	100.00	1.180
98.50	0.850	98.70	0.850
98.50	0.600	98.70	0.600
95.40	0.425	95.60	0.425
91.10	0.300	90.90	0.300
72.30	0.180	71.20	0.180
63.70	0.150	62.70	0.150
52.10	0.075	50.60	0.075

Fuente: elaboración propia.

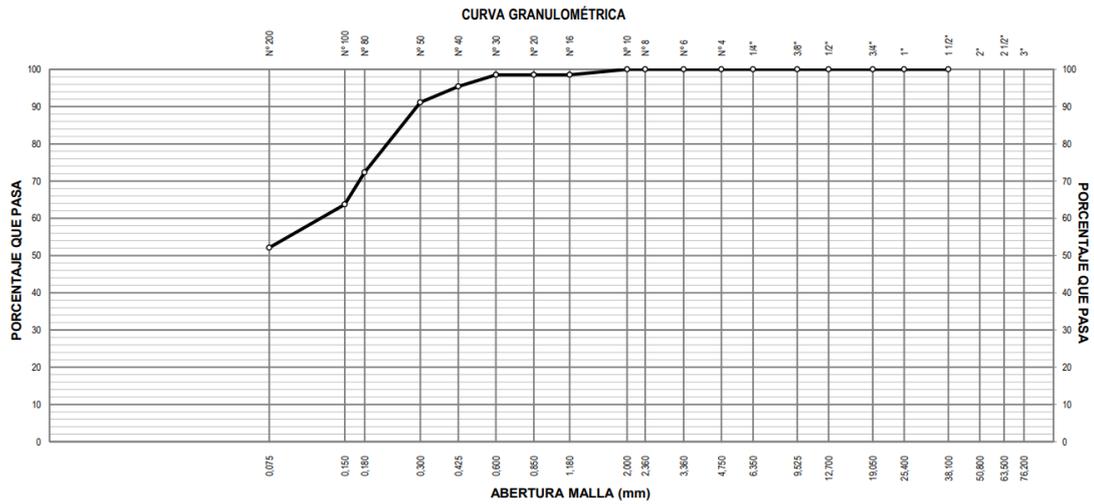


Figura 12. Curva granulométrica de C-1

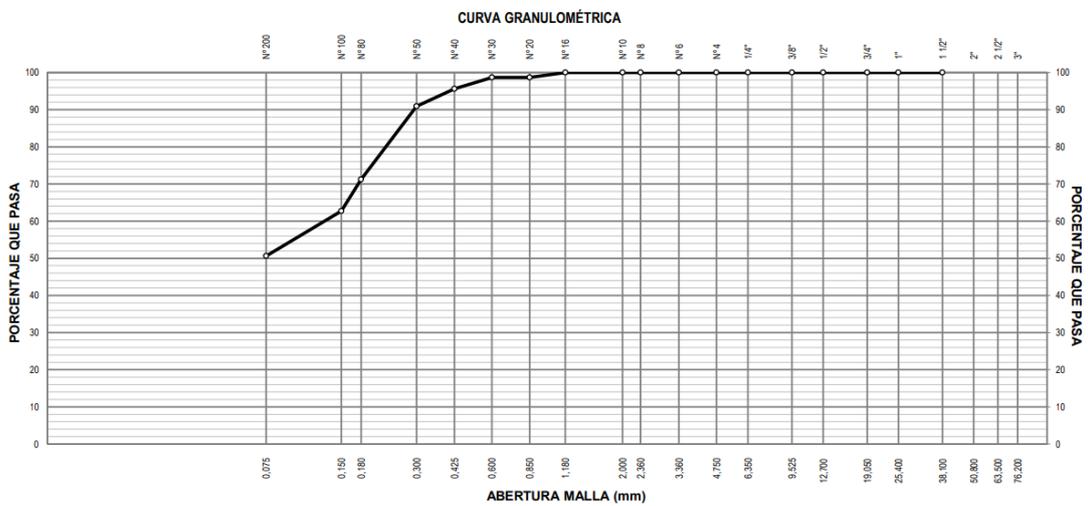


Figura 13. Curva granulométrica de C-2

En las figuras 12 y 13, se observa que las curvas granulométricas de la calicata C-1 y C-2, presenta la relación de porcentaje que pasa y de la abertura de la malla. Además, se evidencia que el material de ambas calicatas es mayor en porcentaje del tipo fino.

B. Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO

Tabla 26. Clasificación de suelos por SUCS y AASHTO

Calicata		C-1	C-2
Profundidad (m)		1.50	1.50
Muestra		M-1	M-2
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)		...	
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)		47.90	49.40
Porcentaje de paso N° 200 (%)		52.10	50.60
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05	OL (Limo Organico)	OL (Limo Organico)
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	A-5 (8) Malo	A-5 (8) Malo

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la tabla 26, se muestra la clasificación de suelos de las calicatas C-1 y C-2, por los métodos de SUCS y AASHTO; evidenciando que para la clasificación SUCS el material en ambas calicatas es un suelo OL (Limo Orgánico) y para la clasificación AASHTO es un suelo A5 (8) Malo. Asimismo, los resultados para la calicata C-1 demostraron que, el porcentaje pasante por las mallas N°4 – N°200 fueron 47.90% y 52.10% respectivamente; y a su vez, la calicata C-2 obtuvo el 49.40% de la malla N° 4 y el 50.60% de la malla N°200.

C. Contenido de humedad de las muestras de subrasante inalteradas

Tabla 27. Contenido de humedad de muestras inalteradas

	CALICATAS		PROMEDIO
	C-1	C-2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (hn%)	85.2	84.6	84.9

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 27, se aprecia que el contenido de humedad de las muestras de suelos obtenidas en las calicatas C-1 y C-2 fue de 140.60% y 143.20% respectivamente, también el contenido de humedad promedio de 141.90%; es decir, el tipo de suelo del área de estudio posee un elevado porcentaje de contenido de agua, puesto que el suelo se encuentra ubicado bajo el nivel freático.

D. Límites de Atterberg

Tabla 28.Limites de Atterberg de las muestras

	Límites de Atterberg		
	Muestra de suelo Natural		
	C-1	C-2	Promedios
Límite Líquido (%)	46	47	46.5
Límite Plástico (%)	43	43	43
Índice Plástico(%)	3	4	3.5

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 28, se observan los Límites de Atterberg resultantes del estudio de laboratorio realizados a las muestras de suelos de subrasante natural de las calicatas C-1 y C-2, se evidencia que para la calicata C-1 los resultados obtenidos fueron los siguientes: límite líquido 46%, límite plástico 43% e Índice plástico 3%; para la calicata C-2: límite líquido 47%, límite plástico 43% e Índice plástico 4%.

E. Ensayo de Proctor Modificado “Método A”

Tabla 29.Ensayo de Proctor Modificado muestras de suelo inalteradas

	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO		
	MUESTRA DE SUELO NATURAL		
	C-1	C-2	Promedio
DENSIDAD MAXIMA SECA (gr/cm ³)	1.433	1.443	1.433
ÓPTIMA CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.5	27.2	27.35

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 29: se observa el ensayo de Proctor Modificado realizados a los suelos de subrasante natural de las calicatas C-1 y C-2; se detalla los resultados obtenidos para la Densidad máxima seca, dando como resultado una similitud entre las calicatas C-1 y C-2 siendo su valor 1.433 gr/cm³; así mismo, vemos los resultados Optimo contenido de humedad % (OCH), siendo el valor para C-1 de 27.5% y para C-2 27.2%, existiendo casi una similitud en ambos resultados, el promedio obtenido de OCH es de 27.35%.

F. Ensayo de CBR

- **Ensayo de CBR al 95%**

Tabla 30. Ensayo de CBR al 95%

	CBR AL 95%		
	MUESTRA DE SUELO NATURAL		
	C-1	C-2	Promedio
CBR al 95% a 0.1" (%)	7.5	7.8	7.65
CBR al 95% a 0.2" (%)	10.8	11.3	11.05

Fuente: elaboración propia.

En tabla 30, se evidencia el ensayo de CBR al 95% realizado en los suelos de subrasante natural para las calicatas C-1 y C-2, se detalla los resultados obtenidos para el CBR al 95% a 0.1", siendo los valores para C-1 un 7.5% y para C-2 un 7.8%, existiendo similitud en estos resultados, dándonos como promedio de CBR al 95% a 0.1" el valor de 7.65%; de igual manera, vemos los resultados obtenidos para el CBR al 95% a 0.2", siendo los valores para C-1 el 10.8% y para C-2 el 11.3%, presentándose un ligero aumento del CBR al 95% a 0.2" de la calicata C-2 con respecto a la calicata C-1, dándonos como promedio de CBR al 95% a 0.2" el valor de 11.05%.

- **Ensayo de CBR al 100%**

Tabla 31. Ensayo de CBR al 100%

	CBR AL 100%		
	MUESTRA DE SUELO NATURAL		
	C-1	C-2	Promedio
CBR al 100% a 0.1" (%)	10.3	10.9	10.60
CBR al 100% a 0.2" (%)	14.9	15.6	15.25

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 31, se evidencia el ensayo de CBR al 100% realizado en los suelos de subrasante natural para las calicatas C-1 y C-2, se detalla los resultados obtenidos para el CBR al 100% a 0.1", siendo los valores para C-1 un 10.3% y para C-2 un 10.9%, existiendo cierta similitud

en estos resultados, dándonos como promedio de CBR al 100% a 0.1” el valor de 10.60%; de igual manera, vemos los resultados obtenidos para el CBR al 100% a 0.2”, siendo los valores para C-1 el de 14.9% y para C-2 el de 15.6%, presentándose un ligero aumento del CBR al 100% a 0.2” de la calicata C-2 con respecto a la calicata C-1, dándonos como promedio de CBR al 100% a 0.2” el valor de 15.25%.

3.2.2 Especificación de las propiedades físico – mecánicas de los suelos de subrasante al añadir los porcentajes de estabilizados químico

A. Límites de Atterberg de las muestras en estudio

Tabla 32. Límites de Atterberg

	LÍMITES DE ATTERBERG							
	C-1				C-2			
	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
Límite líquido (%)	46	44	43	41	47	44	49	46
Límite plástico (%)	43	40	37	33	43	38	42	37
Índice plástico (%)	3	4	6	8	4	6	7	9

Fuente: elaboración propia.

En tabla 32 observamos que se presentan los Límites de Atterberg de las calicatas C-1 y C-2 de las muestras de suelos de subrasante natural y las muestras de suelos de subrasante con la adición en porcentajes de 6, 8 y 10% del producto estabilizador MAXX-SEAL 200; así mismo, se observa que en la calicata C-1 con la adición de 6% se alcanza un límite líquido de 46%, un límite plástico de 43% y un índice de plasticidad de 3%; con la adición de 8% se alcanza un límite líquido de 44%, un límite plástico de 40% y un índice de plasticidad de 4% y con la adición de 10% se alcanza un límite líquido de 41%, un límite plástico de 37% y un índice de plasticidad de 8%. Asimismo, en la calicata C-2 con la adición de 6% se alcanza un límite líquido de 47%, un límite plástico de 43% y un índice de plasticidad de 4%; con la adición de 8% se alcanza un límite líquido de 44%, un límite plástico de 38% y un índice de plasticidad de 6% y con la adición de 10% se alcanza un límite líquido de 46%, un límite plástico de 37% y un índice de plasticidad de 9%.

Tabla 33. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de Límites de Atterberg

Límites de Atterberg Promedios			
	C-1	C-2	Promedios
Límite Líquido (%)	46.5	44	46
Límite Plástico (%)	43	39	39.5
Índice Plástico(%)	3.5	5	6.5

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 33, se observan los resultados obtenidos de los límites de Atterberg promedios, siendo el valor de límite líquido de 46%, límite plástico de 39.50% e índice de plasticidad 6.5%.

Ensayo de Proctor modificado

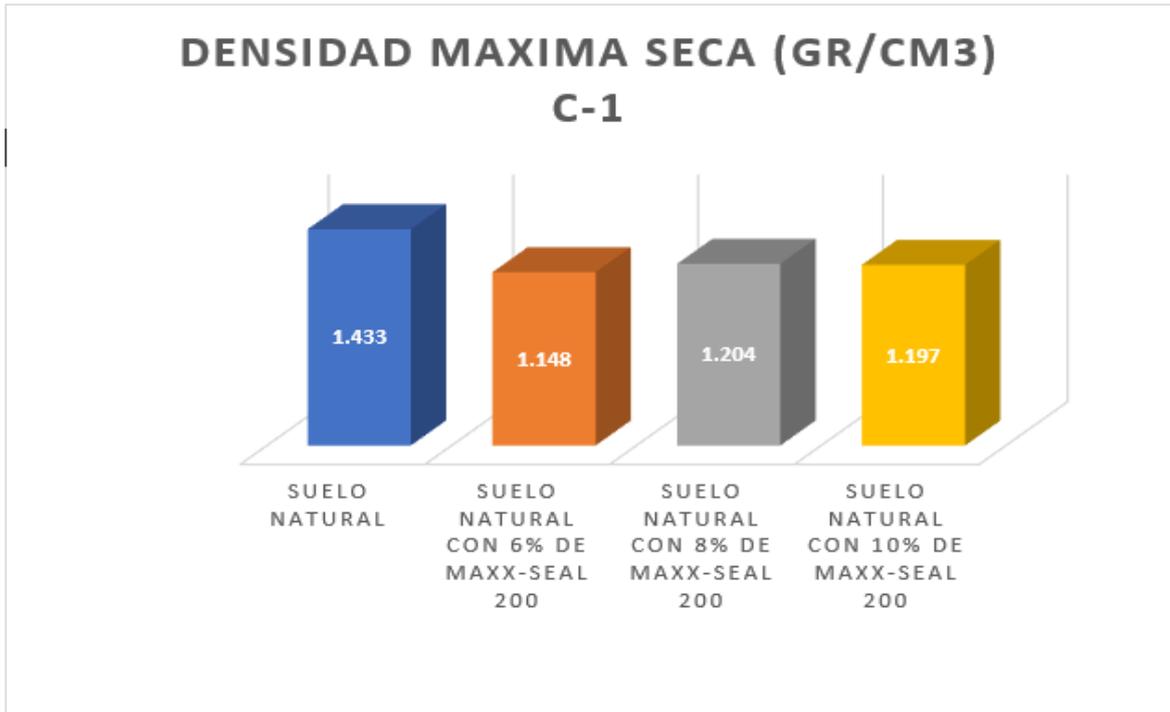
Tabla 34. Ensayo de Proctor modificado muestras de suelo con adición

Ensayo de Proctor modificado "METODO A "								
	CALICA 01				CALICATA 02			
	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	1.433	1.148	1.204	1.197	1.443	1.159	1.211	1.191
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	27.5	40.6	34.6	35.1	27.2	40.1	35.0	36.0

Fuente: elaboración propia.

- **Interpretación de los resultados de la DMS**

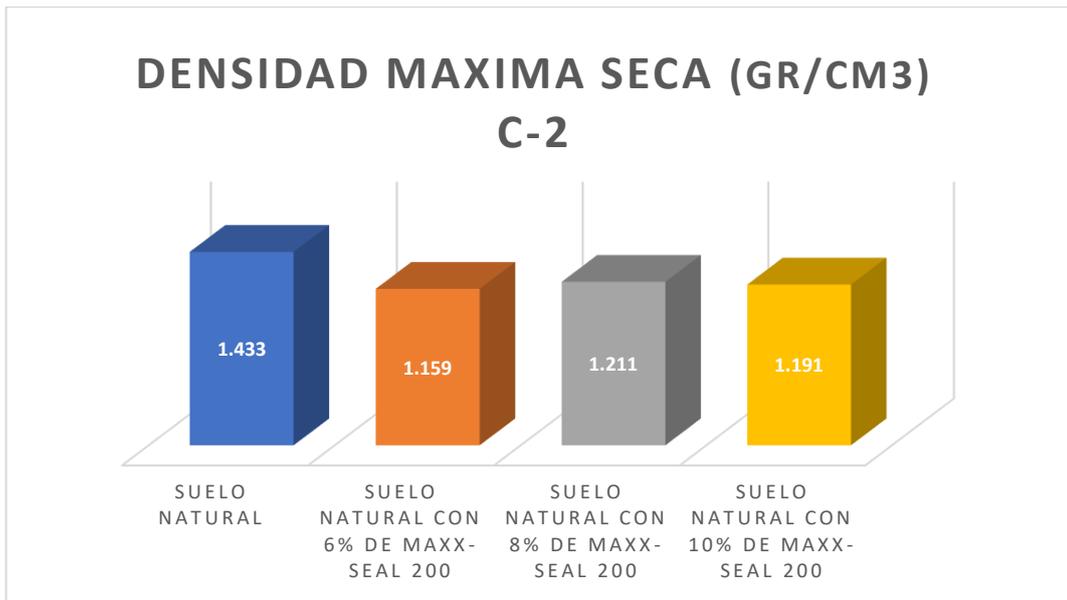
Tabla 35.DMS C-1



Fuente: elaboración propia.

De la tabla 35, se muestra La Densidad maxima seca de la calicata C-1 que se realizó a las muestras de suelos de subrasante natural y a las muestras de suelos de subrasante con la adición en porcentajes del producto estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo el valor para la muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 1.148 gm/cm³, para la muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 1.204 gm/cm³ y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 1.197 gm/cm³; estos datos obtenidos con relación a la muestra de suelo de subrasante natural se observa que decreció la DMS.

Tabla 36. DMS C-2

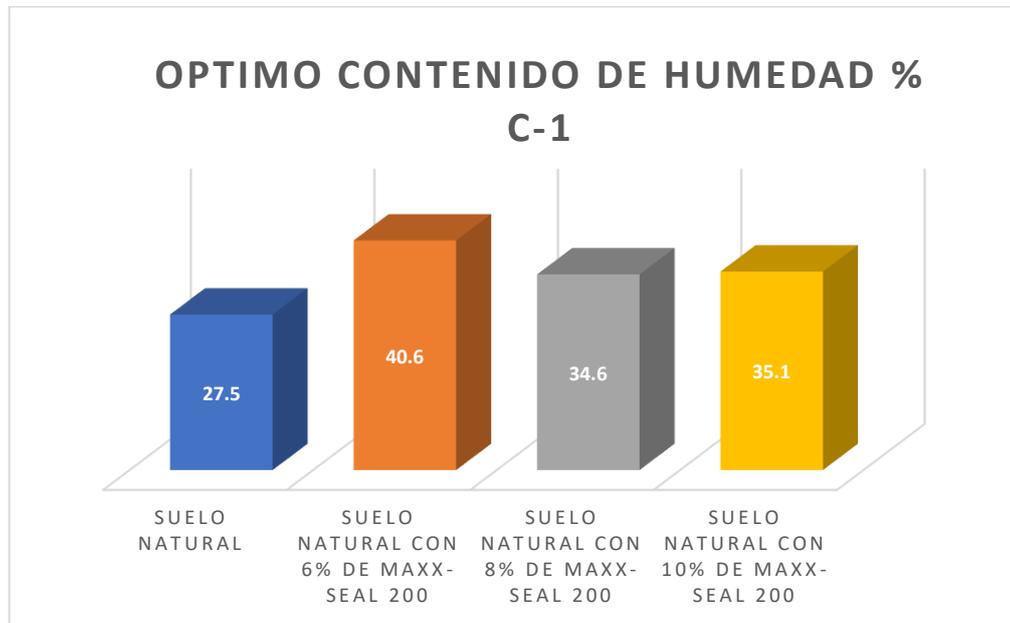


Fuente: elaboración propia.

De la tabla 36, se muestra La Densidad maxima seca de la calicata C-2 que se realizó a las muestras de suelos de subrasante natural y a las muestras de suelos de subrasante con la adición en porcentajes del producto estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo el valor para la muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 1.159 gm/cm³, para la muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 1.211 gm/cm³ y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 1.191 gm/cm³; estos datos obtenidos con relación a la muestra de suelo de subrasante natural se observa que decreció la DMS.

- **Interpretación de los resultados de OCH**

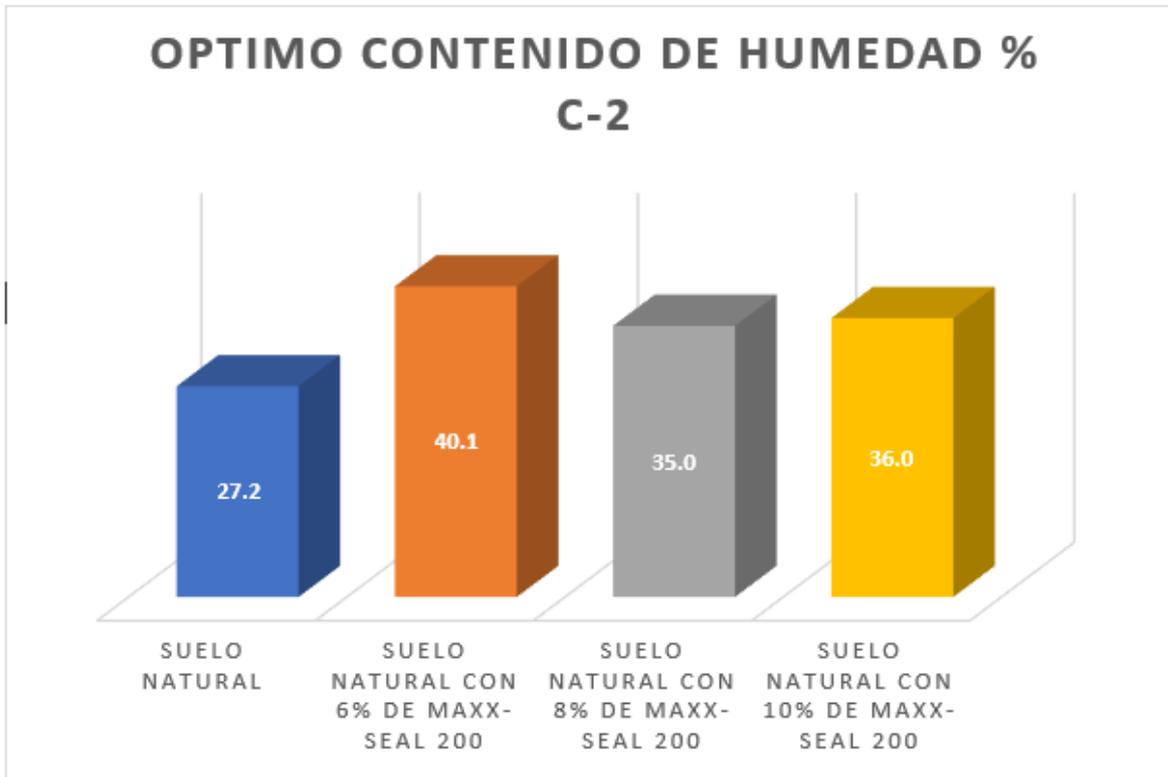
Tabla 37. OCH C-1



Fuente: elaboración propia.

De la tabla 37, se obtiene los resultados del optimo contenido de humedad (OCH) de la calicata C-1 que se realizó a las muestras suelos de subrasante natural y a los suelos de subrasante con adición en porcentajes del producto estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo el valor para la muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 40.6% de OCH, para la muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 34.6% de OCH y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 35.1% de OCH; estos datos obtenidos con relación a la muestra de suelo de subrasante natural se observa que aumentaron, siendo el valor máximo de OCH la muestra con adición de 6% del material estabilizador.

Tabla 38. OCH C-2



Fuente: elaboración propia.

De la tabla 38, se obtiene los resultados del optimo contenido de humedad (OCH) de la calicata C-2 que se realizó a las muestras suelos de subrasante natural y a los suelos de subrasante con adición en porcentajes del producto estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo el valor para la muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 40.1% de OCH, para la muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 35% de OCH y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 36% de OCH; estos datos obtenidos con relación a la muestra de suelo de subrasante natural se observa que aumentaron, siendo el valor máximo de OCH la muestra con adición de 6% del material estabilizador.

Tabla 39. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo Proctor Modificado

Proctor Modificado promedios				
	Suelo Natural	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
Densidad Maxima Seca gr/cm ³	1.433	1.154	1.208	1.194
Optimo Contenido de humedad (%)	27.35	40.35	34.8	35.55

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 39: se muestra los resultados promedios obtenidos del ensayo de Proctor modificado, se evidencia los valores promedios de la densidad maxima seca de la muestra de suelo natural con valor de 1.433% y con la adición en porcentajes de 6, 8 y 10% con valores de 1.154%, 1.208% y 1.194% respectivamente; de igual forma se evidencia el óptimo contenido de humedad para la muestra de suelo natural con valor de 27.35% y con la adición en porcentajes de 6,8 y 10% los valores de 40.35%, 34.8% y 35.55% respectivamente.

B. Ensayo de CBR

➤ CBR al 95%

Tabla 40. CBR AL 95%

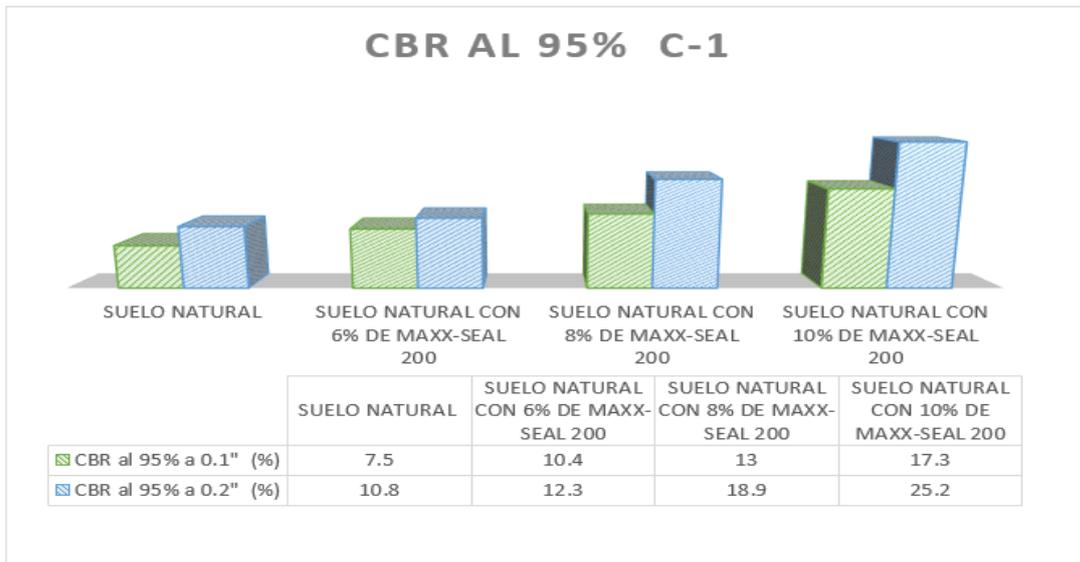
	CBR AL 95%							
	CALICA 01				CALICATA 02			
	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
CBR al 95% a 0.1" (%)	7.5	10.4	13.0	17.3	7.8	10.0	12.7	17.8
CBR al 95% a 0.2" (%)	10.8	12.3	18.9	25.2	11.3	11.8	18.3	25.9

Fuente: elaboración propia.

- **Comparación de resultados de CBR AL 95%**

- a. **Calicata C-1**

Tabla 41. CBR AL 95% C-1

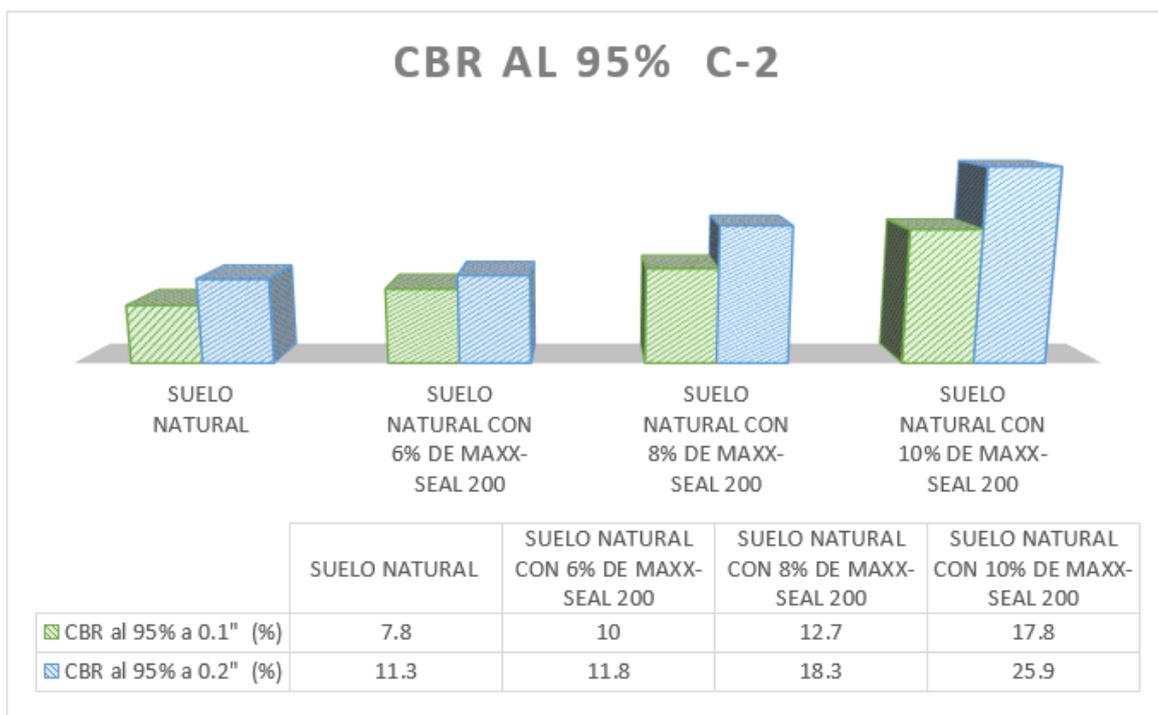


Fuente: elaboración propia.

En la tabla 41, se muestra los resultados del CBR al 95% a 0.1" y CBR al 95% a 0.2" de la calicata C-1 obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante con adición del estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo los valores para el CBR al 95% a 0.1" los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 10.4%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 13% y muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 17.3%; de igual forma se muestran los valores para el CBR al 95% a 0.2" los cuales son los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 12.3%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 18.9% y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 25.2%.

b. Calicata C-2

Tabla 42. CBR AL 95% C-2



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 42, se muestra los resultados del CBR al 95% a 0.1" y CBR al 95% a 0.2" de la calicata C-2 obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante con adición del estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo los valores para el CBR al 95% a 0.1" los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 10%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 12.7% y muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 17.8%; de igual forma se muestran los valores para el CBR al 95% a 0.2" los cuales son los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 11.8%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 18.3% y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 25.9%.

Tabla 43. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 95%

CBR al 95% promedios				
	Suelo Natural	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
CBR al 95% a 0.1"	7.65	10.2	12.85	17.55
CBR al 95% a 0.2"	11.05	12.05	18.6	25.55

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 43, se muestra los resultados promedios obtenidos del ensayo de CBR al 95%, se evidencia los valores promedios del CBR al 95% a 0.1" de la muestra de suelo natural con valor de 7.65% y con la adición en porcentajes de 6, 8 y 10% con valores de 10.2%, 12.85% y 17.55% respectivamente; de igual forma se evidencia los promedios de CBR al 95% a 0.2" para la muestra de suelo natural con valor de 11.05% y con la adición en porcentajes de 6,8 y 10% los valores de 12.05%, 18.6% y 25.55% respectivamente.

➤ CBR al 100%

Tabla 44. CBR AL 100%

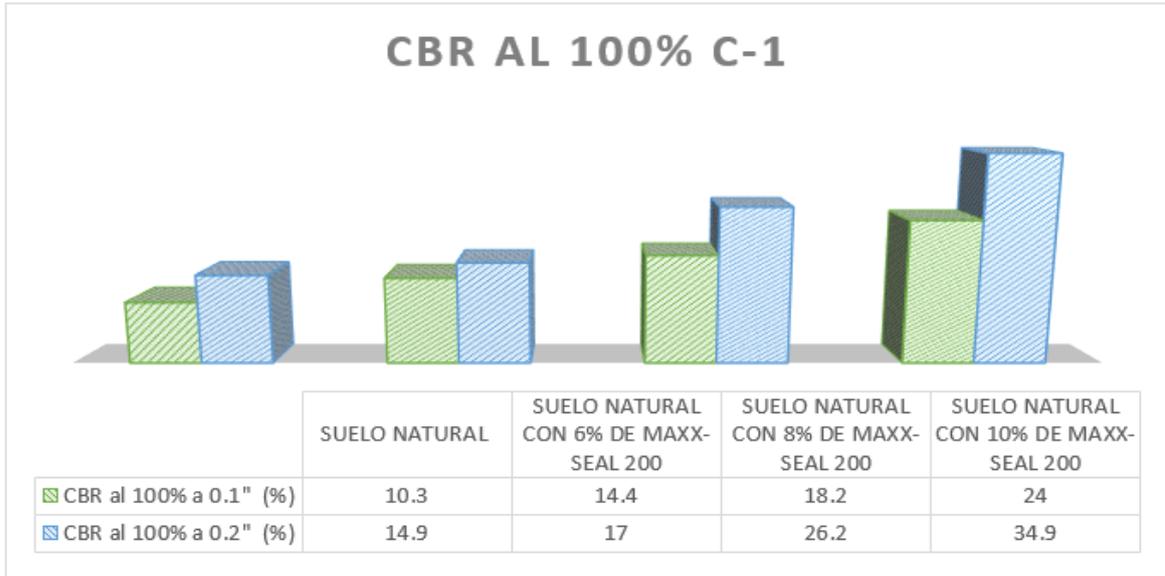
CBR AL 100%								
	CALICA 01				CALICATA 02			
	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
CBR al 100% a 0.1" (%)	10.3	14.4	18.2	24	10.9	13.8	17.6	24.7
CBR al 100% a 0.2" (%)	14.9	17.0	26.2	34.9	15.6	16.3	25.4	35.9

Fuente: elaboración propia.

- **Comparación de resultados de CBR AL 100%**

- a. **Calicata C-1**

Tabla 45. CBR AL 100% C-1

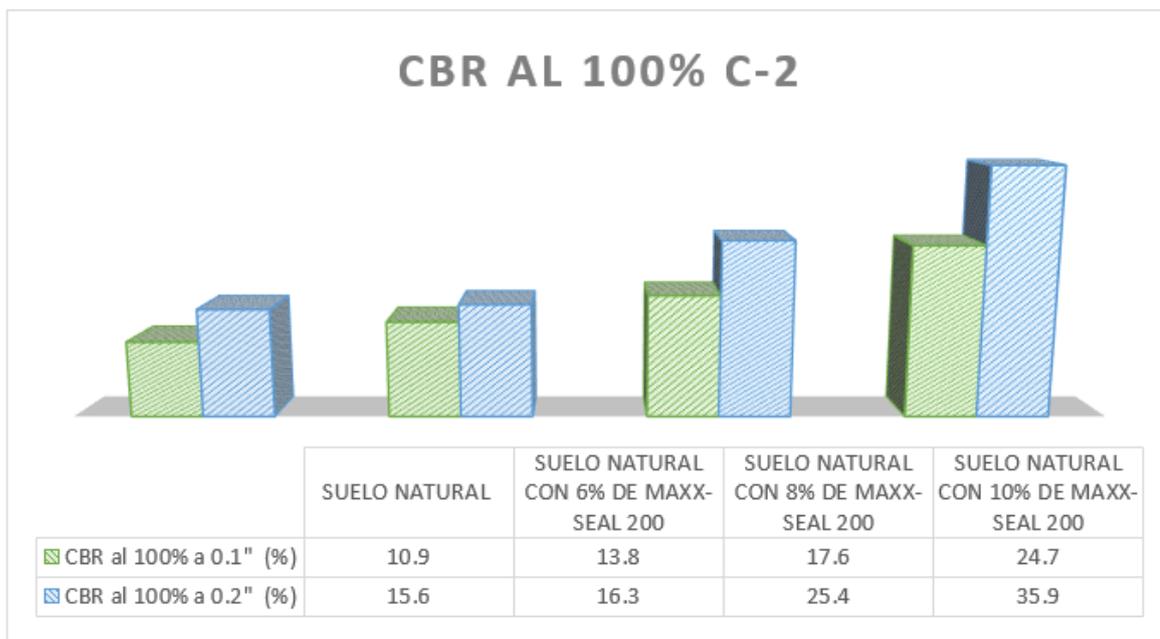


Fuente: elaboración propia.

En la tabla 45, se muestra los resultados del CBR al 100% a 0.1" y CBR al 100% a 0.2" de la calicata C-1 obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante con adición del estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo los valores para el CBR al 100% a 0.1" los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 14.4%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 18.2% y muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 24%; de igual forma se muestran los valores para el CBR al 100% a 0.2" los cuales son los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 17%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 26.2% y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 34.9%.

b. Calicata C-2

Tabla 46. CBR AL 100% C-2



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 46, se muestra los resultados del CBR al 100% a 0.1" y CBR al 100% a 0.2" de la calicata C-2 obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de suelos de subrasante natural y muestras de suelos de subrasante con adición del estabilizador MAXX-SEAL 200, siendo los valores para el CBR al 100% a 0.1" los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 13.8%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 17.6% y muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 24.7%; de igual forma se muestran los valores para el CBR al 100% a 0.2" los cuales son los siguientes: muestra de suelo de subrasante con adición de 6% del estabilizador 16.3%, muestra de suelo de subrasante con adición de 8% del estabilizador 25.4% y para la muestra de suelo de subrasante con adición de 10% del estabilizador 35.9%.

Tabla 47. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 100%

	CBR al 100% promedios			
	Suelo Natural	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
CBR al 95% a 0.1"	10.6	14.1	17.9	24.35
CBR al 95% a 0.2"	15.25	16.65	25.8	35.4

Fuente: elaboración propia.

En el tabla 47: se muestra los resultados promedios obtenidos del ensayo de CBR al 100%, se evidencia los valores promedios del CBR al 95% a 0.1" de la muestra de suelo natural con valor de 10.6% y con la adición en porcentajes de 6, 8 y 10% con valores de 14.1%, 17.9% y 24.35% respectivamente; de igual forma se evidencia los promedios de CBR al 95% a 0.2" para la muestra de suelo natural con valor de 15.25% y con la adición en porcentajes de 6,8 y 10% los valores de 16.65%, 25.8% y 35.4% respectivamente.

3.2.3 Cálculo del número estructural requerido (SNR), diseño de pavimento flexible – método AASHTO 93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú)

A. Cálculo de número estructural requerido (SNR) para las muestras los suelos de subrasante natural.

Se usará como dato de IMDA de 72 vh/día, relacionado al estudio de tráfico realizado por, La Municipalidad Distrital de Chorrillos – Sub Gerencia De Obras Públicas; cuyo nombre de investigación es “construcción vial vehicular av. Alameda premio Real, desde la av. Defensores del morro hasta la urb. La encantada, de la urbanización los huertos villa, Distrito de chorrillos - lima – lima, 2016”.

Considerando este dato 72 vh/día realizado en el 2016, se procede a considerar un incremento con respecto a nuestra fecha actual, se utilizará una hoja de cálculo para proceder a encontrar este valor. (Anexo N° 10)

- Se procedió al cálculo del IMDA para el año 2018 resultando el valor de 81 vh/día.
- Calculamos el ESAL para determinar nuestro número estructural requerido (SNr), se procedió con el cálculo, considerando un periodo de diseño de 20 años; obteniendo el valor de **1'760,000.00 EE.** (Anexo N° 10)
- Introducción de datos a la hoja de cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO 93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú), los cuales serán el valor del ESAL, CBR al 95% a 0.1” de las calicatas C1 y C-2.

Tabla 48. Introducción de la hoja cálculo Diseño de Pavimento Flexible – Método AASHTO93 (basado en el manual de carreteras 2014 – Perú)



Fuente: elaboración propia.

Tabla 49. Introducción de datos de calicatas en la hoja de calculo

CBR DE DISEÑO

-AASTHO
-INSTITUTO DE ASFALTO

Seleccionar datos

CALICATA	PROGRESIVA	CBR
C-01	km 000-500.00	7.500
C-02	km 001-000.00	7.800

CBR	# VALORE >=	%VALORE >=
7.800	1	50.0
7.500	2	100.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 49, introducimos los datos preliminares requeridos por la hoja de cálculo, introducimos el número de calicatas, progresiva de las calicatas y CBR al 95% a 0.01” obtenidos en las calicatas C-1 con valor 7.5% y C-2 con valor 7.8%.

Tabla 50. Selección de CBR de diseño.

Selección de CBR de Diseño

METODO AASTHO		METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO		*Observaciones
<input checked="" type="radio"/>	CBR	7.65 %	<input type="radio"/>	
	MR	9395.81 PSI	<input type="radio"/>	
	S2 : Subrasante Regular			
<input type="radio"/>	60%	CBR	7.74 %	S2 : Subrasante Regular
		MR	9466.41 PSI	
<input type="radio"/>	75%	CBR	7.65 %	S2 : Subrasante Regular
		MR	9395.81 PSI	
<input type="radio"/>	87.5%	CBR	7.58 %	S2 : Subrasante Regular
		MR	9336.75 PSI	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 50, seleccionamos el tipo de método a utilizar, evidenciamos dos métodos disponibles a escoger, para esta investigación consideramos el método AASTHO, así mismo la hoja de cálculo automáticamente nos da el valor promedio de CBR cuyo valor a utilizar es 7.65% y el Módulo de Resiliencia (MR) correspondiente al CBR promedio que es 9395.81 PSI.

Tabla 51. Calculo del número estructural requerido SNR, suelo natural.

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)
 -Iterativo Manual
 -Iterativo Automático
 -Ábaco AASHTO

ESAL	1.76E+06
CBR	7.65 %
MR Subrasante (Psi)	9395.81
TIPO DE TRAFICO TP	TP6
NUMERO DE ETAPAS	1
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	85%
Coefficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-1.04
Desviación Estándar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variación de Serviabilidad (ΔPSI)	1.5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 51, Se introdujeron los datos obtenidos anteriormente tales como: ESAL(1 760,000), CBR (7.65%), MR (9395.81 PSI), tipo de tráfico TP (TP6), numero de etapas (1), Nivel de confiabilidad (85%), coeficiente estadístico de desviación estándar normal ZR (-1.04), desviación estándar combinada So (0.45), Servicialidad inicial Pi (4), Servicialidad final o terminada PT (2.5) y la variación de Servicialidad ΔPSI (1.5).

Tabla 52. Calculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.

ITERACIÓN MANUAL	
Numero Estructural Requerido (SNR)	3.430
N18 NOMINAL	6.25
N18 CALCULADO	6.24

Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18 CALCULADO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

ITERACIÓN AUTOMÁTICA	
Numero Estructural Requerido (SNR)	3.433
N18 NOMINAL	6.25
N18 CALCULADO	6.24

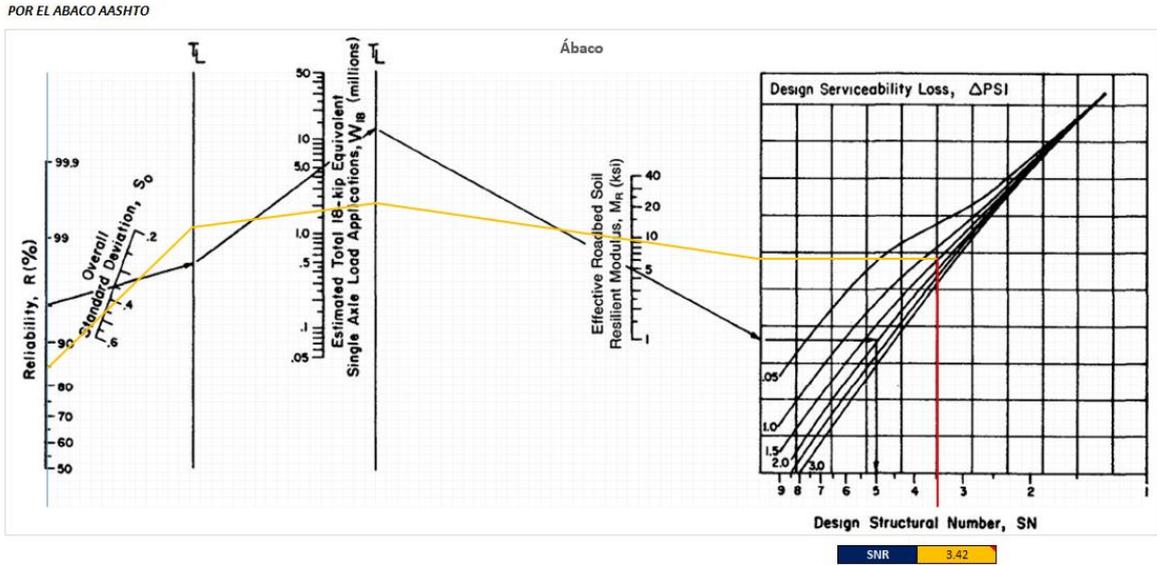
Iterar

Guardar valor

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 52, vemos la interacción manual y automática de los resultados de N18 nominal y N18 calculado, en la interacción manual la hoja de cálculo nos permite introducir valores hasta llegar a igualar el N18 nominal y el N18 calculado, así mismo la hoja de cálculo nos muestra una opción que de forma automática donde nos calcula el SNR requerido presionando en el botón “iterar” dándonos como resultado 3.433.

Tabla 53. Calculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 53, observamos el resultado del número estructural requerido por el Abaco de AASHTO, dándonos como SNR el valor de 3.42.

Los espesores de capas, basados en el manual de carreteras, suelos geotecnia y pavimentos MTC 2013, se ubican en el Anexo N°9.

Tabla 54. Materiales a considerar para el diseño.

	a1	a2	a3
Componente	Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Observación	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE
Precio	S/. 470.00	S/. 120.00	S/. 90.00
ai (Recomendado)	0.17	0.052	0.047
ai (Definido por usuario)	0.18	0.055	0.048
Precio para ai Definido	S/. 475.00	S/. 125.00	S/. 95.00

Seleccione

Recomendado por el Manual MTC

Valores definidos por el usuario

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 54, se observa los materiales de las capas que definiremos para el diseño de los suelos de subrasante natural; para a1 consideramos la carpeta Asfáltica en caliente, modulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68of); para a2 consideramos la Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la DMS y para a3 consideramos una Sub Base CBR 40%, compactada al 100% de la DMS. Se obtiene los resultados recomendados para el a1, a2 y a3 los valores de coeficientes estructural ai (cm⁻¹) son 0.17, 0.052 y 0.047 respectivamente.

Tabla 55. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural

		m1	m2	
		1	1	
D1	D2	D3		
9.0 cm	25.0 cm	23.0 cm		
SNR (Requerido)	3.433	<i>Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)</i>		
SNR (Resultado)	3.91	<i>Si Cumple</i>		
Capa Superficial		Base	Subbase	Total
Precio	S/.42.30	S/.30.00	S/.20.70	S/.93.00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 55, se aprecia el resultado de la alternativa propuesta para el diseño de pavimentos flexibles de la muestra de los suelos de subrasante natural, en comparación del SNR (requerido= 3.433) y el SNR (resultante 3.91); este último (SNR resultante se considera por el Manual MTC 2013, Anexo N° 14). Los espesores por cada capa de la estructura del pavimento fueron considerados a partir de tablas del Manual MTC, 2013; Anexo N° 15, se colocó los valores de drenaje de la base y sub – base, siendo los valores de 1 para ambos casos; estos valores son recomendados por el Manual MTC 2013. El dimensionamiento de nuestra estructura del pavimento es la siguientes: para D1 espesor de 9.0 cm, para D2 un espesor de 25.0 cm y para D3 un espesor de 23.0 cm; así mismo la hoja de cálculo nos sugiere el costo por capa o asumir datos de costos, siendo los precios por m² para la capa superficial S/. 42.30, para la base S/. 30.00 y para la sub base S/. 20.70, teniendo un valor total de S/. 93.00 por m².

B. Cálculo de número estructural requerido (SNR) para la muestra de suelos de subrasante con el mayor incremento de CBR al 95% al añadir un porcentaje del estabilizador MAXX-SEAL200 (10%).

- Introducimos los datos iniciales anteriormente para calcular el número estructural requerido para la dosis óptima del estabilizador MAXX-SEAL 200.

Tabla 56. Introducción de datos de calicatas en la hoja de cálculo

CBR DE DISEÑO					
-AASHTO					
-INSTITUTO DE ASFALTO					
Seleccionar datos					
CALICATA	PROGRESIVA	CBR	CBR	# VALORE >=	%VALORE >=
C-01	km 000-400.00	17.300	17.800	1	50.0
C-02	km 001-000.00	17.800	17.300	2	100.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 56, introducimos los datos preliminares requeridos por la hoja de cálculo, introducimos el número de calicatas, progresiva de las calicatas y CBR al 95% a 0.01” con mayor incremento de CBR de los suelos de subrasante con la adición del estabilizador MAXX-SEAL 200 (10%), de las calicatas C-1 con valor 17.30% y calicata C-2 con valor 17.80%.

Tabla 57. Selección de CBR de diseño.

METODO AASHTO		METODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO		*Observaciones
<input checked="" type="radio"/>	CBR 17.55 % MR 15985.57 PSI S3 : Subrasante Buena	<input type="radio"/>	60% CBR 17.70 % MR 16072.88 PSI	S3 : Subrasante Buena
<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	75% CBR 17.55 % MR 15985.57 PSI	S3 : Subrasante Buena
<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	87.5% CBR 17.43 % MR 15912.61 PSI	S3 : Subrasante Buena

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 57, seleccionamos el tipo de método a utilizar, evidenciamos dos métodos disponibles a escoger, para esta investigación consideramos el método AASHTO, así mismo la hoja de cálculo automáticamente nos da el valor promedio de CBR cuyo valor a utilizar es 17.55% y el Módulo de Resiliencia (MR) correspondiente al CBR promedio que es 15985.57 PSI.

Tabla 58. Calculo del número estructural requerido SNR, suelo con adición del porcentaje con mayor incremento de CBR.

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR)

-Iterativo Manual
 -Iterativo Automático
 -Ábaco AASHTO

ESAL	1.76E+06
CBR	17.55 %
MR Subrasante (Psi)	15985.57
TIPO DE TRAFICO TP	TP6
NUMERO DE ETAPAS	1
NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%)	85%
Coefficiente Estadístico De Desviación Estándar Normal (ZR)	-1.04
Desviación Estándar Combinada (So)	0.45
Serviciabilidad Inicial (Pi)	4
Serviciabilidad Final o Terminal (PT)	2.5
Variación de Serviciosabilidad (Δ PSI)	1.5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 58, se colocaron los datos obtenidos anteriormente tales como: ESAL (1,760,000.00), CBR (17.55%), MR (15985.57 PSI), tipo de tráfico TP (TP6), número de etapas (1), Nivel de confiabilidad (85%), coeficiente estadístico de desviación estándar normal ZR (-1.04), desviación estándar combinada So (0.45), Serviciosabilidad inicial Pi (4), Serviciosabilidad final o terminada PT (2.5) y la variación de Serviciosabilidad Δ PSI (1.5).

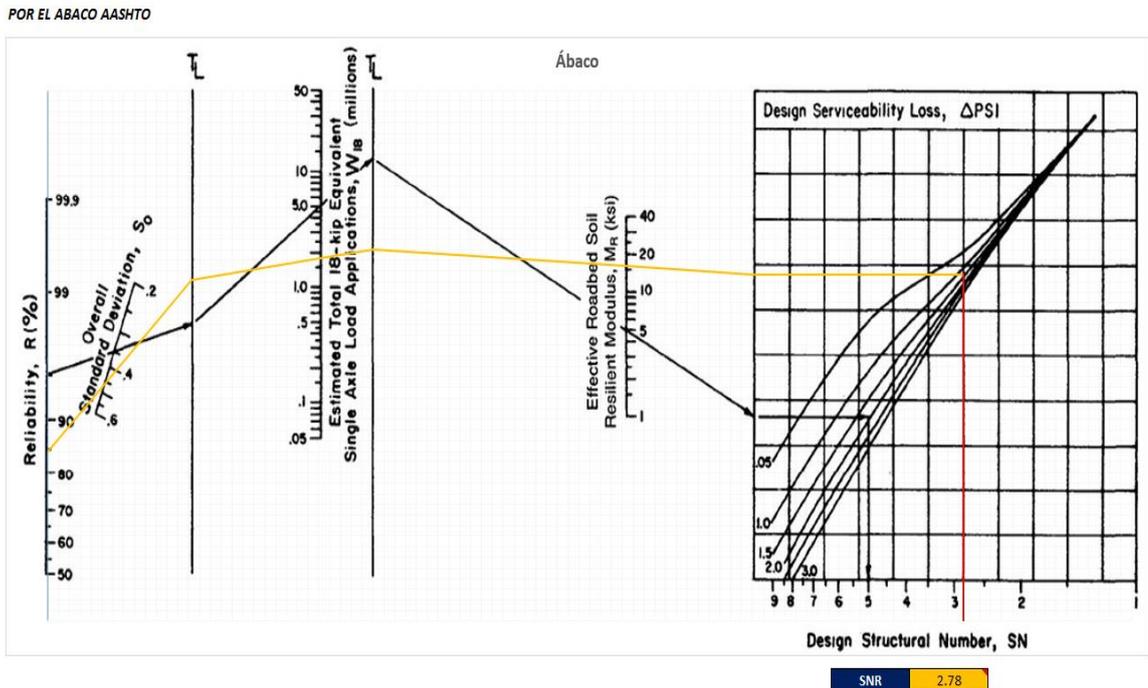
Tabla 59. Calculo del número estructural requerido SNR por iteración manual y automática.

ITERACIÓN MANUAL		Iterar hasta que N18 NOMINAL=N18 CALCULADO
Numero Estructural Requerido (SNR)	2.770	
N18 NOMINAL	6.25	
N18 CALCULADO	6.24	$\log_{10}(W'_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$
ITERACIÓN AUTOMÁTICO		Iterar
Numero Estructural Requerido (SNR)	2.772	<input checked="" type="checkbox"/> Guardar valor
N18 NOMINAL	6.25	
N18 CALCULADO	6.24	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 59, vemos la interacción manual y automática de los resultados de N18 nominal y N18 calculado, en la interacción manual la hoja de cálculo nos permite introducir valores hasta llegar a igualar el N18 nominal y el N18 calculado, así mismo la hoja de cálculo nos muestra una opción que de forma automática donde nos calcula el SNR requerido presionando en el botón “iterar” dándonos como resultado 2.772.

Tabla 60. Calculo del número estructural requerido SNR por Abaco AASTHO



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 60, observamos el resultado del número estructural requerido por el Abaco de AASHTO, dándonos como SNR el valor de 2.78.

Los espesores de capas, basados en el manual de carreteras, suelos geotecnia y pavimentos MTC 2013, se ubican en el Anexo N°9.

Tabla 61. Materiales a considerar capa por capa de la estructura del pavimento

	a1	a2	a3
Componente	Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Observación	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Precio	S/. 470.00	S/. 120.00	S/. 90.00
ai (Recomendado)	0.17	0.052	0.047
ai (Definido por usuario)	0.18	0.055	0.048
Precio para ai Definido	S/. 475.00	S/. 125.00	S/. 95.00

Seleccione

Recomendado por el Manual MTC

Valores definidos por el usuario

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 61, se observa las capas que definimos para el diseño del pavimento para la muestra de suelos de subrasante con mayor incremento de CBR al 95% al añadir un porcentaje de MAXX – SEAL 200 (10%); para a1 consideramos la carpeta Asfáltica en caliente, modulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68of); para a2 consideramos la Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la DMS y para a3 consideramos una Sub Base CBR 40%, compactada al 100% de la DMS. Se obtiene los resultados recomendados para el a1, a2 y a3 los valores de coeficientes estructural ai (cm⁻¹) son 0.17, 0.052 y 0.047 respectivamente.

Tabla 62. Espesor propuesto por capa para la estructura del pavimento de la muestra de suelo natural con mayor incremento de CBR al añadir un porcentaje de MAXX-SEAL 200 (10%).

m1		m2		
1		1		
D1	D2	D3		
9.0 cm	23.0 cm	15.0 cm		
SNR (Requerido)	2.772	<i>Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)</i>		
SNR (Resultado)	3.43	<i>Si Cumple</i>		
Capa Superficial		Base	Subbase	Total
Precio	S/.42.30	S/.27.60	S/.13.50	S/.83.40

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 62, se aprecia el resultado de la alternativa propuesta para el diseño de pavimentos flexibles de la muestra de los suelos de subrasante natural con mayor incremento de CBR obtenido al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 (10%), en comparación del SNR (requerido= 2.772) y el SNR (resultante 3.43); este último (SNR resultante se considera por el Manual MTC 2013, Anexo N° 14. Los espesores por cada capa de la estructura del pavimento fueron considerados a partir de tablas del Manual MTC, 2013; Anexo N° 15, se colocó los valores de drenaje de la base y sub – base, siendo los valores de 1 para ambos casos; estos valores son recomendados por el Manual MTC 2013. El dimensionamiento de nuestra estructura del pavimento es la siguientes: para D1 espesor de 9.0 cm, para D2 un espesor de 23.0 cm y para D3 un espesor de 15.0 cm; así mismo la hoja de cálculo nos sugiere el costo por capa o asumir datos de costos, siendo los precios por m² para la capa superficial S/. 42.30, para la base S/. 27.60 y para la sub base S/. 13.50, teniendo un valor total de S/. 83.40 por m².

Tabla 63. Comparación de costos por m² de los suelos de subrasante natural y suelo con la dosificación de MAXX-SEAL 200 con mayor incremento de CBR (10%)

Espesores Sugeridos		
Capas	Suelo Natural	Suelo con mayor incremento de CBR con adición de MAXX - SEAL 200
D1	9	9
D2	25	23
D3	23	15
Precio por m2	S/.93.00	S/.83.40

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 63, observamos la diferencia de costos por m² de los suelos de subrasante natural (S/.93.00) y suelo con mayor incremento de CBR al añadir MAXX-SEAL 200 (10%) (S/.83.40).

3.3 Contrastación de Hipótesis

H0: Se mejora la capacidad portante de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos – Surco, ¿2018?

H1: No se mejora la capacidad portante de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, ¿2018?

He1: Se mejora las propiedades físico – mecánicas de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador MAXX-SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.

Tabla 29. Ensayo de Proctor Modificado muestras de suelo inalteradas

	Proctor Modificado promedios			
	Suelo Natural	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
Densidad Maxima Seca gr/cm ³	1.433	1.154	1.208	1.194
Optimo Contenido de humedad (%)	27.35	40.35	34.8	35.55

Fuente: elaboración propia.

- Las propiedades físico – mecánicas si se mejoran con la adición del estabilizador MAXX – SEAL 200.

He2: Se incrementa la capacidad portante de la subrasante al añadir el estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.

Tabla 64. Promedio de resultados obtenidos de las calicatas C-1 y C-2 del ensayo de CBR al 95%

CBR al 95% promedios				
	Suelo Natural	SUELO NATURAL CON 6% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 8% DE MAXX-SEAL 200	SUELO NATURAL CON 10% DE MAXX-SEAL 200
CBR al 95% a 0.1"	7.65	10.2	12.85	17.55
CBR al 95% a 0.2"	11.05	12.05	18.6	25.55

Fuente: elaboración propia.

- Si se incrementa la capacidad portante de la subrasante al añadir el estabilizador químico MAXX – SEAL 200.

He3: disminuirá el espesor del número estructural requerido (SNR), con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural

Tabla 65. Disminución de SNR de suelo natural y SNR de suelo con adición en porcentaje de 10%

Espesores Sugeridos		
Descripcion	Suelo Natural	Suelo con mayor incremento de capacidad portante con la adición de MAXX - SEAL 200
SN requerido	3.43	2.77
SN resultado	3.91	3.43
D1	9	9
D2	25	23
D3	23	15
costo por m2	93	83.4

Fuente: elaboración propia.

- Si disminuye el espesor del número estructural requerido (SNR).

IV. DISCUSIÓN

D1: De la tabla 43, se observa que el CBR al 95% a 0.1” % de las muestras de los suelos de subrasante aumentan a medida que se incorpora el porcentaje de dosificación del estabilizador MAXX-SEAL 200, para un suelo natural se obtuvo un CBR de 7.5%, para las muestras de suelo con la incorporación del 6%, 8% y 10% se obtuvo 10.4%, 13% y 17.3% respectivamente; estos datos tienen similitud con los resultados obtenidos en la investigación de Palomino (2016), las cuales evidencian un incremento proporcional al porcentaje de adición del estabilizador MAXX-SEAL 100; sin embargo, en la muestra de suelo arcilloso con adición de 6% obtuvo un CBR al 95% a 0.1” % de 11%, excediendo en 0.06% del CBR de nuestro suelo de Limo – Orgánico (CBR al 95% a 0.1” % de 10.4%), este efecto se debe a que el estabilizador químico actúa como agente catalítico de intercambio iónico sobre el suelo arcilloso reduciendo el potencial electrostático de las partículas; es decir, influye en su capacidad de absorber agua y por ende mejora su estabilidad (Ravines Merino, 2010). Por otra parte, la investigación de Lopez (2017) obtiene valores superiores a la de nuestra investigación puesto que al incorporar el porcentaje de 3% de cemento tipo MH a la muestra de suelo natural obtuvo el valor de 130%, debido a las propiedades del suelo arenoso.

D2: De acuerdo a los resultados obtenidos, las muestras de suelos con adición del 10% del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 (concentración presentan las siguientes características físico – mecánicas; según la clasificación de suelos SUCS y ASHTO se especifica en Limo Orgánico (OL) y A-5 (Malo) respectivamente, el contenido de humedad promedio es 84.90%. Respecto a los límites de Atterberg, el límite líquido promedio es 43.5%, el límite plástico 37% y el Índice de plasticidad 8.5%. Para el ensayo de Proctor modificado de suelo natural se obtuvo los valores promedios de Densidad máxima seca (1.19 gr/cm³) y Óptimo contenido de humedad (35.55%), así como el valor promedio de CBR al 95% a 0.1” de 17.55%; estos resultados difieren a los obtenidos por Palomino (2016), al utilizar 6% del estabilizador químico MAXX – SEAL 100 debido a que en relación al contenido óptimo de humedad en esta investigación se obtuvo un valor de 15.04% para un suelo arcilloso, es decir aproximadamente la tercera parte del óptimo contenido de humedad (OCH) obtenido en la presente investigación (40.35%) utilizando la misma concentración de dicho estabilizador; y en relación a la capacidad portante de la subrasante, se obtuvo un valor de 11%, lográndose un mayor incremento en relación a un suelo Limo Orgánico el cual solo alcanza un porcentaje de capacidad portante del 10.20%.

D3: De acuerdo a los resultados obtenidos y mostrados en la discusión D1, se infiere que la dosis optima más favorable fue el porcentaje de 10% del agente estabilizador MAXX-SEAL 200, obteniéndose el valor más alto de CBR (17.55%), así como se apreció la modificación favorable de las propiedades físico mecánicas de los suelos de subrasante. Este efecto se debe a la incorporación del estabilizador químico; puesto que, el CBR aumenta directamente proporcional al porcentaje de adición, pasando inicialmente de una calidad de subrasante mala a una subrasante regular a buena. Esta tendencia de incremento de CBR% vs la incorporación del agente químico MAXX-SEAL 100 se comprueba en la investigación de Palomino (2016), donde se utilizó la dosificación en porcentajes de 2, 4 y 6% en una muestra de suelo arcillosa. Lo anterior sucede debido a que, el polímero MAXX-SEAL 200 actúa como agente catalítico de intercambio iónico; es decir, actúa formando enlaces de unión entre el suelo y las moléculas de co-polímeros, reduciéndose el potencial electrostático de las partículas de suelo, quitándoles la capacidad de absorber agua, por ende, mejora la capacidad de carga, resistencia, impermeabilidad, estabilización y vida útil (Ravines Merino, 2010).

D4: Del Diseño de Pavimentos Flexibles – Método AASTHO – 93, se determinó el número estructural requerido (SNR); para la muestra de suelos de subrasante natural con CBR de 7.5% y ESAL de 1'760,000.00 EE, se obtiene el valor del espesor, siendo 3.42 SNR. Por otra parte, la muestra de suelos de subrasante natural con la incorporación de dosis optima (10%), con CBR de 17.55% y ESAL de 1'760,000.00 EE presenta un valor menor con respecto a la muestra de suelos de subrasante natural, siendo el valor resultante de 2.77 SNR. La diferencia entre ambos resultados de SNR se debe a la incorporación del estabilizador químico MAXX-SEAL 200, lo cual mejora el diseño del pavimento flexible originando la reducción en espesor y costos. Según la Unidad de Investigación de la Universidad de Costa Rica (2008) menciona que el suelo puede ser mejorado mediante la adición de aditivos que favorece la disminución de los de diseño, en comparación a un suelo natural, debido a que, aumenta la dureza y rigidez del suelo. Por otra parte, el espesor de un suelo de Limo Orgánica es menor a los obtenidos por Gómez (2014) para un suelo de Arena Arcillosa con CBR de 8.20% y ESAL de 8'023,000 EE, puesto que tiene un $D_1 = 10$ cm, $D_2 = 35$ cm y $D_3 = 30$; a diferencia de la presente investigación, para un suelo de subrasante natural con un CBR de 7.5%, suelos de subrasante con dosis de 10% y con CBR 17.55%, con ESAL de 1'760,000.00 EE se obtuvieron los siguientes valores: $D_1 = 9$ cm, $D_2 = 25$ cm y $D_3 = 23$ y $D_1 = 9$ cm, $D_2 = 23$ cm y $D_3 = 15$, respectivamente.

V. CONCLUSIONES

- 1) Se concluye que la capacidad de soporte de la subrasante aumenta directamente proporcional al porcentaje de adición del estabilizador MAXX-SEAL 200 en un suelo Limo Orgánico (OL); obteniéndose los siguientes valores para un CBR al 95% a 0.1” con la muestra de suelo natural 7.65%, incorporando el 6, 8 y 10% se obtuvo los valores de CBR de 10.2%, 12.85% y 17.55% respectivamente.
- 2) La adición del estabilizador MAXX – SEAL 200 en porcentajes de 6%, 8% y 10%, produjo una disminución en la Densidad máxima seca, incremento del óptimo contenido de humedad y el incremento de la capacidad portante CBR de la subrasante.
- 3) Se determinó que el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante obtenido fue 17.55%, al adicionar un 10% del MAXX – SEAL 200.
- 4) Determinar en cuanto disminuirá el número estructural requerido (SNR), con la adición del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.
- 5) Se determinó que el número estructural requerido (SNR) del suelo al adicionar el MAXX-SEAL 200 disminuyó, en comparación al SNR calculado de la muestra de suelo natural, en 0.65.

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Investigar la capacidad portante en diferentes tipos de suelos utilizando el estabilizador químico MAXX-SEAL 200, así como realizar ensayos experimentales con porcentajes mayores al 10%.

- 2) Se recomienda realizar una prueba de flexibilidad del suelo, con el fin de delimitar la concentración máxima del agente estabilizador, debido a que un suelo muy rígido repercute en su resistencia mecánica.

- 3) Realizar pruebas de laboratorio con diferentes agentes estabilizadores aplicando dosificaciones similares, para evaluar la concentración óptima de cada uno de ellos y determinar el agente más adecuado para un determinado suelo.

- 4) Se recomienda incorporar material de grava a la muestra de suelo en estudio, con la finalidad de optimizar la capacidad portante que asegure la máxima resistencia de dicho suelo a esfuerzos mecánicos, tales como: compresión, flexión y condiciones meteorológicas.

REFERENCIAS

AASHTO (2003). *Standard method of test for California bearing ratio. AASHTO T.193-199.*

ARAUJO, W. (2014). Ecuaciones de correlación de CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura. Tesis de pregrado no publicado en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

ASTM D 3282(1973)- Clasificación AASHTO

ASTM. (1992). D 5333: *Standard test method for Measurement of Collapse Potential of Soils.*

BOWLES, Joseph. *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil. McGraw-Hill Latinoamericana S.A. Universidad Nacional de Colombia- Bogotá, 1978.*

ISBN: 968-451-046-2

CAMACHO TAUTA, JAVIER FERNANDO, REYES ORTIZ, OSCAR JAVIER, MÉNDEZ GONZÁLEZ, DOLLY FERNANDA, *Ensayo de compactación giratoria en suelos como alternativa al ensayo de Compactación Proctor. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea] 2007, 17 (diciembre-Sin mes): [Fecha de consulta: 21 de junio de 2018] Disponible en:* <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117205>

ISBN: 0124-8170

CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones. 5ª edición. Moriega Editores. México, 2004. 656 p.*

ISBN: 968-18-6489-1

CHOQUE GODOY, M. M. (2006). *Efecto de la Cal Hidratada sobre Algunos Parámetros de Resistencia Mecánica en Suelos Arenosos para la Estabilización de Suelos en Construcciones Viales Tramo Payrumani - Cebada Mayu - Bolivia. Universidad Técnica de Oruro.*

DE LA CRUZ GUTIERREZ, Lizeth Mercedes; SALCEDO ROJAS, Kaite Karen. *Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Aditivos (Eco Road 2000) para Pavimentación en Palian Huancayo-Junín. 2016.*

ENVIROSEAL LIMA. (2010). *Estabilizador de suelos MAXX-SEAL 200.*

M.G. FRATELLI, (1993). *Suelos, fundaciones y muros. (570 p.)*

ISBN 9800716262, 9789800716267.

SUSAN JACKELIN GOMEZ VALLEJOS, (2014). *“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD”*

GONZALEZ CABALLERO, Matilde. *El terreno. Edicions UPC. Barcelona, 2001.*

ISBN 84-8301-530-7

GUAMÁN ILER, Israel Isaías. *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio). 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.*

HERNÁNDEZ, C. (2008). *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. Universidad San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Guatemala.*

HERÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. 2014. *Metodología de la Investigación. 6ª edición: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. Editorial México: México.*

ISBN: 978-1-4562-2396-0

LATINSEAL. (2009). *Maxx-Seal 100.*

LÓPEZ MARTÍNEZ, Marco Antonio. *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasquí para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH.* 2017. Tesis de Licenciatura. PUCE.

LOPEZ, M. (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasquí para cimentaciones superficiales y contrapisos mediante el uso de cemento tipo MH. Para obtener el grado de ingeniero civil, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.* 179 p.

MENÉNDEZ ACURIO, J. R. (2013 b). *Ingeniería de pavimentos: materiales y variables de diseño (43 Ed.).* Lima, Perú: imprenta ICG

MÉTODO DE DISEÑO AASHTO. (1993) (*American Association of State Highway and Transportation Officials*).

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. (2013). *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.* Lima, Perú.

MINVIV. (2010). *Estudio de microzonificación sísmica y vulnerabilidad en la Ciudad de Lima.* Universidad nacional de ingeniería. Perú. 56p.

ALFONSO MONTEJO FONSECA. (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Universidad Católica de Colombia, 1998 (733 p.)
ISBN 9589603629, 9789589603628

REYNIER MOLL MARTÍNEZ. (2017). “*Procedimiento para el diseño estructural de pavimentos flexibles rehabilitados en cuba con el empleo de bases recicladas utilizando ligantes asfálticos*”. Habana, Cuba.
ISBN 978-959-16-3399-6.

MORENO, V. Y RODRÍGUEZ, B. (2013). *Determinación de las propiedades índices y mecánicas de los suelos expansivos en la vía San Mateo-Esmaldas zona de Winchele.* Ecuador, Quito.

MORONE, G. (2012). *Métodos y técnicas de la investigación científica.* Santiago de surco.

MORALES, RAÚL Y LEYVA, MANUEL. *Contaminación atmosférica urbana, Texto 5: Episodios críticos de contaminación ambiental en la ciudad de Santiago.* Editorial Universitaria S.A. Santiago de Chile, 2006, 299 p.

ISBN 956-11-1835-1

MTC (2008) – *Ministerio de Transporte y Comunicaciones*

MTC. (2007). *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras. Aprobado por Resolución Directoral n°051-2007- MTC/14 del 27 de agosto del año 2007.* 368p.

NTP 339.134 (1999) – *Clasificación SUCS*

PALOMINO, Karen. *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. (Ingeniería Civil).* Perú. Universidad Privada del Norte, 2016. 126 p.

PERU 21, (2018). Lima: *Pistas con huecos son un peligro latente para conductores, disponible en: <https://peru21.pe/lima/lima-pistas-huecos-son-peligro-latente-conductores-fotos-196125>*

RAMOS, Gabriel. *Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclables en carreteras, Paucará, Huancavelica 2014. (Ingeniería Civil).* Perú. Nacional Universidad del Centro de Perú, 2014. 211 p.

RAVINES ALIAGA, Juan Alberto. *Capacidad portante de los suelos de fundación, mediante los métodos DPL y Corte Directo para la ciudad de José Gálvez – Celendín – Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca, Ingeniería y Gerencia en la Construcción (Para optar el grado académico de Maestro en Ciencias). Cajamarca, 2017.169 p.*

ROLDAN DE PAZ, Jairo. *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub bases. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala.2010.*

ROMERO, Rocio y SAÑAC, Cynthia. *Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco. (Ingeniería Civil). Perú. Universidad Nacional Andina del Cusco, 2016. 215 p.*

SANZ LLANO, Juan. *Mecánica de suelos: Reunión de Ingenieros. Editions Eyrolles-Paris.1975.*

ISBN 84-7146-165-X

SOTO, H. (2009). *La aplicación de geo sintéticos a terraplenes. Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, Ingeniería Civil – Construcción, Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico.76p.*

SOWERS, G. (1972). *Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. D.F: Limusa- Wiley (S.A). 677 p.*
ISBN 968 180 506 2

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, (2008). *GUÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DE RUTAS NO PAVIMENTADAS Proyecto N° UI-06-07. SAN JOSÉ, COSTA RICA.*

TERZAGHI, K y PECK, R. (1973). *Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica. 2^{da} edición. Barcelona: El Ateneo S.A.*
ISBN 968 188 654 2

TUPIA CORDOVA, Carlos Alberto. *Determinación de las características de soporte de cimentación de un pavimento por medio de un equipo dinámico. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería (Para obtener el grado de Ingeniero Civil). Lima, 2001. 245 p.*

VALDEZ GUZMÁN, C. (2008). *Estudio comparativo de estabilización de un suelo arcilloso altamente expansivo, utilizando un co-polimero multienzimático. (Tesis de Título). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo México.*

VALLE ARENAS, WILFREDO ALFONSO. *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes Sulfatados o Yesíferos. Tesis para optar de Master en Ingeniería-Geotecnia. Universidad Politécnica de Madrid Facultad de Ingeniería y Morfología del Terreno.2010.*

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿En qué medida, se mejora la capacidad portante de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en Av. Ganaderos – Surco, 2018?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar la capacidad portante de la subrasante añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>Al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 a la subrasante se mejorará la capacidad portante, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>	<p>V1: Modificación de la capacidad portante de la subrasante</p>	<p>D1: Propiedades físico-mecánicas de la subrasante</p>	<p>I1: Tipo de suelo I2: Granulometrías % I3: Contenido de humedad % I4: Límites de Atterberg</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS.</p> <p>¿En qué medida, se mejora las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, al añadir un porcentaje del estabilizador MAXX-SEAL 200 en Av. Ganaderos - Surco, 2018?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS.</p> <p>-Determinar las propiedades físicas mecánicas de la subrasante al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>	<p>HIPOTESIS ESPECIFICOS.</p> <p>Al añadir un porcentaje del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 se mejorará las propiedades físico mecánicas de la subrasante, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>		<p>D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)</p>	<p>I1: Ensayo de compactación -Proctor Modificado I2: CBR al 95% a 0.1” CBR al 95% a 0.2” I3: CBR al 95% a 0.1” CBR al 95% a 0.2”</p>
<p>¿En qué medida, se logrará el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 6, 8 y 10% del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018?</p>	<p>Determinar el mayor incremento de la capacidad portante de la subrasante utilizando concentraciones del 6, 8 y 10% del estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>	<p>Al añadir el estabilizador químico MAXX – SEAL 200 en la Av. Ganaderos - Surco, 2018, se incrementará la capacidad portante de la subrasante.</p>		<p>D3: Número estructural requerido (SNR)</p>	<p>I1: Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993</p>
<p>¿De qué manera el número estructural requerido (SNR) disminuirá con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural en la Av. Ganaderos – Surco, 2018?</p>	<p>Determinar en cuanto disminuirá el número estructural requerido (SNR) con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>	<p>El espesor del número estructural requerido (SNR) disminuirá con la adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200 en comparación con la muestra de suelo natural, en Av. Ganaderos - Surco, 2018.</p>		<p>V2: Estabilizador químico MAXX-SEAL 200</p>	<p>D4: Dosificaciones del polímero</p>

Anexo 2. Fichas de Validación de Datos.

1. Experto A

FICHA DE VALIDACION DE DATOS

PROYECTO : "MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACION QUIMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 "

AUTOR : Godoy Moreyra, Smith Cesar

I. INFORMACION GENERAL										EXPERTO
UBICACION:										
DISTRITO :		SURCO		ALTITUD:		10.00 m				
PROVINCIA		LIMA		LATITUD:		12°12'23.5"S				
REGION		LIMA		LONGITUD:		76°59'25.4"W				
II. D1: Propiedades fisico - mecanicas de la subrasante										
Tipo de suelo			Granulometrias %			Contenido de humedad %			Límites de Atterberg	
III. D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)										
Ensayo de compactación - Proctor Modificado			CBR al 95% a 0.1"		CBR al 95% a 0.2"		CBR al 95% a 0.1"			CBR al 95% a 0.2"
IV. D3: Número estructural requerido (SNR)										
Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993										
V. D4: Dosificaciones del polímero										
6%			8%			10%				
APELLIDOS Y NOMBRES: AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLF O										
PROFESION: INGENIERO CIVIL										
REGISTRO CIP Nro: 4799										
EMAIL: gajbar@hotmail.com										
TELEFONO: 991220086										



2. Experto B

FICHA DE VALIDACION DE DATOS

PROYECTO : "MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACION QUIMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 "

AUTOR : Godoy Moreyra, Smith Cesar

I. INFORMACION GENERAL				EXPERTO
UBICACION:				1
DISTRITO :	SURCO	ALTITUD:	10.00 m	
PROVINCIA	LIMA	LATITUD:	12°12'23.5"S	
REGION	LIMA	LONGITUD:	76°59'25.4"W	1
D1: Propiedades fisico - mecanicas de la subrasante				
Tipo de suelo		Granulometrías %	Contenido de humedad %	1
Límites de Atterberg				
D2: Capacidad portante de la subrasante (CBR)				1
Ensayo de compactación - Proctor Modificado		CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"	CBR al 95% a 0.1" CBR al 95% a 0.2"	
D3: Número estructural requerido (SNR)				1
Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993				
D4: Dosificaciones del polímero				1
6%		8%	10%	
APELLIDOS Y NOMBRES:				1
PROFESION:				
REGISTRO CIP Nro:				
EMAIL:				
TELEFONO:				

Benedicte Romero Lenin Miguel
Ingeniero Civil
75361
lenibero@yahoo.es
964513084

DR. BENEDEJ ROMERO

Anexo 3. Informe de Laboratorio.

INFORME DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN: SURCO - LIMA

CLIENTE: GODOY MOREYRA SMITH CESAR

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422 / MTC E 107)

Objetivo: Determinar el tipo de suelo.

Finalidad: Obtener los porcentajes del suelo que han sido tamizados por las mallas correspondientes y finalmente graficar la curva granulométrica.

Equipos y Materiales:

- Balanza, con sensibilidad de 0.1 g
- Estufa
- Tamices
- Envases
- Cepillo y brocha

Procedimiento:

- Los sacos obtenidos de las calicatas se pesaron en una balanza con capacidad de 100 kg.
- Posteriormente las muestras se tamizaron por la malla N°4, ya que éste era un material fino, después se saca en un tarro una cantidad aproximada de 300g de suelo pasante la malla N°4 para luego poder ser clasificado según SUCS Y AASHTO.
- Las muestras obtenidas en tarro se secan en horno a temperaturas $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, posteriormente teniendo los datos se lava por la malla N° 200.
- Una vez lavada las muestras se procede a secar en el horno a temperaturas $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para luego poder tamizarlo.
- Finalmente se procede a tamizar (N°6, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100 y N°200; para así obtener el tipo de suelo.
- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

RESULTADOS:

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		% QUE PASA	DESCRIPCIÓN
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	N°200	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	OL	A-5 (8)	52.1	Limo Orgánico
C - 2	M - 1	0.00-1.50	OL	A-5 (7)	50.6	Limo Orgánico

2. CONSTANTE FÍSICA (ASTM D 4318 Y ASTM D 4318)

Procedimiento:

- Se coge la muestra secado al aire (material pasante la malla N°4).
- El material previamente secado se tamiza por la malla N°40 y se toma como muestra el material que pasa dicha malla.
- El material pasante se mezcla con agua en una cápsula hasta que tenga la consistencia de una pasta espesa y suave, se cubre con un papel húmedo y se deja reposar desde 1 a 24 horas (este procedimiento también se hizo para las dosificaciones de 6%,8% y 10% con aditivo Maxseal).

2.1 LÍMITE LÍQUIDO:

Objetivo: Obtener el contenido de humedad representado en porcentaje de acuerdo al suelo seco.

Finalidad: Determinar el contenido de humedad.

Equipos y Materiales e Insumos:

- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Casagrande y accesorios
- Recipiente
- Balanza de 0.01 g

- Estufa
- Espátula
- Agua destilada

Procedimiento:

- Se coge una porción del suelo y es colocado en la copa de Casagrande, éste se divide cortándolo por medio de un ranurador.
- posteriormente se registra el número de golpes, luego se toma una porción de la mezcla donde se unieron las dos mitades de la muestra.
- Finalmente se lleva al horno a temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2.2 LÍMITE PLÁSTICO:

Objetivo: Determinar el contenido de humedad representado en porcentaje; de acuerdo al suelo seco.

Finalidad: Determinar la plasticidad del suelo.

Equipos y Materiales e Insumos:

- Espátula
- Vasija de (4 ½" de diámetro)
- Balanza de 0.01 g
- Horno
- Malla N° 40
- Agua destilada
- Vidrios de reloj para determinar las humedades
- Vidrio grueso esmerilado

Procedimiento:

- Se coloca la muestra del suelo en una cápsula y se le agrega agua, mezclándolo hasta volverse lo suficientemente plástica hasta darle forma de una bola.
- Esta porción de bola se enrolla, colocándola entre los dedos de las manos y la placa de vidrio hasta formar una barrita uniforme en toda su longitud.
- Luego se pesa las barritas en una balanza con sensibilidad de 0.01 y finalmente se lleva al horno a temperaturas de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

RESULTADOS:

PROCEDENCIA			LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Calicata	Muestra	Dosificación	L. L. (%)	L. P. (%)	I. P. (%)
C - 1	M - 1	0%	46	43	3
		6%	44	40	4
		8%	43	37	6
		10%	41	33	8
C - 2	M - 1	0%	47	43	4
		6%	44	38	6
		8%	49	42	7
		10%	46	37	9

3. CONTENIDO DE HUMEDAD:

Objetivo: determinar el contenido de humedad de un suelo.

Finalidad: Determinar el porcentaje de agua que posee el suelo.

Equipos y Materiales:

- Horno
- Balanza de 0.01 g para muestras menores a 200 g y de 0.1 para muestras mayores a 200 g
- Recipientes
- Utensilios

Procedimiento:

- Se coge en un tarro una porción de la muestra pasante el tamiz N°4, luego se pesa para obtener un peso inicial; posteriormente se lleva al horno a temperaturas de 110°C ± 5°C, donde luego se pesa para obtener un peso final.

- Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

RESULTADOS:

PROCEDENCIA			CLASIFICACIÓN		C.H %
Calicata	Muestra	Prof. (m)	SUCS	VÍAS DE TRANSP.	
C - 1	M - 1	0.00-1.50	OL	A-5 (8)	85.2
C - 2	M - 1	0.00-1.50	OL	A-5 (7)	84.6

4. PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557 / MTC E 115)

Objetivo: Determinar el método de ensayo.

Finalidad: Obtener el (OCH) y (MDS).

Equipos y Materiales:

- Molde 4"
- Molde 6"
- Pisón
- Pisón manual
- Pisón mecánico circular
- Pisón mecánico
- Extractor de muestras
- Balanza, aproximación de 1 g
- Horno
- Regla metálica
- Tamiz N°6
- Herramientas (cucharas, badilejos, espátula, probetas, etc.)

Procedimiento:

- Se secó la muestra de suelo (pasante la malla N°4) al aire libre durante aproximadamente 24 horas antes del ensayo. Ya que el material representa el 100% fino; se tomó el método "A", luego se pesó la muestra obtenida (3kg).
- En una bandeja se basea los 3kg de suelo, añadiendo un porcentaje de agua necesaria y después se mezcla uniformemente.

- Se compactaron las muestras en molde de 4", en el número de capas de 5 y con 25 golpes uniformemente, tratando que cada una sea de igual espesor. Tanto las naturales como las dosificaciones de 6%, 8% y 10% con aditivo Maxseal.

- Luego de haber compactado, se saca el collarín y se enrrasa, finalmente se pesa el molde más material.

Contenido de humedad: Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

Densidad húmeda:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{m.d.})}{V}$$

Densidad seca:

$$\rho_d = \frac{P_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

RESULTADOS:

PROCEDENCIA			DOSIFICACIÓN	PROCTOR	
Calicata	Muestra	Prof. (m)		MDS	OCH
C - 1	M - 1	0.00-1.50	0%	1.433	27.5
			6%	1.148	40.6
			8%	1.204	34.6
			10%	1.197	35.1
C - 2	M - 1	0.00-1.50	0%	1.443	27.2
			6%	1.159	40.1
			8%	1.211	35.0
			10%	1.191	36.0

5. CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO CBR (ASTM D 1883 / MTC E 132)

Objetivo: Determinar la capacidad de soporte de un suelo.

Finalidad: Determinar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base.

Equipos y Materiales:

- Prensa, para la lectura de penetración.
- Molde de metal cilíndrico.
- Disco espaciador de metal de forma circular
- Pisón de compactación
- Aparato de medidor de expansión
- Pesas
- Pistón de penetración metálico
- Dos diales
- Tanque para fraguar los especímenes
- Estufa
- Balanzas, de 30 kg, de 1000 g
- Tamiz N° 06
- Misceláneos (cuarteador, cápsulas, probeta, badilejos, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.)

Procedimiento:

- Se elaboraron los especímenes de prueba de acuerdo a la Norma ASTM D-1557 y/o AASHTO T-180 en un cilindro de 6 pulg. de diámetro, previa preparación de la muestra de suelo.

- Se realizaron tres especímenes de prueba, con el contenido de humedad óptimo y dosificaciones de ceniza de cascarilla de arroz (4%, 7% y 10%), cada uno con diferente número de golpes por capa (12, 25, 56), para obtener diferentes pesos volumétricos, de tal manera que estos varíen unos puntos arriba y abajo del valor de densidad requerido.

- Se colocaron en las superficies libres del espécimen de suelo compactado, una cubierta de papel filtro con el fin de no permitir el escape de partículas de suelo a través de las placas perforadas ubicadas sobre las mismas.

- Sobre la superficie superior del espécimen, se colocaron sobrepesas en una cantidad no menor de 4.54 Kg. (10 lbs.) o una carga proporcional al peso del pavimento que sobre él actuará.
- Se sumergieron los moldes + suelo + pesas en agua de tal manera que esta tenga acceso libre por la parte superior e inferior de la muestra, debiendo mantenerse a nivel constante durante todo el período de saturación, establecido en 96 horas.
- Se cogieron al término del período de saturación la lectura final de deformación producida por el hinchamiento, expresándolo como un porcentaje de la altura inicial de la muestra. Posteriormente se saca la muestra en inmersión y se deja drenar por 15 minutos.
- Se prepararon las muestras para efectuar la penetración, quitando el papel filtro y volviendo a colocar las sobrepesas que se usaron durante el periodo de saturación.
- Se colocó una carga previa sobre el pistón de penetración para lograr que éste asiente perfectamente en la superficie de la muestra, que en ningún caso excederá las 10 libras. Luego se aplica la carga a una velocidad de 1.27 mm / min. ó 0.05 pulg. / min.
- Se registraron las lecturas de penetración y de carga a intervalos de deformación dados según norma ASTM D-1883: 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.250, 0.300, 0.400, 0.500 pulgadas, como se puede observar en los formatos en los resultados respectivamente para cada una de las muestras.
- Finalmente se construye la curva esfuerzo - penetración para cada espécimen, efectuando a la vez las correcciones que sean necesarias.

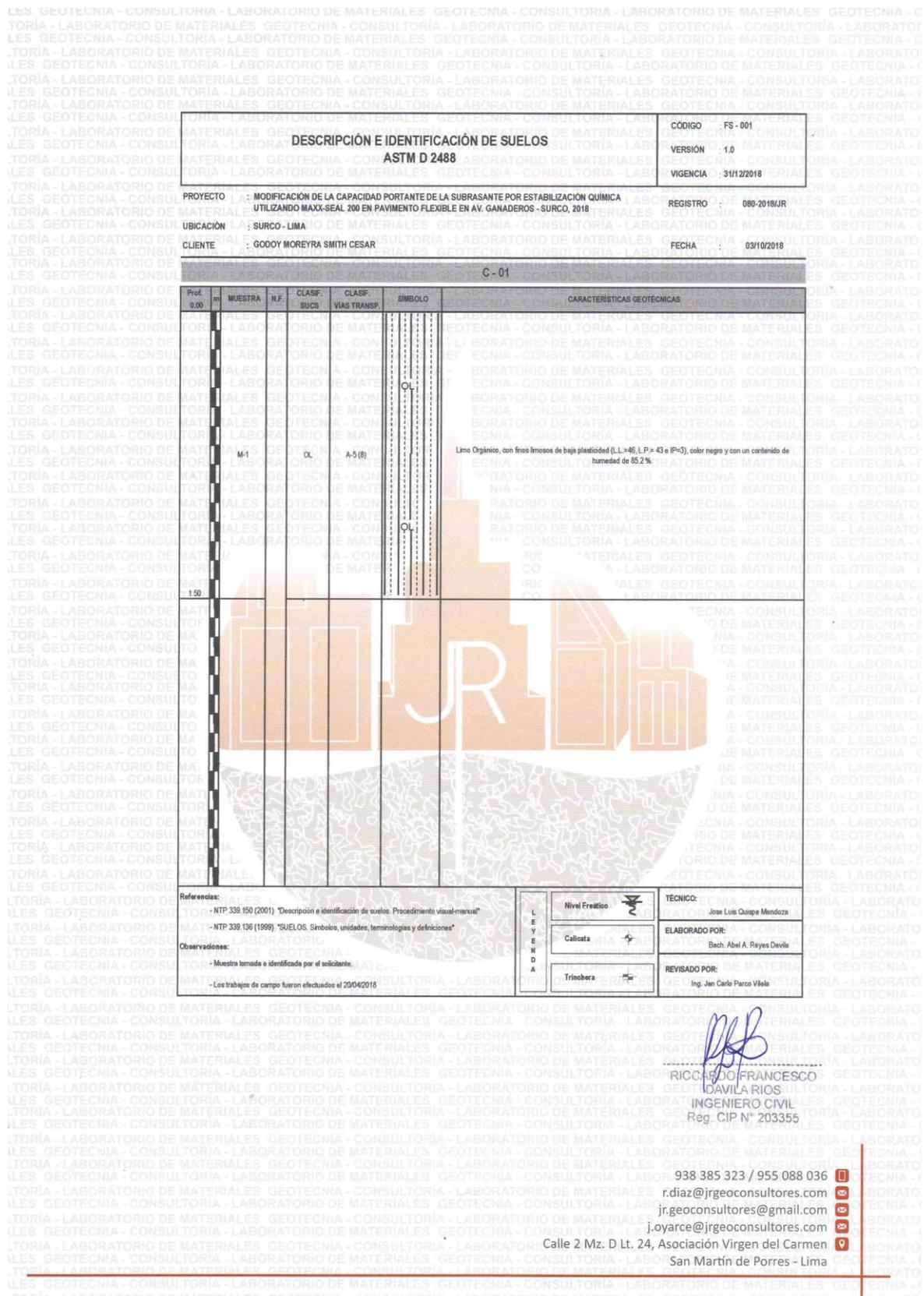
Cálculo de CBR:

$$\text{C.B.R.} = \frac{\text{Esfuerzo en el Suelo Ensayado}}{\text{Esfuerzo en el Suelo Patrón}}$$

RESULTADOS:

PROCEDENCIA			DOSIFICACIÓN	CBR			
Calicata	Muestra	Prof. (m)		a 2,5 mm		a 5,0 mm	
				100%	95%	100%	95%
C - 1	M - 1	0.00 - 1.50	0%	10.3	7.5	14.9	10.8
			6%	14.4	10.4	17.0	12.3
			8%	18.2	13.0	26.2	18.9
			10%	24.0	17.3	34.9	25.2
C - 2	M - 1	0.00 - 1.50	0%	10.9	7.8	15.6	11.3
			6%	13.8	10.0	16.3	11.8
			8%	17.6	12.7	25.4	18.3
			10%	24.7	17.8	35.9	25.9

Anexo 4. Perfil estratigráfico y ensayos realizados en la calicata C-1 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y ensayo de CBR).



MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO		CÓDIGO :	FC - 02
MTC E 107 - 2000 / NTP 339.128:1999		VERSIÓN :	1.0
ASTM D 422-63(2002) / AASHTO T - 88		VIGENCIA :	31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACION : SURCO - LIMA

REGISTRO : 080-2018/JR

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

FECHA : 03/10/2018

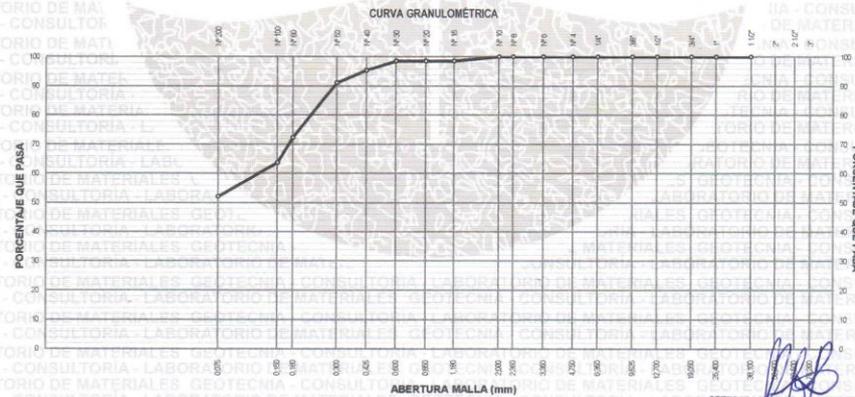
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACION : C-01 - M-01 / Prof: 0.00 m - 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				
N° 6	3.360				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				100.0
N° 16	1.180	1.1	1.5	1.5	98.5
N° 20	0.850	0.0	0.0	1.5	98.5
N° 30	0.600	0.0	0.0	1.5	98.5
N° 40	0.425	2.2	3.1	4.6	95.4
N° 50	0.300	3.1	4.3	8.9	91.1
N° 80	0.180	13.6	18.8	27.7	72.3
N° 100	0.150	6.2	8.6	36.3	63.7
N° 200	0.075	8.4	11.6	47.9	52.1
200	MTC E 137-2000	37.6	52.1	100.0	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
Muestra Seca Inicial	35,261.0 g 100.0 %
Material > 3"	...
Material Ret. 2"	...
Material Ret. 3/4"	...
Material Ret. 3/8"	...
Material Ret. N°4	...
Material < N°4	35,261.0 g 100.0 %
FRACCIÓN FINA (PASA N° 4)	
Peso seco antes del lavado + Tarro	120.5 g
Peso seco después del lavado + Tarro	82.9 g
Peso del Tarro	48.3 g
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS	
Tamaño Máximo (mm)	2.000
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	0.0
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	47.9
Porcentaje de Pas. N° 200 (%)	52.1
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Límite líquido (%)	46.0
Límite plástico (%)	43.0
Índice plástico (%)	3.0
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05 OL
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282 A-5 (6)
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SUCS	: Limo Orgánico
AASHTO	: Mako



OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

[Signature]
RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.yarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (L

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO MTC E 108 - 2000 / NTP 339.127:1998 ASTM D 2216-05 / ASHTO T - 265		CÓDIGO : FC-04 VERSIÓN : 1.0 VIGENCIA : 31/12/2018
--	--	---

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018	REGISTRO : 080-2018/JR
UBICACIÓN : SURCO - LIMA	FECHA : 03/10/2018
CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR	

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.
IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m
DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DENOMINACIÓN		CONTENIDO DE HUMEDAD
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	571.1
Peso cápsula + suelo seco	(g)	358.6
Peso del Agua	(g)	212.5
Peso de la cápsula	(g)	109.1
Peso del suelo seco	(g)	249.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	85.2

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.


RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS,
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
rdiaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.oyarce@jrgeoconsultores.com
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

MÉTODOS DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES MAS FINOS QUE EL DE 75 µm (Nº 200) MTC E 137 - 2000 / NTP 339.132:1999 ASTM D 1140:00 / AASHTO T - 11

CÓDIGO : FC - 03
 VERSIÓN : 1.0
 VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018
 UBICACIÓN : SURCO - LIMA REGISTRO : 080-2018/JR
 CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR FECHA : 03/10/2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
 PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.
 IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m
 DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DENOMINACIÓN		MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ Nº 200 (75 µm)	
Porcentaje de la Fracción Fina	(%)	100.0	
Peso suelo seco + cápsula - inicial	(g)	120.5	
Peso suelo seco + cápsula - final	(g)	82.9	
Peso del material pasante por la Malla Nº 200	(g)	37.6	
Peso de la cápsula	(g)	48.3	
Peso del suelo seco inicial	(g)	72.2	
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA Nº 200	(%)	52.1	

OBSERVACIONES : Muestra tomada e identificada por el solicitante.


 RICARDO FRANCESCO LAVILLA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 203355

938 385 323 / 955 088 036
 rdiaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS		CÓDIGO : FC-05
MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000		VERSIÓN : 1.0
NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05		VIGENCIA : 31/12/2018
AASHTO T-89 / AASHTO T-90		

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 **REGISTRO :** 080-2018/JR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA **FECHA :** 03/10/2018

CLIENTE : GODDY MOREYRA SMITH CESAR

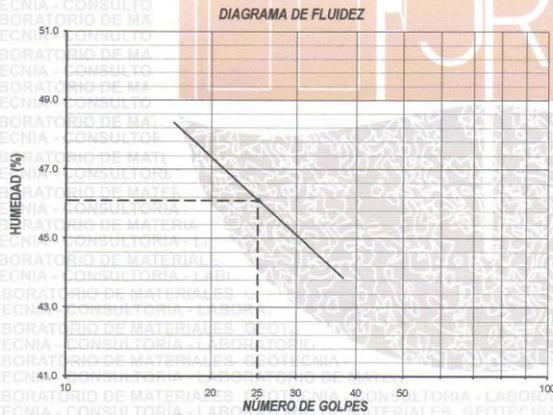
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	131	214	275	25	253	58
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	41.13	37.04	31.96	37.63	31.70	28.12
Peso cápsula + suelo seco (g)	33.89	31.2	26.83	31.11	27.85	24.70
Peso del Agua (g)	7.24	5.84	5.13	6.52	3.85	3.42
Peso de la cápsula (g)	18.69	18.6	15.51	16.48	18.95	16.69
Peso del suelo seco (g)	15.2	12.6	11.32	14.63	8.90	8.01
Contenido de humedad (%)	47.63	46.35	45.32	44.57	43.26	42.70
Número de golpes	19	24	29	33	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	46.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	43.0
IND. PLASTICIDAD (%)	3.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

RFR

RICARDO FRANCESCO DAVILARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS		CÓDIGO : FC - 05
MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000		VERSIÓN : 1.0
NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05		VIGENCIA : 31/10/2018
AASHTO T-89 / AASHTO T-90		

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 **REGISTRO :** 080-2018/JR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA **FECHA :** 03/10/2018

CLIENTE : GODDY MOREYRA SMITH CESAR

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

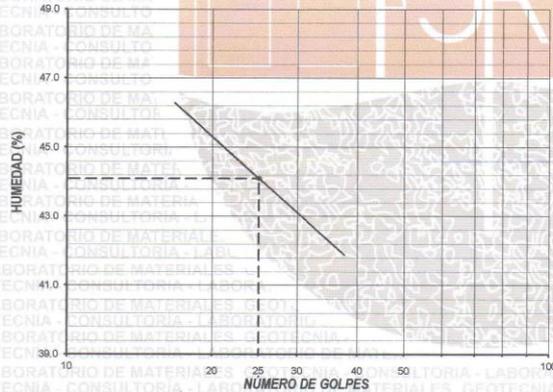
PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m (Material natural + 6% DE MAXXSEAL)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	47	97	35	27	257	212
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	37.29	31.79	38.84	39.02	32.50	31.02
Peso cápsula + suelo seco (g)	30.53	27.1	32.66	32.61	28.65	26.93
Peso del Agua (g)	6.76	4.69	6.18	6.41	3.85	4.09
Peso de la cápsula (g)	15.71	16.5	18.4	17.56	18.96	16.77
Peso del suelo seco (g)	14.82	10.6	14.26	15.05	9.69	10.16
Contenido de humedad (%)	45.61	44.25	43.34	42.59	39.73	40.26
Número de golpes	19	24	29	33	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	44.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	40.0
IND. PLASTICIDAD (%)	4.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

[Firma]
RICCARDO FRANCESCO DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05 AASHTO T-89 / AASHTO T-90		CÓDIGO : FC - 05
		VERSIÓN : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN : SURCO - LIMA

REGISTRO : 080-2018/JR

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

FECHA : 03/10/2018

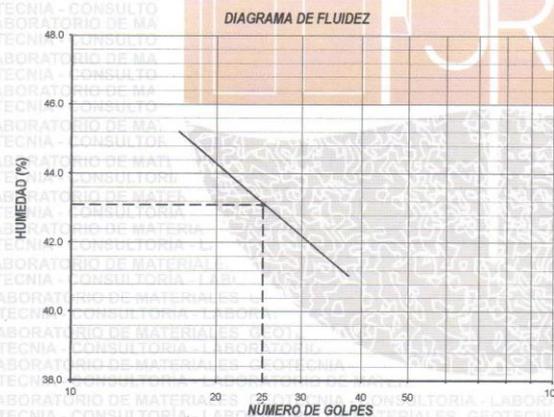
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-01 - M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m (Material natural + 8% DE MAXXSEAL)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	181	37	148	2	165	108
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	34.63	38.7	37.05	30.11	28.76	32.52
Peso cápsula + suelo seco (g)	29.78	32.18	31.42	25.8	25.60	28.31
Peso del Agua (g)	4.85	6.52	5.63	4.31	3.16	4.21
Peso de la cápsula (g)	18.9	17.12	18.14	15.47	17.13	16.85
Peso del suelo seco (g)	10.88	15.06	13.28	10.33	8.47	11.46
Contenido de humedad (%)	44.58	43.29	42.39	41.72	37.31	36.74
Número de golpes	19	24	29	33	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	43.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	37.0
IND. PLASTICIDAD (%)	6.0

OBSERVACIONES:
 - Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPLUNTO".
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

[Signature]
 RICCARDO FRANCESCO
 NAVILARIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1883 - MTC E 132		CÓDIGO : FS - 007
		VERSION : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN : SURCO - LIMA

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN : C-01: M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m **CLASF. (SUCS) :** OL
Material Natural + 6% Maxxseal 200 **CLASF. (AASHTO) :** A-5 (8)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

Molde N°	15		2		16	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7962.51		7575.22		7617.24	
Peso de molde (g)	4530.00		4224.00		4549.00	
Peso del suelo húmedo (g)	3432.31		3351.22		3068.24	
Volumen del molde (cm ³)	2132.99		2186.71		2118.45	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.609		1.533		1.448	
Tara (N°)	144		23		166	
Peso suelo húmedo + tara (g)	274.80		276.30		260.30	
Peso suelo seco + tara (g)	210.30		212.60		199.70	
Peso de tara (g)	51.20		56.20		49.50	
Peso de agua (g)	64.30		63.70		60.80	
Peso de suelo seco (g)	159.10		156.40		150.20	
Contenido de humedad (%)	40.4		40.7		40.5	
Densidad seca (g/cm ³)	1.146		1.089		1.031	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/10/2018	08:30	0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	
07/10/2018	08:36	24	19.0	0.483	0.42	22.0	0.559	0.48	25.0	0.835	0.55
08/10/2018	08:42	48	23.0	0.584	0.50	27.0	0.686	0.59	31.0	0.787	0.68
09/10/2018	08:48	72	28.0	0.711	0.61	30.0	0.762	0.65	34.0	0.864	0.74
10/10/2018	08:54	96	30.0	0.762	0.66	33.0	0.838	0.72	36.0	0.914	0.79

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 15				MOLDE N° 2				MOLDE N° 16			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		52.2	55.3			37.4	40.6			26.9	30.1		
1.270		105.1	108.0			75.6	78.6			54.2	57.3		
1.905		169.3	159.1			113.0	115.9			79.8	82.6		
2.540	70.5	202.0	204.6	204.6	14.4	145.4	148.2	148.6	10.4	104.3	107.2	107.4	7.6
3.810		285.6	287.9			206.2	208.8			148.6	151.4		
5.080	105.7	361.1	363.2	362.6	17.0	259.9	262.3	262.1	12.3	188.5	189.1	189.1	8.9
6.350		422.0	423.8			305.8	306.1			216.0	220.5		
7.620		470.2	471.9			336.3	340.4			242.8	245.3		
10.160		529.0	530.5			380.8	382.8			273.3	275.7		

REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES : - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.


**RICCARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355**

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

938 385 323 / 955 088 036
r.diaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.yarce@jrgeoconsultores.com
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima



LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
 ASTM D 1883 - MTC E 132

CÓDIGO : FS - 007
 VERSIÓN : 1.0
 VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV.
 GANADEROS - SURCO, 2018
 UBICACIÓN : SURCO - LIMA
 CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR
 IDENTIFICACIÓN : C-01 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m CLASF. (SUCS) : OL
 Material Natural + 8% Maxxeal 200 CLASF. (AASHTO) : A-5 (8)
 DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

	24		3		11	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7594.00		7532.00		7615.00	
Peso de molde (g)	4169.00		4175.00		4482.00	
Peso del suelo húmedo (g)	3425.00		3357.00		3133.00	
Volumen del molde (cm³)	2123.97		2180.71		2153.05	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.613		1.539		1.458	
Tara (N°)	26		205		179	
Peso suelo húmedo + tara (g)	257.20		235.60		247.70	
Peso suelo seco + tara (g)	203.10		189.30		196.70	
Peso de tara (g)	45.30		56.20		48.80	
Peso de agua (g)	54.10		46.30		51.00	
Peso de suelo seco (g)	157.80		133.10		147.90	
Contenido de humedad (%)	34.3		34.6		34.5	
Densidad seca (g/cm³)	1.201		1.142		1.082	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/10/2018	09:00	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
07/10/2018	09:06	24	11.0	0.279	0.24	20.0	0.508	0.44	32.0	0.813	0.70
08/10/2018	09:12	48	17.0	0.432	0.37	25.0	0.635	0.55	40.0	1.016	0.88
09/10/2018	09:18	72	21.0	0.533	0.46	31.0	0.787	0.68	45.0	1.143	0.99
10/10/2018	09:24	96	26.0	0.660	0.57	35.0	0.889	0.77	52.0	1.321	1.14

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 24						MOLDE N° 3						MOLDE N° 11					
		CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	CARGA		CORRECCION			
		kg	%	kg	%			kg	%	kg	%								
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0								
0.635		57.8	60.9			38.2	41.4			30.0	33.2								
1.270		117.0	119.9			84.2	87.2			60.4	63.5								
1.905		192.1	194.7			132.6	135.4			99.2	99.2								
2.540	70.5	252.2	254.6	258.3	18.2	191.4	184.1	184.9	13.0	130.2	133.0	134.5	9.5						
3.810		403.0	404.9			290.1	292.4			208.2	210.8								
5.080	105.7	557.6	559.0	560.0	26.2	396.6	400.5	402.9	18.9	289.6	291.9	291.7	13.7						
6.350		705.1	706.0			507.5	509.1			366.2	368.2								
7.620		841.3	841.7			605.3	605.5			435.2	437.0								
10.160		1025.0	1024.8			737.9	738.7			529.5	531.0								

REFERENCIA :
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.


 RICCARDO FRANCESCO
 CAVALLA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999
MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180

CÓDIGO : FS - 006

VERSIÓN : 1.0

VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN : SURCO - LIMA

CLIENTE : GODOT MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN : C-01 / M-01 / Prof. 0.00 m - 1.50 m

CLASF. (SUCS) : OL

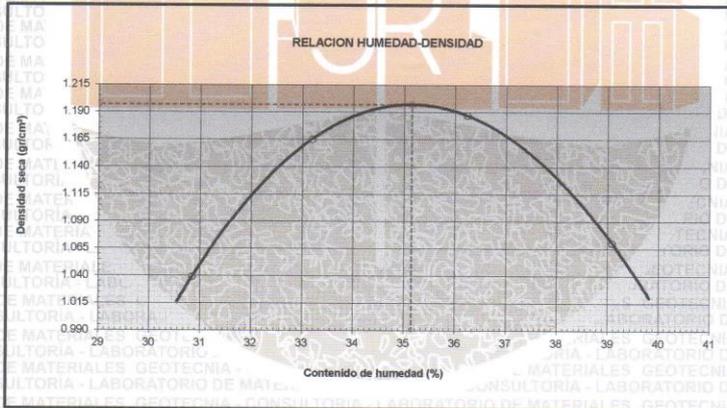
Material Natural + 10% Maxxseal 200

CLASF. (AASHTO) : A-5 (8)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

Metodo A

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	3242.00	3425.00	3487.00	3385.00	
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1293.00	1476.00	1538.00	1416.00	
Volumen del molde	cm ³	951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.360	1.552	1.617	1.489	
Recipiente N°		216	138	174	184	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	188.50	171.90	187.20	210.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	156.70	140.70	151.00	165.00	
Tara	gr	53.60	46.70	51.10	48.60	
Peso de agua	gr	31.80	31.20	36.20	45.50	
Peso del suelo seco	gr	103.10	94.00	99.90	116.40	
Contenido de agua	%	30.84	33.19	36.24	39.09	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.039	1.165	1.187	1.071	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.197
Humedad óptima (%)						35.1



REFERENCIA

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/m² (2700 kN-m/m²)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal del Solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

[Firma]
RICARDO FRANCESCO
CAYLA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr.geoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. ASTM D 1883 - MTC E 132		CÓDIGO : FS - 007
		VERSION : 1.0
		VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO :	MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018
UBICACIÓN :	SURCO - LIMA
CLIENTE :	GODOY MOREYRA SMITH CESAR
IDENTIFICACIÓN :	C-01 : M-01 / Prof. 0.00 m - 1.50 m
	Material Natural + 10% Mexseal 200
DESCRIPCIÓN :	Limo Orgánico
	CLASF. (SUCS) : OL
	CLASF. (AASHTO) : A-5 (8)

Molde N°	4		8		16	
	5	66	5	25	5	12
Capas N°						
Golpes por capa N°						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7657.00		7554.00		7625.00	
Peso de molde (g)	4129.00		4165.00		4549.00	
Peso del suelo húmedo (g)	3528.00		3389.00		3076.00	
Volumen del molde (cm³)	2188.71		2194.71		2118.45	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.612		1.535		1.452	
Tara (N°)	256		241		158	
Peso suelo húmedo + tara (g)	250.20		251.10		256.20	
Peso suelo seco + tara (g)	205.20		199.90		201.20	
Peso de tara (g)	47.50		55.20		44.90	
Peso de agua (g)	55.00		51.20		55.00	
Peso de suelo seco (g)	157.70		144.70		156.30	
Contenido de humedad (%)	34.9		35.4		35.2	
Densidad seca (g/cm³)	1.195		1.134		1.074	

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
				06/10/2018	09:30		0	0.0		0.000	0.0
07/10/2018	09:36	24	39.0	0.991	0.85	46.0	1.168	1.01	53.0	1.346	1.16
08/10/2018	09:42	48	41.0	1.041	0.90	54.0	1.372	1.18	62.0	1.575	1.36
09/10/2018	09:48	72	49.0	1.219	1.05	60.0	1.524	1.31	75.0	1.905	1.64
10/10/2018	09:54	96	57.0	1.448	1.25	68.0	1.727	1.49	81.0	2.057	1.77

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 4				MOLDE N° 8				MOLDE N° 16			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		77.2	80.2			54.2	57.3			39.8	42.9		
1.270		156.4	158.9			112.3	115.2			78.6	81.6		
1.905		245.9	247.7			178.4	179.1			128.6	129.5		
2.540	70.5	337.0	339.1	340.8	24.0	242.6	245.1	246.1	17.3	177.6	180.5	179.2	12.6
3.810		538.1	539.6			397.9	399.3			279.5	281.8		
5.080	105.7	742.0	742.8	744.7	34.9	534.1	535.6	537.1	25.2	388.3	388.3	387.9	18.2
6.350		942.1	942.2			678.1	679.1			486.6	488.2		
7.620		1122.1	1121.6			807.7	808.2			578.6	580.9		
10.160		1370.4	1369.0			986.2	986.1			707.7	708.6		

REFERENCIA :
 ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :
 - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.


**RICCARDO FRANCESCO
 DAVILA RIOS**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.yarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

Anexo 5. Perfil estratigráfico y ensayos realizados en la calicata C-2 (Granulometría por tamizado, Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y ensayo de CBR).

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS						CÓDIGO	FS-001
ASTM D 2488						VERSION	1.0
						VIGENCIA	31/12/2018
PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018						REGISTRO: 080-2018/JR	
UBICACIÓN: SURCO - LIMA						FECHA: 03/10/2018	
CLIENTE: GODOY MOREYRA SMITH CESAR							
C - 02							
Prof. (m)	MUESTRA	N.F.	CLASIF. SUCS	CLASIF. VÍAS TRANSP.	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS	
0.00	M-1	OL	A-5 (6)		OL	Limo Orgánico, con finos limosos de baja plasticidad (LL=46, LP= 43 e IP=3), color negro y con un contenido de humedad de 85.2%.	
1.50					OL		
Referencias: NTP 338.150 (2001) "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual" NTP 338.156 (1999) "SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones"						TÉCNICO: José Luis Quijpe Mendoza	
Observaciones: - Muestra tomada e identificada por el solicitante. - Los trabajos de campo fueron efectuados el 20/04/2018						ELABORADO POR: Beth Abel A. Reyes Devila	
						REVISADO POR: Ing. Jan Carlo Parco Vilela	
						RICARDO FRANCESCO VAVILARIOS INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 203355	
						938 385 323 / 955 088 036 r.diaz@jrgeoconsultores.com jr.geoconsultores@gmail.com j.oyarce@jrgeoconsultores.com Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen San Martín de Porres - Lima	

LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 .TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - (

MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		CÓDIGO : FC - 02
DE SUELOS POR TAMIZADO		VERSIÓN : 1.0
MTC E 107 - 2000 / NTP 339.128:1999		VIACIÓ : 31/12/2018
ASTM D 422-63(2002) / AASHTO T - 88		

PROYECTO : MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACION QUIMICA UTILIZANDO MAXI-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACION : SURCO - LIMA **REGISTRO** : 080-2018/JUR

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR **FECHA** : 03/10/2018

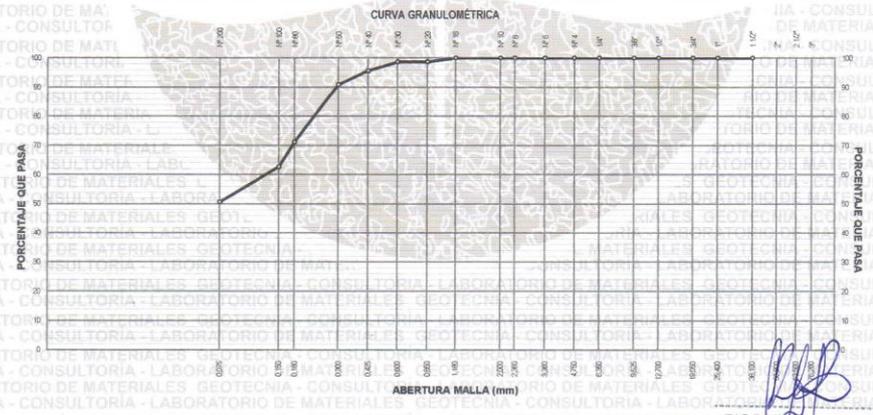
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACION : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACION : C-02 / Prof: 0.00 m - 1.50 m

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				
N° 6	3.360				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N° 16	1.180				100.0
N° 20	0.850	1.1	1.3	1.3	98.7
N° 30	0.600	0.0	0.0	1.3	98.7
N° 40	0.425	2.6	3.1	4.4	95.6
N° 50	0.300	3.9	4.7	9.1	90.9
N° 80	0.180	16.4	19.7	26.8	71.2
N° 100	0.150	7.1	8.5	37.3	62.7
N° 200	0.075	10.1	12.1	49.4	50.6
N° 200	MTC E 137-2000	42.2	50.6	100.0	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
Muestra Seca Inicial	25,361.0 g
Material > 3"	100.0 %
Material Ret. 2"	
Material Ret. 3/4"	
Material Ret. 3/8"	
Material Ret. N° 4	
Material < N° 4	25,361.0 g
	100.0 %
FRACCIÓN FINA (PASA N° 4)	
Peso seco antes del lavado + Tarro	132.1 g
Peso seco después del lavado + Tarro	89.9 g
Peso del Tarro	48.8 g
FRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS	
Tamaño Máximo (mm)	1.180
Porcentaje de Grava 3" > N° 4 (%)	49.4
Porcentaje de Arena N° 200 < N° 4 (%)	50.6
Porcentaje de Pas. N° 200 (%)	50.6
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Limite líquido (%)	47.0
Limite plástico (%)	43.0
Índice plástico (%)	4.0
Clasificación SUCS	ASTM D 2487-05 OL
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282 A-5 (7)
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SUCS	: Limo Orgánico
AASHTO	: Melo



OBSERVACIONES: Muestra tomada e identificada por el solicitante.

RICCARDO FRANCESCO DAVILARIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS MATERIALES MAS FINOS QUE EL DE 75 µm (N° 200) MTC E 137 - 2000 / NTP 339.132:1999 ASTM D 1140:00 / AASHTO T - 11	CÓDIGO : FC - 03
	VERSIÓN : 1.0
	VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS -SURCO, 2018	REGISTRO : 080-2018/JR
UBICACIÓN : SURCO - LIMA	FECHA : 03/10/2018
CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR	

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

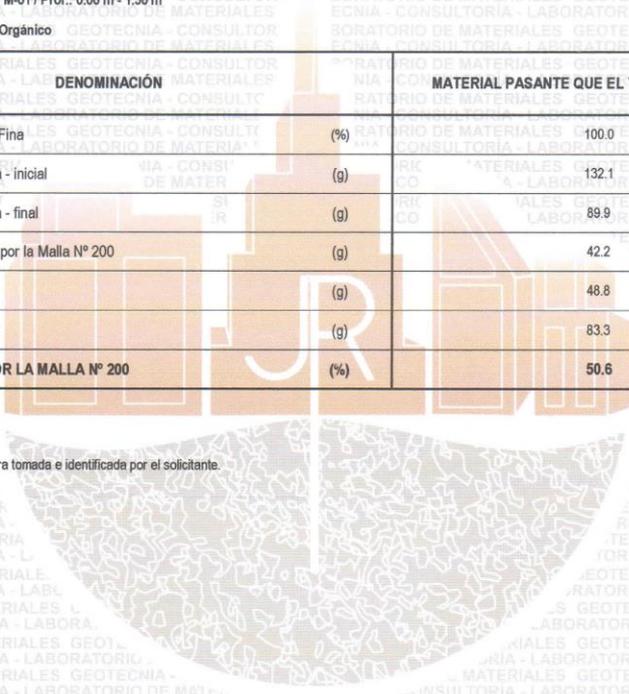
IDENTIFICACIÓN : C-02 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Porcentaje de la Fracción Fina (%)	100.0
Peso suelo seco + cápsula - inicial (g)	132.1
Peso suelo seco + cápsula - final (g)	89.9
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	42.2
Peso de la cápsula (g)	48.8
Peso del suelo seco inicial (g)	83.3
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 (%)	50.6

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.



[Signature]
**RICCARDO FRANCESCO
 DAVILA RIOS**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 rdiaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

ILES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO
 LES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - C
 TORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATO

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05 AASHTO T-99 / AASHTO T-90	CÓDIGO : FC-05 VERSIÓN : 1.0 VIGENCIA : 31/12/2018
---	---

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

REGISTRO : 080-2018/JR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA

FECHA : 03/10/2018

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

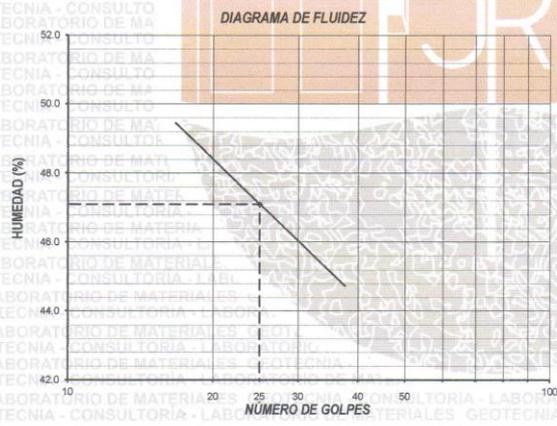
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-02: M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	1	2	3	4	1	2
Cápsula N°	152	97	101	147	76	250
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	37.1	36.4	34.15	35.5	31.85	31.20
Peso cápsula + suelo seco (g)	30.8	30.01	27.98	29.03	27.46	27.02
Peso del Agua (g)	6.3	6.39	6.17	6.47	4.39	4.18
Peso de la cápsula (g)	17.87	16.5	14.64	14.81	17.35	17.20
Peso del suelo seco (g)	12.93	13.51	13.34	14.22	10.11	9.82
Contenido de humedad (%)	48.72	47.30	46.25	45.50	43.42	42.57
Número de golpes	19	24	29	33	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	47.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	43.0
IND. PLASTICIDAD (%)	4.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05 AASHTO T-89 / AASHTO T-90		CÓDIGO : FC-05 VERSION : 1.0 VIGENCIA : 31/12/2018
---	--	---

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 **REGISTRO :** 080-2018/JR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA **FECHA :** 03/10/2018

CLIENTE : GODDY MOREYRA SMITH CESAR

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

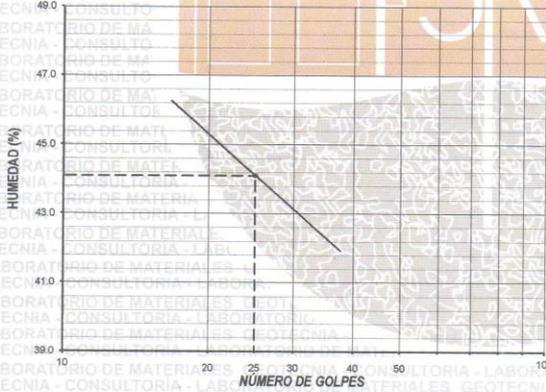
PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-02 ; M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m (Material natural + 6% DE MAXXSEAL)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	1	2	3	4	1	2
Cápsula N°	129	303	149	96	61	39
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	37	39.85	36.94	33.54	26.88	33.18
Peso cápsula + suelo seco (g)	31.25	33.41	31.29	29	23.68	29.28
Peso del Agua (g)	5.75	6.44	5.65	4.54	3.20	3.90
Peso de la cápsula (g)	18.63	18.89	18.24	18.35	15.34	18.91
Peso del suelo seco (g)	12.62	14.52	13.05	10.65	8.34	10.37
Contenido de humedad (%)	45.56	44.35	43.30	42.63	38.37	37.61
Número de golpes	19	24	29	33	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	44.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	38.0
IND. PLASTICIDAD (%)	6.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

RICARDO FRANCESCO DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jr.geoconsultores@gmail.com

j.yarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110 - 2000 / MTC E 111 - 2000 NTP 339.129:1999 / ASTM D 4318-05 AASHTO T-89 / AASHTO T-90		CÓDIGO : FC - 05 VERSIÓN : 1.0 VIGENCIA : 31/12/2018
---	--	---

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018 **REGISTRO :** 080-2018/JR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA **FECHA :** 03/10/2018

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

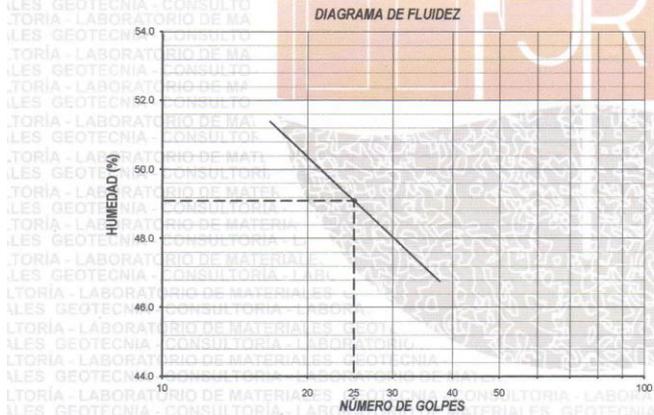
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-02 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m (Material natural + 8% DE MAXXSEAL)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	32	262	108	139	136	204
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	39.02	36.19	39.05	40.06	29.48	32.02
Peso cápsula + suelo seco (g)	31.9	30.19	31.82	32.86	25.57	27.78
Peso del Agua (g)	7.12	6	7.23	7.2	3.91	4.24
Peso de la cápsula (g)	17.85	18.01	16.85	17.7	16.27	17.66
Peso del suelo seco (g)	14.05	12.18	14.97	15.16	9.30	10.12
Contenido de humedad (%)	50.68	49.26	48.30	47.49	42.04	41.90
Número de golpes	19	24	29	33	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	49.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	42.0
IND. PLASTICIDAD (%)	7.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

[Firma]
RICCARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
 rdiaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.yarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS

CÓDIGO : FC - 05
VERSIÓN : 1.0
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018
REGISTRO : 080-2018/JUR

UBICACIÓN : SURCO - LIMA
FECHA : 03/10/2018

CLIENTE : GODDY MOREYRA SMITH CESAR

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

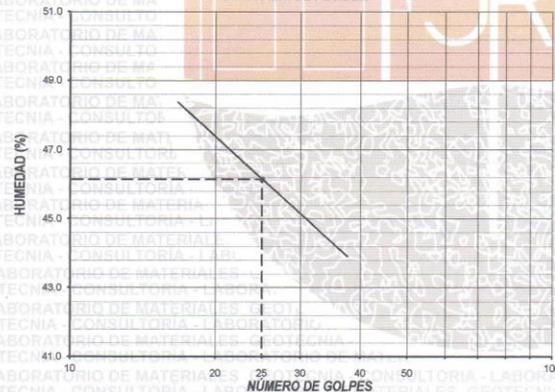
PRESENTACIÓN : 01 Saco de polipropileno.

IDENTIFICACIÓN : C-02 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m (Material natural + 10% DE MAXXSEAL)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	157	2	179	33	115	75
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	32.67	31.76	34.16	33.94	31.19	25.70
Peso cápsula + suelo seco (g)	27.55	26.6	28.37	28.91	27.51	22.65
Peso del Agua (g)	5.12	5.16	5.79	5.03	3.68	3.05
Peso de la cápsula (g)	16.81	15.47	15.6	17.64	17.46	14.48
Peso del suelo seco (g)	10.74	11.13	12.77	11.27	10.05	8.17
Contenido de humedad (%)	47.67	46.36	45.34	44.63	36.62	37.33
Número de golpes	19	24	29	33	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	46.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	37.0
IND. PLASTICIDAD (%)	9.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.


RICARDO FRANCESCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036
r.diaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.oyarce@jrgeoconsultores.com
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999
MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180

CÓDIGO : FS-006
VERSION : 1.0
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACION QUIMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GAMADEROS - SURCO, 2018

UBICACION : SURCO - LIMA

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACION : C-02 - M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m

CLASF.(SUCS) : OL

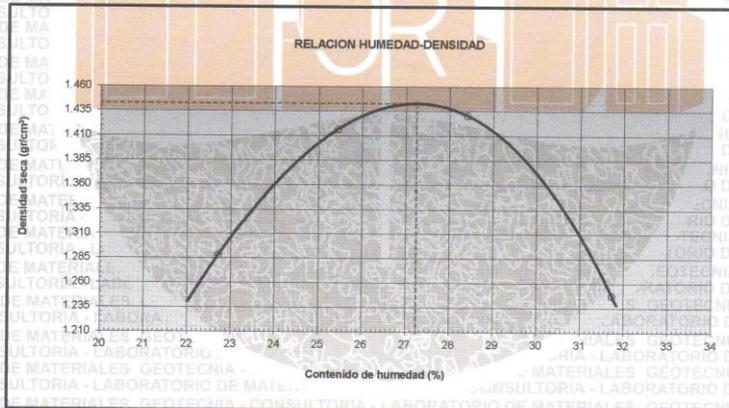
Material Natural

CLASF.(AASHTO) : A-5 (7)

DESCRIPCION : Limo Organico

Metodo A

Numero de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	3452.00	3639.00	3696.00	3512.00	3512.00
Peso molde	gr	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00	1949.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1503.00	1690.00	1747.00	1563.00	1563.00
Volumen del molde	cm ³	951.00	951.00	951.00	951.00	951.00
Peso volumétrico húmedo	gr	1.580	1.777	1.837	1.644	1.644
Recipiente N°		63	47	77	89	89
Peso del suelo húmedo + tara	gr	252.10	242.90	241.60	181.90	181.90
Peso del suelo seco + tara	gr	215.30	203.20	198.60	151.50	151.50
Tara	gr	53.30	47.20	47.20	55.70	55.70
Peso de agua	gr	36.80	39.70	43.00	30.40	30.40
Peso del suelo seco	gr	162.00	156.00	151.40	95.80	95.80
Contenido de agua	%	22.72	25.45	28.40	31.73	31.73
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.288	1.417	1.431	1.248	1.248
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.443
Humedad óptima (%)						27.2



REFERENCIA

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lb/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal del Solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

RFB
RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jrgeoconsultores@gmail.com

j.yarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
ASTM D 1883 - MTC E 132

CÓDIGO : FS - 007
VERSIÓN : 1.0
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018
UBICACIÓN : SURCO - LIMA
CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN : C-02 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m **CLASIF. (SUCS) :** OL
Material Natural + 6% Maxxseal 200 **CLASIF. (ASHTO) :** A-5 (7)
DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

	4		14		20	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7682.06		7818.00		8112.00	
Peso de molde (g)	4129.00		4533.00		4993.00	
Peso del suelo húmedo (g)	3553.00		3285.00		3119.00	
Volumen del molde (cm³)	2188.71		2133.49		2134.00	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.623		1.540		1.462	
Tara (Nº)	122		145		164	
Peso suelo húmedo + tara (g)	279.80		267.60		268.30	
Peso suelo seco + tara (g)	216.30		204.20		208.70	
Peso de tara (g)	58.80		46.80		61.10	
Peso de agua (g)	63.50		63.40		59.60	
Peso de suelo seco (g)	157.50		158.60		147.60	
Contenido de humedad (%)	40.3		40.0		40.4	
Densidad seca (g/cm³)	1.157		1.100		1.041	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/10/2018	09:15	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
12/10/2018	09:21	24	20.0	0.508	0.44	24.0	0.610	0.53	28.0	0.711	0.61
13/10/2018	09:27	48	24.0	0.610	0.53	28.0	0.711	0.61	30.0	0.762	0.66
14/10/2018	09:33	72	26.0	0.660	0.57	29.0	0.737	0.64	32.0	0.813	0.70
15/10/2018	09:39	96	28.0	0.711	0.61	31.0	0.787	0.68	34.0	0.864	0.74

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 14				MOLDE Nº 20			
		CARGA kg	CORRECCION kg	%		CARGA kg	CORRECCION kg	%		CARGA kg	CORRECCION kg	%	
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		50.0	53.1			36.0	39.2			25.8	29.0		
1.270		101.2	104.1			72.7	75.7			52.2	55.3		
1.905		150.1	152.9			108.0	110.9			77.5	80.5		
2.540	70.5	194.0	196.6	196.6	13.8	139.7	142.5	142.5	10.0	100.2	103.1	103.2	
3.810		274.3	278.7			197.2	199.8			141.5	144.3		
5.080	105.7	346.2	348.3	347.9	16.3	249.1	251.5	251.3	11.8	178.7	181.4	181.3	
6.350		404.0	405.9			290.8	293.1			208.7	211.3		
7.620		451.1	452.8			324.7	326.9			233.0	235.5		
10.160		507.0	508.6			365.0	367.0			261.9	264.3		

REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/m³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES : - Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeoconsultores.com
 jrgeoconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeoconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557-02 / NTP 339.141:1999
MTC E 115 - 2000 / AASHTO T-180

CÓDIGO: FS - 006

VERSIÓN: 1.0

VIGENCIA: 31/12/2018

PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN: SURCO - LIMA

CLIENTE: GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN: C-02 / M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m
Material Natural + 8% Maxxseal 200

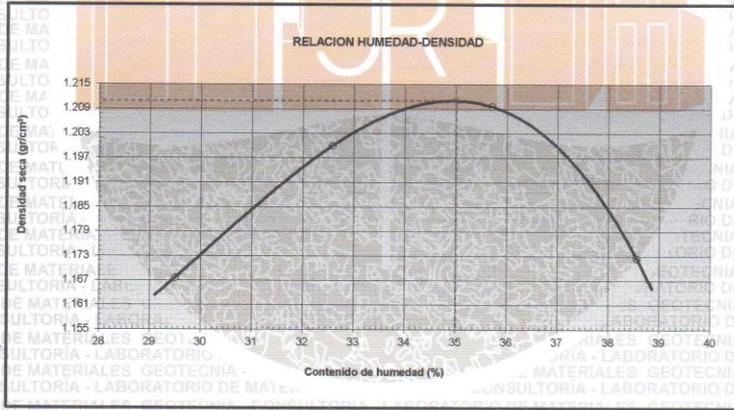
CLASF. (SUCS): OL
CLASF. (AASHTO): A-5 (7)

DESCRIPCIÓN: Limo Orgánico

Metodo A

Numero de Ensayo	1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr 3387.00	3462.00	3510.00	3494.00	
Peso molde	gr 1949.00	1943.00	1949.00	1949.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr 1438.00	1513.00	1561.00	1545.00	
Volumen del molde	cm ³ 951.00	951.00	951.00	951.00	
Peso volumétrico húmedo	gr 1.512	1.591	1.641	1.625	
Recipiente N°	158	55	47	162	
Peso del suelo húmedo + tara	gr 208.50	203.10	185.50	201.40	
Peso del suelo seco + tara	gr 171.30	165.30	149.90	162.80	
Tara	gr 45.20	49.30	50.20	62.70	
Peso de agua	gr 37.20	37.80	35.60	38.60	
Peso del suelo seco	gr 126.10	116.00	99.70	100.10	
Contenido de agua	% 29.50	32.59	35.71	38.56	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³ 1.168	1.200	1.210	1.172	

Densidad máxima (gr/cm³): 1.211
Humedad óptima (%): 35.0



REFERENCIA

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES

- Muestra tomada e identificada por personal del Solicitante.
El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

RICCARDO FRANCESCO
INGENIERO CIVIL S.
Reg. CIP N° 203355

938 385 323 / 955 088 036

r.diaz@jrgeoconsultores.com

jrgeoconsultores@gmail.com

j.oyarce@jrgeoconsultores.com

Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
ASTM D 1883 - MTC E 132

CÓDIGO :	FS - 007
VERSIÓN :	1.0
VIGENCIA :	31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACIÓN : SURCO - LIMA

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN : C-02 : M-01 / Prof. 0.00 m - 1.50 m **CLASF. (SUCS) :** OL
Material Natural + 8% Maxxseal 200 **CLASF. (AASHTO) :** A-5 (7)

DESCRIPCIÓN : Limo Orgánico

	5	19	26
Molde N°	5	19	26
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	66	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7732.00	8263.00	8202.00
Peso de molde (g)	4160.00	5015.00	5093.00
Peso del suelo húmedo (g)	3572.00	3267.00	3109.00
Volumen del molde (cm³)	2181.71	2109.42	2114.94
Densidad húmeda (g/cm³)	1.637	1.548	1.470
Tara (N°)	202	178	166
Peso suelo húmedo + tara (g)	259.80	238.70	222.20
Peso suelo seco + tara (g)	209.30	189.40	179.60
Peso de tara (g)	66.30	48.20	56.20
Peso de agua (g)	50.50	49.30	42.60
Peso de suelo seco (g)	143.00	141.20	121.40
Contenido de humedad (%)	35.3	34.9	35.1
Densidad seca (g/cm³)	1.210	1.148	1.088

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/10/2018	09:30	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
12/10/2018	09:36	24	15.0	0.381	0.33	24.0	0.610	0.53	37.0	0.940	0.81
13/10/2018	09:42	48	19.0	0.483	0.42	28.0	0.711	0.61	45.0	1.143	0.99
14/10/2018	09:48	72	24.0	0.610	0.53	33.0	0.838	0.72	48.0	1.219	1.05
15/10/2018	09:54	96	29.0	0.737	0.64	39.0	0.991	0.85	56.0	1.397	1.20

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 5				MOLDE N° 19				MOLDE N° 26			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0		
0.635		56.0	59.1			40.9	43.4			28.9	32.1		
1.270		113.1	116.0			81.3	84.3			56.4	61.5		
1.905		189.0	188.7			133.9	136.7			96.1	99.1		
2.540	70.5	244.2	246.7	250.1	17.6	175.6	178.3	180.9	12.7	126.0	128.9	130.9	9.2
3.810		360.2	392.2			290.7	283.0			201.6	204.1		
5.080	105.7	639.1	540.6	542.0	25.4	386.0	390.0	391.0	18.3	278.4	280.7	281.6	13.2
6.350		862.0	683.0			450.0	492.5			352.3	364.4		
7.620		814.3	814.8			586.0	587.3			420.5	422.4		
10.160		991.0	990.9			713.4	714.3			511.9	513.4		

REFERENCIA : ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
 ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES : Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.
 El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

[Firma]
**FRANCESCO
 OAVILA RIOS
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 203355**

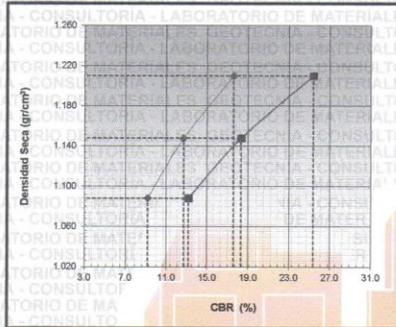
938 385 323 / 955 088 036
 r.diaz@jrgeconsultores.com
 jr.geconsultores@gmail.com
 j.oyarce@jrgeconsultores.com
 Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
 San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
ASTM D 1883 - MTC E 132**

CÓDIGO : FS - 007
VERSIÓN : 1.0
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV. GANADEROS - SURCO, 2018
UBICACIÓN : SURCO - LIMA
CLIENTE : GODDY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACIÓN : C-02 ; M-01 / Prof. 0.00 m - 1.50 m
DESCRIPCIÓN : Material Natural + 6% Maxxseal 200
CLASF. (SUCS) : OL
CLASF. (AASHTO) : A-5 (7)

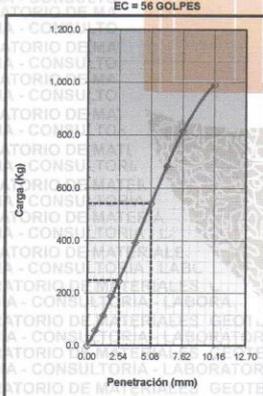


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.211
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 35.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.150
DENSIDAD INSITU (g/cm3) :

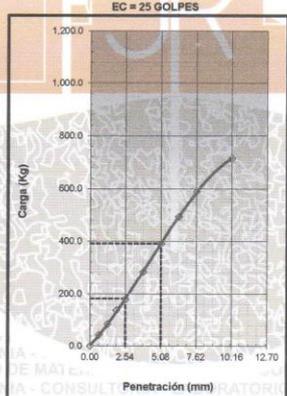
CB.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	17.6	0.2"	25.4
CB.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	12.7	0.2"	18.3

RESULTADOS CBR a 1":
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 12.7 (%)

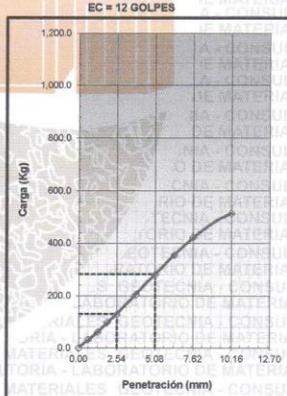
OBSERVACIONES:



CBR (0.1")	17.6%
CBR (0.2")	25.4%



CBR (0.1")	12.7%
CBR (0.2")	18.3%



CBR (0.1")	9.2%
CBR (0.2")	13.7%

REFERENCIA

ASTM D 1883-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES :

Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

**RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355**

938 385 323 / 955 088 036
r.diaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.oyarce@jrgeoconsultores.com
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

**RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.
ASTM D 1863 - MTC E 132**

CÓDIGO : FS - 007
VERSIÓN : 1.0
VIGENCIA : 31/12/2018

PROYECTO : MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE POR ESTABILIZACION QUIMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL 200 EN PAVIMENTO FLEXIBLE EN AV.
GANADEROS - SURCO, 2018

UBICACION : SURCO - LIMA

CLIENTE : GODOY MOREYRA SMITH CESAR

IDENTIFICACION : C-02 : M-01 / Prof.: 0.00 m - 1.50 m CLASF. (SUCS) : OL

Material Natural ± 10% Maxxseal 200 CLASF. (AASHTO) : A-6 (7)

DESCRIPCION : Limo Organico

Molde N°	23		28		30	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	7636.00		7478.00		8094.00	
Peso de molde (g)	4171.00		4194.00		4974.00	
Peso del suelo húmedo (g)	3467.00		3284.00		3120.00	
Volumen del molde (cm³)	2139.01		2140.51		2137.00	
Densidad húmeda (g/cm³)	1.621		1.534		1.486	
Tara (N°)	26		225		177	
Peso suelo húmedo + tara (g)	271.70		260.20		274.70	
Peso suelo seco + tara (g)	212.30		205.90		214.30	
Peso de tara (g)	48.20		54.60		48.50	
Peso de agua (g)	59.40		54.30		60.40	
Peso de suelo seco (g)	164.10		151.30		165.80	
Contenido de humedad (%)	36.2		35.9		36.4	
Densidad seca (g/cm³)	1.190		1.129		1.070	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
11/10/2018	09:45	0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
12/10/2018	09:51	24	37.0	0.940	0.81	48.0	1.219	1.05	51.0	1.296	1.12
13/10/2018	09:57	48	39.0	0.991	0.85	52.0	1.321	1.14	65.0	1.851	1.42
14/10/2018	10:03	72	45.0	1.143	0.99	59.0	1.499	1.29	74.0	1.880	1.62
15/10/2018	10:09	96	58.0	1.473	1.27	66.0	1.676	1.45	79.0	2.007	1.73

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 23						MOLDE N° 28						MOLDE N° 30					
		CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION				CARGA		CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%			Dial (div)	kg	kg	%			Dial (div)	kg	kg	%		
0.000		0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0				
0.635		79.0	82.0			56.9	60.0			40.8	43.9								
1.270		161.2	163.9			115.9	118.8			83.2	86.2								
1.905		252.9	254.4			181.4	184.1			130.2	133.0								
2.540	70.5	347.1	349.2	350.7	24.7	249.8	252.2	253.4	17.8	179.2	181.9	182.9	12.9						
3.810		554.2	555.8			399.8	400.7			288.2	288.5								
5.080	105.7	784.0	784.7	786.8	35.9	650.0	651.4	652.9	25.9	394.6	396.5	397.7	18.6						
6.350		970.2	970.2			698.3	699.2			501.1	502.7								
7.620		1156.3	1154.7			831.4	831.9			696.6	697.9								
10.160		1410.0	1408.5			1015.0	1014.8			728.3	729.1								

REFERENCIA : ASTM D 1863-05 Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils
ASTM D 1557-02 Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort - 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³)

OBSERVACIONES : Muestra tomada e identificada por personal del solicitante.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

938 385 323 / 955 088 036
r.diaz@jrgeoconsultores.com
jrgeoconsultores@gmail.com
j.oyarce@jrgeoconsultores.com
Calle 2 Mz. D Lt. 24, Asociación Virgen del Carmen
San Martín de Porres - Lima

RFB
RICARDO FRANCESCO
DAVILA RIOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 203355

Anexo 6. Certificados de Calibración de Instrumentos de laboratorio.


Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 382 - 2018

Página : 1 de 4

Expediente : T 404-2018
Fecha de emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Dirección : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181
MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN -
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : RUMISTONE

Modelo del Equipo : NO INDICA

Capacidad del Equipo : 476 L

Marca de indicador : AUTONICS

Modelo de indicador : TZN4M

Temperatura calibrada : 110 °C

Código de Identificación : H-02

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.
11 - OCTUBRE - 2018

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del Indecopi.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0747 - 2017	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,6	22,8
Humedad %	70	72

7. Conclusiones
La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5 °C para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

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


PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.


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

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 382 - 2018

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTMax. - TMin. (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	108,0	106,6	108,8	106,3	107,9	107,6	105,4	108,1	108,3	107,9	108,0	107,5	3,4
2	108,0	106,3	108,5	106,2	107,9	107,5	105,3	108,8	108,3	107,8	108,5	107,5	3,5
4	108,0	106,4	108,2	106,5	107,8	107,6	105,2	108,5	108,3	107,8	108,6	107,5	3,4
6	108,0	106,3	108,8	106,2	107,2	107,4	105,3	108,1	108,3	107,8	108,5	107,4	3,5
8	108,0	106,3	108,8	106,3	107,5	107,3	105,3	108,2	108,2	107,4	108,6	107,4	3,5
10	108,0	106,3	108,5	106,4	107,4	107,2	105,3	108,1	108,5	107,7	108,7	107,4	3,4
12	108,0	106,2	108,4	106,2	107,6	107,4	105,6	108,0	108,2	107,6	108,6	107,4	3,0
14	108,0	106,3	108,8	106,3	107,6	107,2	105,4	108,0	108,2	107,9	108,5	107,4	3,4
16	108,0	106,2	108,5	106,5	107,5	107,3	105,2	108,2	108,0	107,8	108,9	107,4	3,7
18	108,0	106,5	108,8	106,3	107,3	107,2	105,6	108,2	108,0	107,7	108,5	107,4	3,2
20	108,0	106,4	108,8	106,2	107,5	107,5	105,2	108,3	108,2	107,6	108,6	107,4	3,6
22	108,0	106,3	108,2	106,3	107,4	107,9	105,3	108,2	108,3	107,8	108,5	107,4	3,2
24	108,0	106,5	108,3	106,3	107,4	107,5	105,2	108,2	108,2	107,8	108,4	107,4	3,2
26	108,0	106,3	108,2	106,3	107,4	107,7	105,4	108,2	108,4	107,7	108,3	107,4	3,0
28	108,0	106,6	108,6	106,2	107,3	107,4	105,3	108,2	108,2	107,8	108,5	107,4	3,3
30	108,0	106,2	108,4	106,2	107,4	107,2	105,6	108,2	108,3	107,9	108,6	107,4	3,0
32	108,0	106,5	108,7	106,2	107,2	107,3	105,1	108,2	108,2	107,8	108,9	107,4	3,8
34	108,0	106,4	108,5	106,1	107,1	107,6	105,2	108,2	108,2	107,6	108,5	107,3	3,3
36	108,0	106,5	108,2	106,5	107,6	107,2	105,3	108,2	108,2	107,5	108,2	107,3	2,9
38	108,0	106,3	108,3	106,3	107,3	107,5	105,2	108,2	108,3	107,8	108,1	107,3	3,1
40	108,0	106,6	108,6	106,3	107,2	107,4	105,4	108,3	108,2	107,5	108,5	107,4	3,2
42	108,0	106,2	108,2	106,5	107,0	107,5	105,2	108,0	108,4	107,6	108,3	107,3	3,2
44	108,0	106,4	108,6	106,1	107,0	107,6	105,3	108,0	108,1	107,5	108,2	107,3	3,3
46	108,0	106,0	108,5	106,2	107,3	107,6	105,2	108,0	108,2	107,6	108,5	107,3	3,3
48	108,0	106,5	108,2	106,2	107,2	107,5	105,1	108,3	108,3	107,8	108,3	107,3	3,2
50	108,0	106,3	108,9	106,3	107,4	107,4	105,2	108,3	108,2	107,6	108,5	107,4	3,7
52	108,0	106,5	108,4	106,3	107,8	107,8	105,6	108,2	108,3	107,6	108,2	107,5	2,8
54	108,0	106,2	108,5	106,2	107,5	107,6	105,2	108,4	108,2	107,4	108,3	107,4	3,3
56	108,0	106,3	108,6	106,3	107,6	107,4	105,3	108,5	108,5	107,5	108,2	107,4	3,3
58	108,0	106,4	108,2	106,1	107,5	107,8	105,2	108,3	108,3	107,4	108,5	107,4	3,3
60	108,0	106,5	108,5	106,2	107,5	107,5	105,3	108,2	108,2	107,8	108,3	107,4	3,2
T. PROM	108,0	106,4	108,5	106,3	107,4	107,5	105,3	108,2	108,2	107,7	108,4	107,4	
T. MAX	108,0	106,6	108,9	106,5	107,9	107,9	105,6	108,8	108,5	107,9	108,9		
T. MIN	108,0	106,0	108,2	106,1	107,0	107,2	105,1	108,0	108,0	107,4	108,0		
DTT	0,0	0,6	0,7	0,4	0,9	0,7	0,5	0,8	0,5	0,5	0,9		

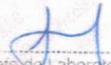
Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	108,9	0,4
Mínima Temperatura Medida	105,1	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,2	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Media	3,8	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

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




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capche
 Reg. CIP N° 152521



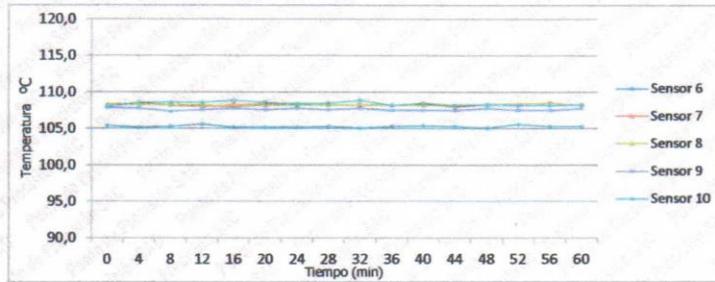
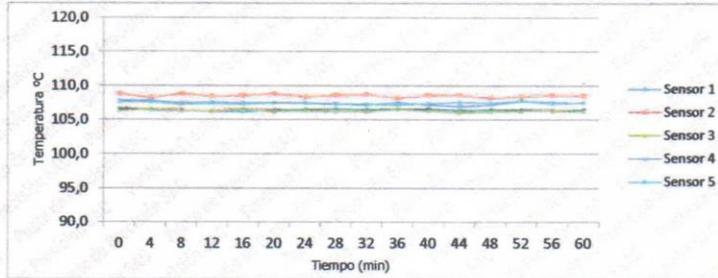
Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 382 - 2018

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



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





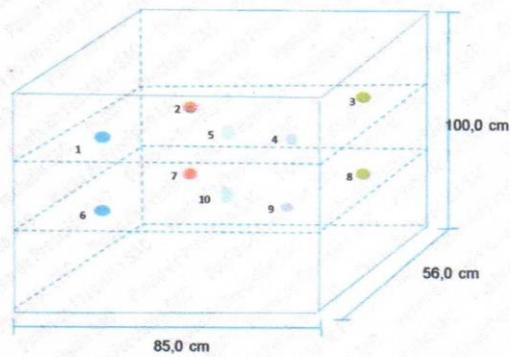
Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 382 - 2018

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



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





Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 339 - 2018

Página : 1 de 2

Expediente : T 404-2018
Fecha de emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

Dirección : CAL MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019
MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN
MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : NO INDICA

Marca de Celda : KELI

Modelo de Celda : AS-FED

Serie de Celda : AQS 9202

Capacidad de Celda : 5 t

Identificación de Celda : S-01

Marca de indicador : HIGH WEIGHT

Modelo de Indicador : 315-X2

Serie de Indicador : 0283996

Identificación del Indicador : I-01

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.
11 - OCTUBRE - 2018

4. Método de Calibración

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

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,6	22,6
Humedad %	69	69

7. Resultados de la Medición

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

8. Observaciones

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



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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 339 - 2018

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	504,20	503,80	-0,84	-0,76	504,00	-0,79	0,08
1000	1001,25	1003,25	-0,13	-0,33	1002,25	-0,22	-0,20
1500	1504,35	1499,90	-0,29	0,01	1502,13	-0,14	0,30
2000	2003,25	2002,80	-0,16	-0,14	2003,03	-0,15	0,02
2500	2500,15	2500,70	-0,01	-0,03	2500,43	-0,02	-0,02
3000	3000,20	3000,50	-0,01	-0,02	3000,35	-0,01	-0,01
3500	3499,25	3498,65	0,02	0,04	3498,95	0,03	0,02
4000	4000,55	4000,20	-0,01	0,00	4000,38	-0,01	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

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

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

Ecuación de ajuste : $y = 1,0012x - 4,1092$

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

GRÁFICO N° 1

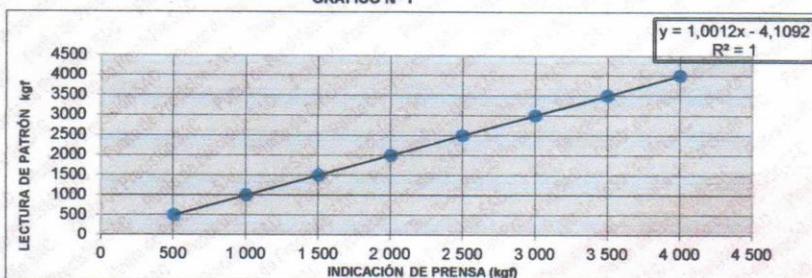
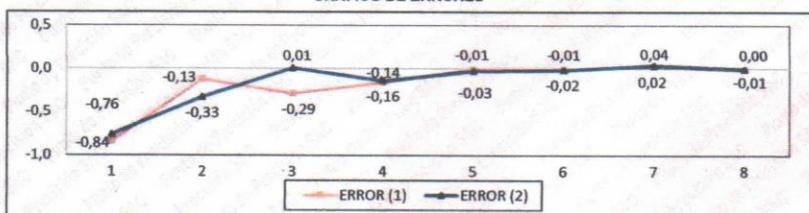


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 1 de 3

Expediente : T 404-2018
Fecha de Emisión : 2018-10-12

1. Solicitante : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.
Dirección : CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
Número de Serie : 8337090625
Alcance de Indicación : 30000 g
División de Escala de Verificación (e) : 10 g
División de Escala Real (d) : 1 g
Procedencia : NO INDICA
Identificación : B-01
Tipo : ELECTRÓNICA
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2018-10-11

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

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

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

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

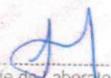
3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.
CAL.MZ D LT24 AS AS VIRGEN DEL CARMEN SCT0181 MZT019 MZA. MZ LOTE. LT24 URB. AS VIRGEN DEL CARMEN - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA




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

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,7 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-093-2018 / LM-094-2018
		LM-095-2018

7. Observaciones

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

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

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

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

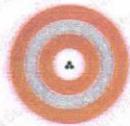
Medición N°	Carga L1= (g)	Temp. (°C)		Carga L2= (g)	ΔL(g)	E(g)
		Inicial	Final			
		20,6	20,7			
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
2	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,3	1,2
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,8	-0,3
4	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
5	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
6	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,5	1,0
7	15 001	0,4	1,1	30 000	0,8	-0,3
8	15 001	0,5	1,0	30 000	0,7	-0,2
9	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,4	1,1
10	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,9	-0,4
Diferencia Máxima		1,5				1,6
Error máximo permitido ±		20 g		±		30 g



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

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

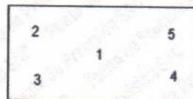


Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 877 - 2018

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Temp. (°C)								
	Inicial		Final						
	20,7								
	Determinación de E ₂				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	f(g)	Δf(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	f(g)	Δf(g)	E(g)	E _c (g)
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,8	-0,3	-0,2
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,5	0,0	0,3
3		10	0,9	-0,4		10 000	0,3	0,2	0,6
4		10	0,6	-0,1		10 000	0,4	0,1	0,2
5		10	0,8	-0,3		10 001	0,5	1,0	1,3
Error máximo permitido: ± 20 g									

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	Temp. (°C)					emp(**)			
	Inicial		Final						
	20,7								
	CRECIENTES				DECRECIENTES				
	f(g)	Δf(g)	E ₀ (g)	E _c (g)	f(g)	Δf(g)	E ₀ (g)	E _c (g)	±(g)
10	10	0,6	-0,1						10
20	20	0,8	-0,3	-0,2	20	0,5	-0,1	0,0	10
100	100	0,9	-0,4	-0,3	100	0,7	-0,2	-0,1	10
500	500	0,7	-0,2	-0,1	500	0,6	-0,1	0,0	10
1 000	1 000	0,8	-0,3	-0,2	1 000	0,6	-0,1	0,0	10
5 000	5 000	0,9	-0,4	-0,3	5 000	0,8	-0,3	-0,2	10
10 000	10 000	0,3	0,2	0,3	10 000	0,6	-0,1	0,0	20
15 000	15 000	0,8	-0,3	-0,2	15 000	0,3	0,2	0,3	20
20 000	20 000	0,4	0,1	0,2	20 001	0,4	1,1	1,2	20
25 000	25 001	0,5	1,0	1,1	25 001	0,5	1,0	1,1	30
30 000	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30 000	0,9	-0,4	-0,3	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000104 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,727 \text{ g}^2 + 0,00000000471 \times R^2}$$

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

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO




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

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7. Boleta de pago de los ensayos.



GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.
 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y ESTUDIO DE SUELOS PARA:
 EDIFICACIÓN - DISEÑO DE PAVIMENTO - HABILITACIONES URBANAS
 PLANTAS INDUSTRIALES - HOSPITALES - PUENTES
 Av. Diagonal Norte N° 750 Int. 501
 San Martín de Porres, Lima - Lima
 Telf.: 01 573 7804 / 983 660 099 / 982 840 339
 E-mail: proyectos@jrgeoconsultores.com / gerencia@jrgeoconsultores.com
 www.jrgeoconsultores.com

R.U.C. 20600792114

BOLETA DE VENTA

001. N° 000009

Sr. (es) Godoy Moreyra Smith Cesar

Dirección Urb. Las Flores Las Cantutas X12 - SSM Doc. Ident. 47393970

DIA	MES	AÑO
18	11	18

Cant.	DESCRIPCION	P. Unit.	Importe
02	Análisis Granulométrico	47.2	23.60
02	Contenido de Humedad	11.8	236.00
10	Constante Física	23.6	354.00
10	Proctor Modificado	95.9	1180.00
10	CBR	118.0	
		TOTAL S/.	1888.00

RODRIGUEZ ESQUIVEL RICARDO WILMER
 R.U.C. 10257567968
 Serie 0001 del 0001 al 1000
 Aut. 11506289023 F.J. 23-11-2015

CANCELADO

.....
 FIRMA

USUARIO

Anexo 8. Ficha Técnica Estabilizador Químico MAXX – SEAL 200.



5210 Hovis Rd. Charlotte, NC, 28208
Office: 704-392-5983 Fax: 704-392-4427

Technical Data Sheet

Maxxseal 200

Maxxseal 200 is a firm styrene acrylic with excellent water resistance and aging properties. Maxxseal 200 is an excellent soil stabilization and dust control system. It is excellent at tying up aggregate both in the road base, as well as preventing airborne dust. Use of Maxxseal 200 allows construction sites, mines, and dusty areas to avoid the difficulties, dangers, and fines associated with dust production.

Typical Properties	
Type	Styrene Acrylic Emulsion
Total Solids	50%
Viscosity	<800 cP (RV 2@60 rpm)
pH	2.5
Surfactant Charge	Anionic
Tg	+18
Weight/Gallon	8.80 lbs.
Specific Gravity: Latex	1.06
Specific Gravity: Solids	1.15

Suggested Uses

- Soil Stabilization
- Road Construction

Key Features

- Outstanding Water Resistance
- Alkali Resistance
- High Tensile Strength
- Very Sheer Stable
- Excellent Aging Properties

Let MCTRON Technologies raise your expectations.

McTron Technologies, LLC Technical Support Team is available to provide assistance with the formulation of all our products to optimally suit your specific needs.

McTron Technologies, LLC Guarantee

If any product is defective in workmanship or materials, McTron Technologies, LLC will replace the product, or refund the full purchase price. This warranty is in place of all other warrants, expressed or implied, and all implied warrants of a product for an intended use shall be solely up to the user. McTron Technologies, LLC assumes no liability for consequential damages. Its liability shall in no event exceed the purchase price of materials supplied by it.

SDS

GHS Safety Data Sheet Mctron Technologies, LLC

Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 1 of 6

PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

Manufacturer

Mctron Technologies
5210 Hovis Road
Charlotte, NC 28208

Contact: Andrew McDaniel
Phone: 704-392-5983

Product Name: Maxxseal 200
Revision Date: 7/29/2015
Version: 1.0
SDS Number: 04200
Common Name: Mixture
Chemical Family: Acrylate Copolymer
Synonyms: None.

Emergency Contact Information:
CHEMTREC - 800-424-9300

Harmonized Tariff Schedule 3903.90.5000

HAZARDS IDENTIFICATION

Classification of the substance or mixture

GHS Classification in accordance with 29 CFR 1910 (OSHA HCS):
no GHS classifications indicated

GHS Label elements, including precautionary statements

GHS Signal Word: NONE

no GHS pictograms indicated for this product

GHS Hazard Statements:

no GHS hazards statements indicated

GHS Precautionary Statements:

P101 - If medical advice is needed, have product container or label at hand.
P102 - Keep out of reach of children.
P103 - Read label before use.

Hazards not otherwise classified (HNOC) or not covered by GHS

Target Organs: Central nervous system Lung

SDS

GHS Safety Data Sheet Mctron Technologies, LLC

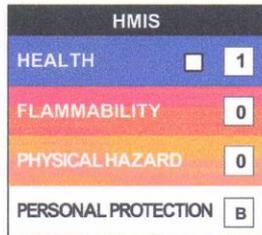
Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 2 of 6

NFPA: Health = 1, Fire = 0, Reactivity = 0, Specific Hazard = None
HMIS III: Health = 1, Fire = 0, Physical Hazard = 0
HMIS PPE: B - Safety Glasses, Gloves



COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Ingredients:

Hazardous

This Material contains no ingredients requiring disclosure requiring disclosure under regulatory hazard criteria for this jurisdiction. See Section 11 for additional details.

Cas#	%	Chemical Name
0	40-55%	Modified Polymer
1336-21-6	<0.2%	Ammonium hydroxide
7732-18-5	45-60%	Water
141-32-2	<0.1%	Butyl acrylate

FIRST AID MEASURES

Inhalation: Remove exposed person to fresh air if adverse effects are observed. Give oxygen or artificial respiration if needed. Seek medical attention if cough or other symptoms appear.
Skin Contact: Wash with soap and water. If skin irritation occurs, get medical attention.
Eye Contact: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. If eye irritation persists, get medical attention.
Ingestion: Rinse mouth thoroughly. Treat symptomatically. Get medical attention. Do not induce vomiting.

FIRE FIGHTING MEASURES

Flash Point: Not determined
Extinguishing Media: dry chemical, foam, water spray. CO2 may be ineffective on large fires.
Firefighting Procedures: Wear full protective firegear including self-containing breathing apparatus operated in the positive pressure mode with full facepiece, coat, pants, gloves and boots. Water may cause splattering.
Unusual Fire & Explosion Hazards: Material will not burn until water has been evaporated. Container may rupture on heating. See section 10 for additional information.
Additional information (precautions): Decomposition can lead to release of irritating gases and vapors. Avoid inhaling gases, fumes, dust, mist, vapor, and aerosols. Avoid contact with skin, eyes, and clothing.

ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Spill Response Procedures

Personal Protective Equipment must be worn, see Personal Protection Section for PPE recommendations. Take precautions to avoid release to the environment. Ventilate area if spilled in confined space or other poorly ventilated areas. Prevent entry

SDS

GHS Safety Data Sheet

Mctron Technologies, LLC

Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 3 of 6

into sewers and waterways, dispose of in accordance with all federal, state and local environmental regulations. Spilled liquid and dried film are slippery. Use care to avoid falls. Pick up free liquid for recycle and/or disposal. Residual liquid can be absorbed on inert material.

HANDLING AND STORAGE

Handling Precautions:

Keep containers closed when not in use. Do not discharge into drains or the environment, dispose to an authorized waste collection point. Use appropriate containment to avoid environmental contamination. Avoid eye contact. Avoid repeated or prolonged skin contact. When handling, do not eat, drink, or smoke. Avoid drinking, tasting, swallowing or ingesting this product. Stir well before use. Avoid breathing dust, fume, gas, mist, vapors, or spray. Minimize contact with air to reduce contamination with mold, fungus, or other organisms which could cause decomposition or spoilage. Wash thoroughly after handling. Empty container contains product residue which may exhibit hazards of product. Dispose of packaging or containers in accordance with local, regional, national and international regulations.

Storage Requirements:

Take precautions to avoid release to the environment. Keep from freezing. Keep container closed when not in use. Do not store in open, unlabeled or mislabeled containers. See section 10 for incompatible materials.

EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

Engineering Controls:

Use material in well ventilated area only. Additional ventilation or exhaust may be required to maintain air concentrations below recommended exposure limits.

Personal Protective Equipment:

HMIS PP, B | Safety Glasses, Gloves
HMIS PP, A | Safety Glasses
HMIS PP, I | Safety Glasses, Gloves, Dust and Vapor Respirator

Exposure Limits: None established

Respiratory Protection: Use NIOSH/ MSHA approved respirator with a combination organic vapor and high efficiency filter cartridge if recommended exposure limit is exceeded. Use self-contained breathing apparatus for entry into confined space, for other poorly ventilated areas and for large spill clean-up sites.

Protective Gloves: Use good industrial hygiene practices to avoid skin contact. If contact with the material may occur, wear chemically protective gloves.

Eye Protection: Safety glasses.

Clothing Recommendation: No special clothing requirement.

SDS

GHS Safety Data Sheet Mctron Technologies, LLC

Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 4 of 6

9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Appearance:	White liquid	Odor:	Mild acrylate
Physical State:	Liquid	Solubility:	Dispersible.
Odor Threshold:	Not determined.	Percent Volatile:	45 - 60% by weight
Spec Grav./Density:	1.00 - 1.03 (20 C)	Freezing/Melting Pt.:	~ 0 C, ~ 32 F
Viscosity:	<1200 cP (25 C)	Flash Point:	Not Determined
Boiling Point:	~100 C. ~ 212 F (Typical)	VOC:	Not determined.
Flammability:	Not Determined	Auto-Ignition Temp:	Not Determined.
Evap. Rate:	<1 Butyl acetate=1	UFL/LFL:	Not determined
Decomp Temp:	>177 degrees C		

Explosion Data: Material does not have explosion properties.

Percent Solids: ~49% by weight

Pour Point Temp.: Not determined

10 STABILITY AND REACTIVITY

Chemical Stability:	Material is normally stable at moderately elevated temperatures and pressures.
Conditions to Avoid:	Do not freeze.
Materials to Avoid:	Acids. Bases. Strong oxidizing agents.
Hazardous Decomposition:	Smoke, carbon monoxide, carbon dioxide, aldehydes and other products of incomplete combustion. Irritating and toxic substances may be emitted upon combustion, burning, or decomposition of dry solids. Nitrogen oxides. Acrylate monomers.
Hazardous Polymerization:	Will not occur

Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 5 of 6

11	TOXICOLOGICAL INFORMATION
----	----------------------------------

Acute Toxicity:

Oral : 1336-21-6, Ammonium Hydroxide: LD50: 350 mg/kg (rat) Ingestion of this material may cause gastrointestinal irritation.

Inhalation: Overexposure to vapors or mist may cause dizziness, headache, nausea, and/ or flu-like symptoms. Avoid inhalation of mists or vapors.

Skin irritation: Not expected to be a primary skin irritant. Based on data from components or similar materials. Repeated or prolonged skin contact may cause irritation.

Eye irritation: May cause eye irritation. Based on data from similar materials. Vapors may cause irritation.

Dermal Sensitization: No data available to indicate product or components may be a skin sensitizer.

Respiratory Irritation: If material is misted or if vapors are generated from heating, exposure may cause irritation of mucous membranes and the upper respiratory tract. Based on data from components or similar materials.

Chronic Exposure:

Chronic Toxicity: No data available to indicate product or components present at greater than 1% are chronic health hazards.

Carcinogenicity: No data available to indicate any components present at greater than 0.1% may present a carcinogenic hazard.

Mutagenicity: No data available to indicate product or any components present at greater than 0.1% are mutagenic or genotoxic.

Teratogenicity: No data is available to indicate product or any components contained at greater than 0.1% may cause birth defects.

Other: Pre-existing skin conditions may be aggravated by prolonged or repeated exposure. Persons with sensitive airways (e.g., asthmatics) may react to vapors.

12	ECOLOGICAL INFORMATION
----	-------------------------------

--Environmental Toxicity--
No available data

13	DISPOSAL CONSIDERATIONS
----	--------------------------------

Waste Disposal: This material, if discarded, is not a hazardous waste under RCRA Regulation 40 CFR 261. Treatment, storage, transportation, and disposal must be in accordance with applicable Federal, State, and Local regulations.

14	TRANSPORT INFORMATION
----	------------------------------

Product is not DOT regulated as produced.

SDS

GHS Safety Data Sheet Mctron Technologies, LLC

Maxxseal 200

SDS Number: 04200

Revision Date: 7/29/2015

Page 6 of 6

15	REGULATORY INFORMATION
----	-------------------------------

Component (CAS#) [%] - CODES

.alpha.-Costene (0) [40-55%]

Water (7732-18-5) [45-60%] TSCA

Regulatory CODE Descriptions

RQ = Reportable Quantity

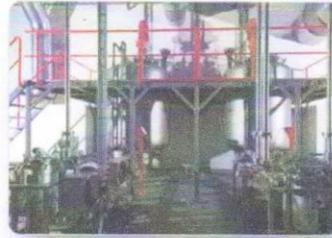
TSCA = Toxic Substances Control Act

16	OTHER INFORMATION
----	--------------------------



Maxx-Seal

Maxx-Seal es un producto amigable, co-polímero de moléculas de alto peso de vinilo acrílico. Nuestro producto Maxx-Seal es fabricado utilizando un extremado proceso de control y escudriñado sobre cada batch o lote producido. Cada lote/ batch es evaluado antes, durante y después de la finalización para asegurar que el resultado de producción de polímeros son de la más alta calidad (high grade) para un resultado en el control de polvo y estabilización de suelos. Manejamos prácticas bajo los estándares ISO al punto que cada tote/recipiente que sale de nuestras bodegas puede ser rastreado y devuelta a su proceso de producción. Todos los test y documentación de los análisis asociados con cada batch/ lote pueden ser recuperados.



Antes que comience cada batch/lote se evalúa la composición de los productos para asegurar que estén dentro de los parámetros de nuestras especificaciones. Esto se logra tomando una muestra del producto inyectándolo dentro de un cromatógrafo de gases para verificar la calidad. La calidad de la composición de nuestros productos puede entregar la tranquilidad y seguridad que el producto que recibe es un producto seguro y unos de los polímeros de alta calidad para estabilización de suelos y supresor de polvo.



Durante el proceso de producción utilizamos diversos análisis en línea, tal como la medición del cambio de temperatura exotérmica, para verificar que la reacción se mueve bajo los rangos esperados. Esto ayuda a asegurar que el producto es de una composición molecular alta en polímeros

Una vez que el proceso de polimerización está completo, entonces testeamos el producto final para asegurar que las especificaciones y niveles están correctos. Se testea la consistencia del tamaño de las partículas, residuos, porcentaje de sólidos, niveles de pH, viscosidad, peso por galón, etc. Luego se corre análisis de Fourier Transform Infrared Spectroscopy Analysis (FTIR) en cada batch/lote. El test de cada batch producido es documentado y catalogado.



NUESTROS CLIENTES

Con los productos Maxx-Seal usted está recibiendo la más alta calidad y seguridad en productos a base de polímeros para supresión de polvo y estabilización de suelos. Este es un producto virgen con el rango más alto de polímeros y bajo los rangos más estrictos de seguridad y test. Nuestros productos sobrepasan durabilidad, estabilidad y niveles de seguridad ambiental para nuestros clientes y sus expectativas.

Durante años hemos suministrado productos de alta calidad de polímeros y ambientalmente seguras a varias empresas en el mundo. Hemos alcanzado sus estrictos niveles de seguridad ambiental. Este es un ejemplo de algunos de nuestros clientes/partners con quienes trabajamos hoy en día.



Estas empresas solo aceptan los productos de más alta calidad que sean entregados a tiempo y que cumplan con los estándares ambientales cada vez. Proyectos con estas empresas envuelven, pero no se limitan a estabilización de caminos, supresor de polvo en caminos remotos (dust control on haul roads), autovía taponado (railcar capping), retención y sellado de represas o lagunas, tranques de relave (tailings dam)

Cientes/ Relaciones comerciales



Debido a nuestra nueva fase en partnership con un fabricante podemos traspasar la confianza de que sólo aceptamos los mejores materiales para la fabricación de nuestros productos. Creemos que nuestros clientes esperan de nosotros la misma alta calidad y estándares que creamos. Pero no nos quedamos ahí. Cuando obtenemos un nuevo cliente nuestra filosofía es que estamos asumiendo una nueva alianza. Nuestra misión es la de utilizar nuestra pericia en polímeros y su fabricación para ayudar a nuestros clientes a resolver sus problemas

En esta industria es necesario que tengamos un esquema detallado de su situación, los problemas que tiene y los resultados que se esperan. Desde allí vamos a trabajar juntos en el desarrollo de un programa diseñado específicamente para cumplir sus objetivos. **Por ejemplo, si tiene un problema de polvo en un camino donde las temperaturas están debajo del punto de congelación por la noche, podemos fabricar un polímero específicamente para que la aplicación se mantenga sin problemas.** Haremos todo lo que se necesario por nuestro lado para ayudar a resolver sus problemas.



En lo que respecta a estabilización de suelos, nos resulta ventajoso para ambos que nosotros y el cliente entregue un completo análisis de laboratorio del suelo que necesita estabilizar. Esto implica recibir una muestra del suelo, ya sea en nuestras instalaciones o de un laboratorio local de su área para recibir un detallado análisis sobre la composición del suelo. Después de que el suelo es analizado y evaluado, crearemos varias muestras para la realización de pruebas con un ensayo Marshall. Esta prueba nos va a decir la cantidad exacta de polímero necesario para cualquier suelo dado para cumplir cualquier objetivo deseado (estos test se realizaran en nuestro laboratorio o se enviaran las muestras de producto).

Nuestros datos históricos son muy precisos y suelen ser adecuados para determinar el porcentaje de sólidos (cantidad de polímero) necesarios para la adecuada estabilización, sin embargo, un análisis específico de la tierra está siempre a su discreción. Tratamos todos nuestros proyectos con un nivel alto de profesionalismo ya sea para control de polvo, permeabilidad, control de erosión y mucho más.





Ejemplo de aplicaciones

Unpaved Dirt Roads	Land Development	Forestry Roads	Agricultural Roads
Construction Sites	Parking Lots	Military Operations	Defense Compounds
Slopes and Berms	Road Base and Sub Base	Parks & Rec Trail ways	Heavy Hall Roads
Airport Taxiways	Road Shoulders	Construction Lots	Helipads and FARPs
Unpaved Driveways	Aircraft Runways	Mines	Border Patrol Roads





Métodos de Aplicación:

Maxx-Seal se suministra como un polímero líquido con un mínimo de 55% de sólidos estables. Se mezcla fácilmente con agua y no tiene las advertencias o restricciones de la EPA. Una vez que el producto se encuentra en el lugar del proyecto se añadirá a un camión cisterna con agua. La relación de los polímeros y agua se estima previamente y se confirma antes que se inicie la aplicación. Básicamente hay dos métodos para aplicar el polímero. Uno de ellos es para una estabilización profunda, mientras que el otro es altamente diluido para aplicación tópica.

Estabilizado: El método de estabilización requiere escarificación del suelo a la profundidad requerida de la estabilización. Esto se puede llevar a cabo con una motoniveladora o con un arrastre de discos detrás de un tractor.

Una vez que el suelo ha sido bien escarificado o abierto con discos, se comienza a agregar la mezcla de Maxx-Seal con agua.

A medida que el camión cisterna pasa con el mix de Maxx-Seal /agua se requiere que el camión con el arrastre de discos pase entre cada pasada con el fin de distribuir uniformemente la mezcla de polímero/solución de agua con el suelo. Una vez que haya finalizado usted debe tener un suelo humedecido uniforme que está listo para darle forma.

Antes de que pasar un rodillo para compactar, se recomienda utilizar la motoniveladora para suavizar el suelo o terreno y reformar para un drenaje adecuado del camino. No debe de excavar profundamente para no traer suelo no tratado. Si usted ve que el color de la tierra humedecida es desigual, es recomendable humedecer de nuevo según sea necesario en estas secciones. Una vez que esté satisfecho con la uniformidad de la humedad y la forma de la carretera puede comenzar a compactar con un rodillo.

Tan pronto como el suelo este compactado se puede abrir el camino al tránsito. El tráfico adicional ayudará a compactar el camino aún más y hacerlo que sea extremadamente sólido. Después que el camino seque durante un tiempo debe de utilizar el camión aljibe para aplicar la última capa de sellado. Así se sellará la superficie y añadirá mejor resistencia a la abrasión.





DUST CONTROL: El segundo método es una simple aplicación tópica. Este es usado para áreas con alto tráfico donde la polución de partículas de tierra es un problema. El tipo de suelo para esta aplicación es usualmente suelto en la superficie, pero de estructura compactada, y no requerirá escarificación. Esto permite mantener el o los caminos abiertos todo el tiempo. Este proceso es aplicado en muchas mineras y otras operaciones de alto tráfico en donde no se puede detener el tráfico normal.



Para comenzar la aplicación preparamos la superficie del camino. Este es un paso esencial para el éxito de la operación. El objetivo es quitar piedras sueltas y otros materiales que pueden causar la falla prematura de la aplicación. Si se omite este paso, puede crear la necesidad de utilizar más producto del necesario. Para lograr un suelo ideal, recomendamos el uso de una motoniveladora con la hoja ligeramente ajustada a la superficie del camino. Usted solo raspa uno a dos centímetros de material a un lado.



Una vez que la carretera se raspa usted estará listo para comenzar la aplicación. Una de las principales ventajas de este método es que no es necesario interrumpir tráfico de camiones en las minas y se puede mantener el sistema existente de riego por una semana normal pero aplicando Maxx-Seal para un camino libre de polvo (ver detalles para futuras mantenciones). El día que se inicia el programa, simplemente designara una cantidad de producto a cada camión

cisterna con agua antes de que salga de su rutina normal. Por ejemplo, para simplificar este sistema, se recomienda llenar el camión de 30 mil litros con 1 tote de Maxx-Seal; si es de 10 mil litros poner ½ tote. Realizar este procedimiento por 3 a 5 días, de esta forma se aseguran de cubrir todas las áreas sin crear interrupción del sistema existente de riego en una minera.

Como se comunicó anteriormente, el sistema de riego en la mina continuará de forma normal y esperando que el material seque entre aplicaciones. Camiones de carga y otro tráfico ayudara a la compactación y a que los polímeros penetren en el camino creando una base sólida. Después de unos pases con el camión cisterna con agua llegará a un punto en el que el riego ya no es necesario. El resultado final es un camino duro, compactado, libre de polvo y erosión (calaminas). Este último factor ayuda a una mejor mantención de las ruedas y maquinaria que transita en estos camiones.





Rangos de Aplicación

Cuando Maxx-Seal es aplicado al suelo, las moléculas de co-polímeros se fusionan y forman los lazos de unión entre el suelo y las partículas de este. El alto peso molecular, y la larga cadena de polímeros forman una matriz resistente que es muy durable y resistente al agua. El más duradero estabilizador de nuestra línea de productos, Maxx-Seal se puede personalizar para alcanzar los resultados que usted necesita. Moderados niveles de aplicación son útiles para la supresión del polvo y el control de la erosión. Los niveles de aplicación más concentrados pueden generar cualidades similares al concreto y son útiles para la solidificación y estabilización del suelo, como el que se encuentra en la construcción de carreteras. Mediante el ajuste de la tasa de aplicación, Maxx-Seal puede ser eficaz por semanas (control de polvo) o para varios años (estabilización).

Las siguientes tasas de aplicación son consideradas tasas de línea base. Estas tasas son clasificadas en incrementos de centímetros. Cada número de la izquierda representa la profundidad del tratamiento con respecto a la estabilización. Para uso tópico puede utilizar el número de la izquierda, a partir de 1cm para una aplicación tópica suave y 5cm para una aplicación tópica de alta concentración. Cada proyecto tendrá un determinado grado de dilución especificadas por nuestros técnicos o nuestro laboratorio basado en pruebas internas.

CM of Stabilization	Gal./yrd	Ltr/Mtr
20	0.33	1.40
19	0.31	1.33
18	0.30	1.26
17	0.28	1.19
16	0.26	1.12
15	0.25	1.05
14	0.23	0.98
13	0.21	0.91
12	0.20	0.84
11	0.18	0.77
10	0.17	0.70
9	0.15	0.63
8	0.13	0.56
7	0.12	0.49
6	0.10	0.42
5	0.08	0.35
4	0.07	0.28
3	0.05	0.21
2	0.03	0.14
1	0.02	0.07

Una vez que haya determinado el nivel de estabilización o aplicación tópica, en cm, debe de pasar a la columna siguiente que corresponda. La columna marcada Gal./yrd es la cantidad de producto que se va a hacer en cada yarda cuadrada. (Ltr/Mtr es litros de producto por metro cuadrado.) Esto es solo producto total Maxx-Seal, no agua. Independientemente de la tasa de dilución, la cantidad de producto siempre será el objetivo final. Por ejemplo, si se determina que usted necesitará .20 galones (12 cm de estabilización) de producto por yarda cuadrada para el proyecto y, a continuación, determinar el grado de dilución es una parte polímero a 9 partes de agua, que simplemente está diciendo que cada yarda cuadrada tendrá un total de 2 galones de mezcla. (.20 Galones de polímero y 1,8 (.20x9 = 1,80) galones de agua para un total de (.20 +1.80 = 2.0) 2 galones de mezcla. La cantidad de agua está regulada por el tipo de aplicación, (estabilización vs aplicación), el suelo (partículas finas vs partículas grandes) así como la humedad de la tierra en el momento del tratamiento. El objetivo final con nuestro ejemplo, independientemente de las necesidades de agua es el de llegar a .20 galones de producto en cada yarda cuadrada a tratar. Este método se va a asegurar que hemos entregado la cantidad correcta de sólidos en el suelo para su aplicación. Esto es ciencia, no es un juego de adivinanzas y como tal lo tratamos.



Medio Ambiente:

Nuestra seguridad y credenciales medioambientales son impecables. Nos hemos asociado con algunas de las empresas más estrictas en lo que se refiere a las preocupaciones ambientales y de calidad. La siguiente es tan sólo una breve lista de normas que hemos cumplido con los requisitos de los países, Estados y disposiciones mundiales.

Si desea tener cualquier otra prueba realizada sobre cualquiera de nuestros productos, nosotros estaremos encantados de hacer un examen para usted o le podemos suministrar muestras de nuestro producto para llevar a cabo sus propias pruebas. Póngase en contacto con nosotros para más información sobre exámenes personalizado

- **TSCA:** This product meets the compositional requirements of the Toxic Substances Control Act and contains only chemical ingredients that are listed on the TSCA inventory. / **Este producto cumple con los requerimientos de composición del Acta de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA).**
- **EPA:** This product does not meet the definition of hazardous waste under the U.S. EPA Hazardous Waste Regulations 40 CFR 261. / **Nuestro producto no aplica o entra en la categoría de residuos peligrosos en virtud de la EPA de EE.UU., Normas de desechos peligrosos 40 CFR 261. Es por eso que no se necesita pasar por esta organización. Nuestro producto está pre-aprobado satisfactoriamente desde su fabricación.**
- **SARA Title III, Sec. 313:** This product does not contain toxic chemical(s) at or above the minimum concentrations subject to the reporting requirements of section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA) and 40 CFR part 372. / **Este producto no contiene químicos tóxicos bajo o sobre las concentraciones mínimas que están sujetas a los requerimientos de la sección 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA) and 40 CFR part 372.**
- **California Prop. 65:** This product contains no trace amounts of a chemical(s) known to California to cause cancer and/or birth defects or other reproductive harm. / **Este producto no contiene trazas de ningún producto químico(s) conocido por el Estado de California que pueda causar cáncer y/o defectos de nacimiento u otros daños reproductivo.**
- **Canadian EPA** This product contains only chemical ingredients that are listed on the Domestic Substance List of the Canadian Environmental Agency. / **Este producto contiene solamente ingredientes químicos que están en la lista de sustancias de la Agencia de medio ambiente Canadiense.**
- **No components** of Maxx-Seal are listed under EPCRA 302, CERCLA, CAA, or EPCRA. / **No componentes de Maxx-Seal están nombrados (listed) bajo las listas de PCRA 302, CERCLA, CAA, o EPCRA.**



- **RCRA** Maxx-Seal is NOT considered a waste. /Maxx-Seal NO es considerado un producto de residuos o reciclados.
- **Not regulated** by any of the following:
 - EPCRA Section 302 Extremely Hazardous Substances (EHS)
 - CERCLA Hazardous Substances
 - CAA Section 112(r) List of Substances for Accidental Release Prevention
- **High molecular weight** vinyl acrylic copolymer emulsion. It is a 55% solids latex emulsion in water.
- **Waterborne polymer**, se comporta exactamente como agua. Se hierve a 212 grados Fahrenheit/ 100 Grados Celsius. No tiene presión al vapor o presión al vapor sobre condiciones del ambiente.

Al igual que la mayoría de las emulsiones de polímero de alto peso molecular, Maxx-Seal no es tóxico para la vida acuática no tiene efectos adversos sobre daphids (*Daphia magna*) o (*Pimephales promelas*) en los niveles superiores a 100 mg/litro.

Maxx-Seal no es tóxico con mamíferos o pájaros. Maxx-Seal NO contienen metales pesados o compuestos catiónicos.

Productos similares a Maxx-Seal son usados directamente en contacto con comida como adhesivos, pintura interior para casas, goma de mascar (chicle) y otras áreas donde los requisitos sobre toxicidad son extremadamente restrictivos.

Maxx-Seal posee una cantidad de ventajas y atractivos

Excelente resistencia mecánica y adherencia, rendimiento incomparable

- Baja demanda de agua con buen desempeño
- Excelente dureza y adherencia.
- Excepcional resistencia a degradación UV.
- Excelente estabilidad en almacenamiento a largo plazo, es decir, sin desintegración de sus componentes, especialmente sólidos
- Reducción en costos de transportación
- Amplia latitud en formulaciones: compatible con aditivos utilizados comúnmente.
- Larga vida útil, 1 año garantizado, no requiere de mixing/mezcla. (Se tienen records de durabilidad de más de tres años sin consecuencias)





Propiedades Generales

Apariencia: LIQUIDO BLANCO, sin variación	No-Corrosivo & Seguro para las maquinarias
Tipo de polímero: Vinyl-Acrylic Emulsion Polymer	No peligrosos & No tóxico
Bulk Density: Aproximadamente 9.06 lbs./p/gallon/ (1027.37 kg x tote)	Luego de secado tintes y pigmentos se pueden agregar para dar color
Secado transparente	Simple & Fácil de aplicar
Resistente al agua	No volátil y no inflamable
Secado inodoro	No es resbaloso & Seguro para manejar una vez penetrado en el suelo
Non-Leaching/ no soluble	Secado flexible / Elastomeric (Not Brittle)
Resistente a suelos alcalinos	No se disipa
Seguro y amigable con humanos, Animales, vida marina & Vegetación	Efecto acumulativo con mantención
No requiere regulaciones especiales en Transportación (tierra/océano/aire)	UV resistente
Non-Tracking & Non-Transferable Once Cured	Se auto-mezcla con agua al ser diluido
Ecológicamente seguro	Científicamente formulado
Solids - Solidos	55% Garantizado
Viscosity - Viscosidad	Menos de 1000 cps, #3/100 rpm
pH -	4.0 – 5.0 – Garantizado
Tg -	7°C – Garantizado
MFFT -	<0°C – Garantizado
Particle Size - Tamaño de partículas	0.40 microns +/- .08 Guaranteed
Surfactant Charge -	Nonionic/Anionic
Weight/Gallon -	9.05 lbs/gal
Bulking Value -	0.1105 gal/lb

La Gran Diferencia:

En el mercado de estabilización de suelos y control de polvo los productos que se van a encontrar son varios. La mayoría de los productos existentes en el mercado son productos manufacturados que se han rechazado, descartado o abortado el proceso de polimerización. Estos productos son de bajo grado y usualmente de desecho para lo que fueron concebidos. Este material de desecho nunca es seguro para el medio ambiente y los resultados que se obtiene de ellos son marginales o inexistente. Usted obtendrá un producto libre de monómeros, polímeros de bajo peso molecular, mezclas de productos de cristal con diferentes valores de transición, mezclas o productos que son incompatibles entre sí, mezclas de productos que tienen diversos valores de pH, diferentes tamaños de partículas y niveles desconocidos



de COV's. Una prueba sencilla para estos productos es un test de FTIR o GC para determinar exactamente lo que usted está tratando.

Los productos de desecho se sentirán diferentes, huelen diferente, y son diferentes en cada lote. Nunca son iguales químicamente, por lo que sería un delito representar el producto en la misma hoja de datos técnicos (TDS). Cualquier escaneo básico de FTIR mostraría que la mezcla está enviando compuestos químicos desconocidos que no pueden ofrecer un TDS, certificado de análisis o certificado de la composición.

Cuando usted trabaja con nosotros, le aseguramos que recibirá un producto alta calidad, científicamente diseñado para realizar un trabajo eficiente y seguro. Cada lote está completamente probado para asegurar la más alta calidad. Usted recibirá un completo análisis de FTIR de los lotes producidos y un TDS de cada lote producido. Además de un certificado de análisis de la composición de cada lote producido.

Cada vez que reciba un envío de nuestros productos, usted puede estar seguro de que tiene un polímero de alto peso molecular, la viscosidad del producto será siempre la misma, el nivel de pH será siempre la misma, el tamaño de la partícula será siempre el mismo y que el valor de transición de cristal será el mismo. Tenemos una obligación profesional y moral con nosotros mismos y con nuestros clientes y el medio ambiente para producir la más segura, más fiable y alta calidad de polímeros disponibles.



Nuestro producto no es material de desecho y está diseñado específicamente para superar cualquier otro polímero en el mercado de supresores de polvo y/o estabilización de suelos de hoy en día. Una vez que han probado nuestros productos, usted, al igual que muchos de nuestros clientes nunca va a usar otro producto de desecho.

Let us exceed your expectations/ Déjenos superar sus expectativas.



Anexo 9. Espesores de Capa – Basado en el manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos MTC, 2013.

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm ⁻¹)	OBSERVACIÓN	PRECIO
CAPA SUPERFICIAL				
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	a1	0.170	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 470.00
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a1	0.125	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 314.00
Micropavimento 25mm	a1	0.130	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE	S/. 300.00
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0.25 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. 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	S/. 300.00
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a1	0.15 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos	S/. 350.00
(*) Valor Global (no se considera el espesor)				
BASE				
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE	S/. 120.00
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 500 lb)	a2a	0.115	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 180.00
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a2b	0.070	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 155.00
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a2c	0.080	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico	S/. 165.00
SUBBASE				
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE	S/. 90.00
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a3	0.050	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE	S/. 90.00

Anexo 10. Calculo del IMDA y el ESAL correspondiente.



Tipo Vehículo	Configuración Vehicular	Descripción grafica de vehículos	Tasa crecimiento	PROYECCIÓN DE TRAFICO																														
				2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044		
Omnibus	B2		0.04	72	78	81	84	88	91	95	99	102	107	111	115	120	125	130	135	140	146	152	158	164	171	177	185	192	200	208	216	225		
Omnibus	B3-1		0.04																															
Omnibus	B4-1		0.04																															
Camión	C2		0.04																															
Camión	C3R3		0.04																															
Camión	C4		0.04																															
Semitrayler	T2S1		0.04																															
Semitrayler	T2S3		0.04																															
Semitrayler	T3S1		0.04																															
Trayler	T3S3		0.04																															
Trayler	C2R2		0.04																															
Trayler	C3R2		0.04																															
Trayler	C3R3		0.04																															
Trayler	C3R4		0.04																															
IMD				72	78	81	84	88	91	95	99	102	107	111	115	120	125	130	135	140	146	152	158	164	171	177	185	192	200	208	216	225		

CALCULO DE FACTORES EQUIVALENTES DE CARGA (EALF), METODO AASHTO

SN 4
 Pt 2

Configuración vehicular	Descripción grafica del vehículo	Cargas por ejes en tn			G _t	β _x			β ₁₈	EALF			total	
		eje delantero	ejes posteriores			simple	ejes posteriores			simple	ejes posteriores			tridem
			simple	tandem			tridem	simple			tandem	tridem		
B2		7	11		-0.09	0.56	1.04		0.66	0.52	3.47		3.99	
B3-1		7	16		-0.09	0.56		0.64	0.66	0.52		1.26	1.78	
B4-1		7	16		-0.09	0.56		0.64	0.66	1.05		1.26	2.31	
C2		7	11		-0.09	0.56	1.04		0.66	0.52	3.47		3.99	
C3R3		7	11	18	-0.09	0.56	1.04	0.75	0.66	0.52	3.47	4.11	8.10	
C4		7		23	-0.09	0.56			0.66	0.52		1.27	1.79	
T2S1		7	11		-0.09	0.56	1.04		0.66	0.52	6.93		7.46	
T2S3		7	11	25	-0.09	0.56	1.04		0.66	0.52	3.47	1.80	5.79	
T3S1		7	11	18	-0.09	0.56	1.04	0.75	0.66	0.52	3.47	2.06	6.05	
T3S3		7	18	25	-0.09	0.56	0.40	0.75	0.66	1.05	0.00	2.06	4.90	
C2R2		7	11		-0.09	0.56	1.04	0.40	0.66	1.05	3.47	0.00	4.51	
C3R2		7	11	18	-0.09	0.56	1.04	0.75	0.66	1.05	3.47	2.06	6.57	
C3R3		7	11	18	-0.09	0.56	1.04	0.75	0.66	1.05	3.47	2.06	6.57	
C3R4		7		18	-0.09	0.56	0.40	0.75	0.66	1.05	0.00	2.06	3.10	

CALCULO DE ESAL

DD 0.5
DL 1

Configuración Vehicular	Descripción grafica del vehículo	EALF ASISTO S3	f	IMO 2016	1 2019	2 2020	3 2021	4 2022	5 2023	6 2024	7 2025	8 2026	9 2027	10 2028	11 2029	12 2030	13 2031	14 2032	15 2033	16 2034	17 2035	18 2036	19 2037	20 2038
B2		3.60	0.04	81	5.90E+04	1.20E+05	1.64E+05	2.51E+05	3.20E+05	3.91E+05	4.68E+05	5.44E+05	6.24E+05	7.08E+05	7.98E+05	8.66E+05	9.61E+05	1.08E+06	1.18E+06	1.28E+06	1.40E+06	1.51E+06	1.65E+06	1.78E+06
B3-1		1.78	0.04		0.00E+00																			
B4-1		2.31	0.04		0.00E+00																			
C2		3.89	0.04		0.00E+00																			
C3R3		8.10	0.04		0.00E+00																			
C4		1.79	0.04		0.00E+00																			
T2S1		7.46	0.04		0.00E+00																			
T2S3		5.79	0.04		0.00E+00																			
T3S1		6.05	0.04		0.00E+00																			
T6S3		4.38	0.04		0.00E+00																			
C2R2		10.92	0.04		0.00E+00																			
C3R2		9.51	0.04		0.00E+00																			
C3R3		8.10	0.04		0.00E+00																			
C3R4		6.69	0.04		0.00E+00																			
TOTAL EJES EQUIVALENTES					5.90E+04	1.20E+05	1.64E+05	2.51E+05	3.20E+05	3.91E+05	4.68E+05	5.44E+05	6.24E+05	7.08E+05	7.98E+05	8.66E+05	9.61E+05	1.08E+06	1.18E+06	1.28E+06	1.40E+06	1.51E+06	1.65E+06	1.78E+06

Anexo 11. Panel fotográfico



Figura 14. Imagen satelital de la Av. Ganaderos, trazo de reconocimiento de un tramo de 1 km (línea roja en la figura).

Trabajo de campo

- Identificación del área del proyecto.



Figura 15. Av. Ganaderos, Surco (tramo de primeras cuadras).

- Extracción de muestras C-1.



Figura 16. Excavación de calicata C-1.



Figura 17. Realización de calicata C-1.



Figura 18. Toma de muestras de calicata C-1.

- Extracción de muestras C-2



Figura 19. Excavación de calicata C-2.



Figura 20. Realización de calicata C-2.



Figura 21. Toma de muestras de calicata C-2.

Trabajo de Laboratorio

a) Análisis Granulométrico



Figura 22. Ensayo de granulometría por tamizados de calicata C-1.

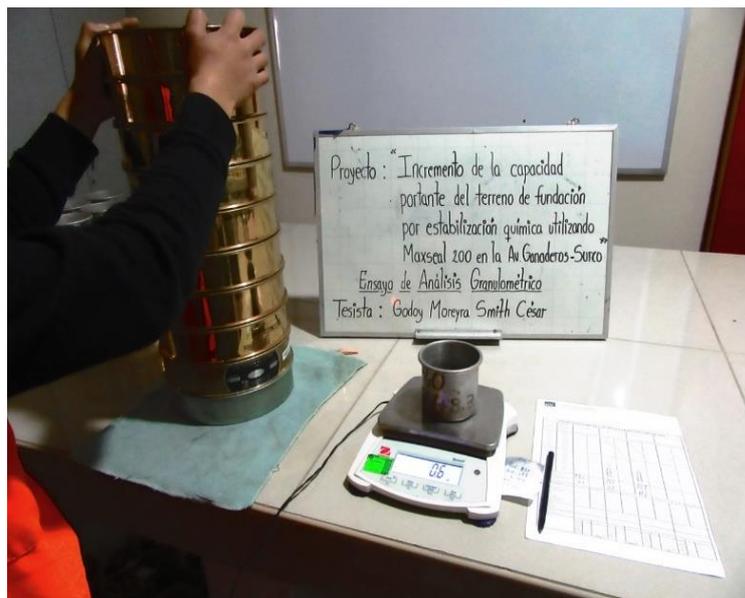


Figura 23. Ensayo de granulometría por tamizados de calicata C-2.

b) Ensayo de Proctor Modificado



Figura 24. Ensayo de Proctor modificado de calicatas C-1 y C-2.



Figura 25. Ensayo de Proctor modificado con adición de 6% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.



Figura 26. Ensayo de Proctor modificado con adición en 8% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.



Figura 27. Ensayo de Proctor modificado con adición en 10% del estabilizador químico MAXX-SEAL 200.



Figura 28. Ensayo de Proctor Modificado.

c) Ensayo de CBR



Figura 29. Ensayo de CBR muestras de suelo natural.

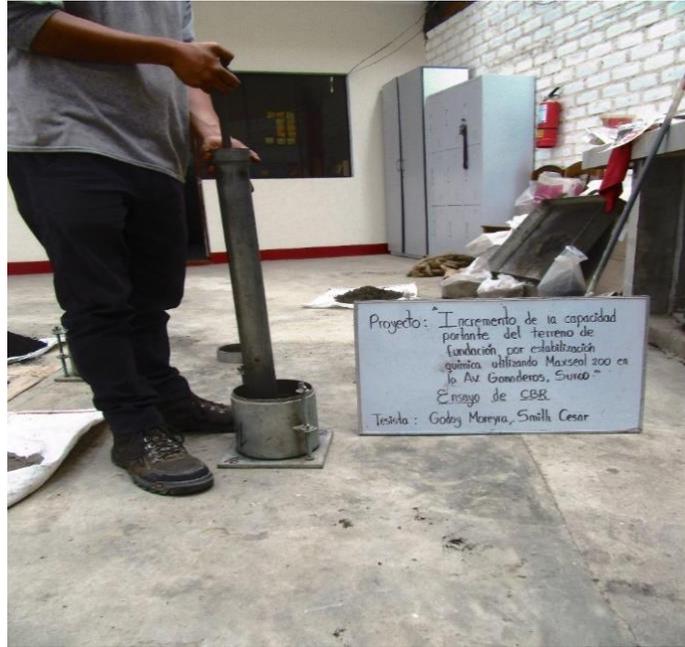


Figura 30. Ensayo de CBR con adición del estabilizador químico MAXX-SEAL 200

Anexo 12. Documentación.

PERMISO DE EXTRACCION DE MUESTRAS DE SUELOS

EL PRESIDENTE DE LA URB. LAS TERRAZAS DE VILLA
DISTRITO DE SURCO – LIMA

Autorizo a:

Sr. **Smith Cesar Godoy Moreyra**, identificado con D.N.I. N° **47393970** para realizar tres (03) calicatas en la Av. Los Ganaderos con la finalidad de investigación para su proyecto de tesis.

La presente autorización la otorgo a solicitud del interesado para los fines que vea por conveniente.

Lima, 25 de septiembre de 2018

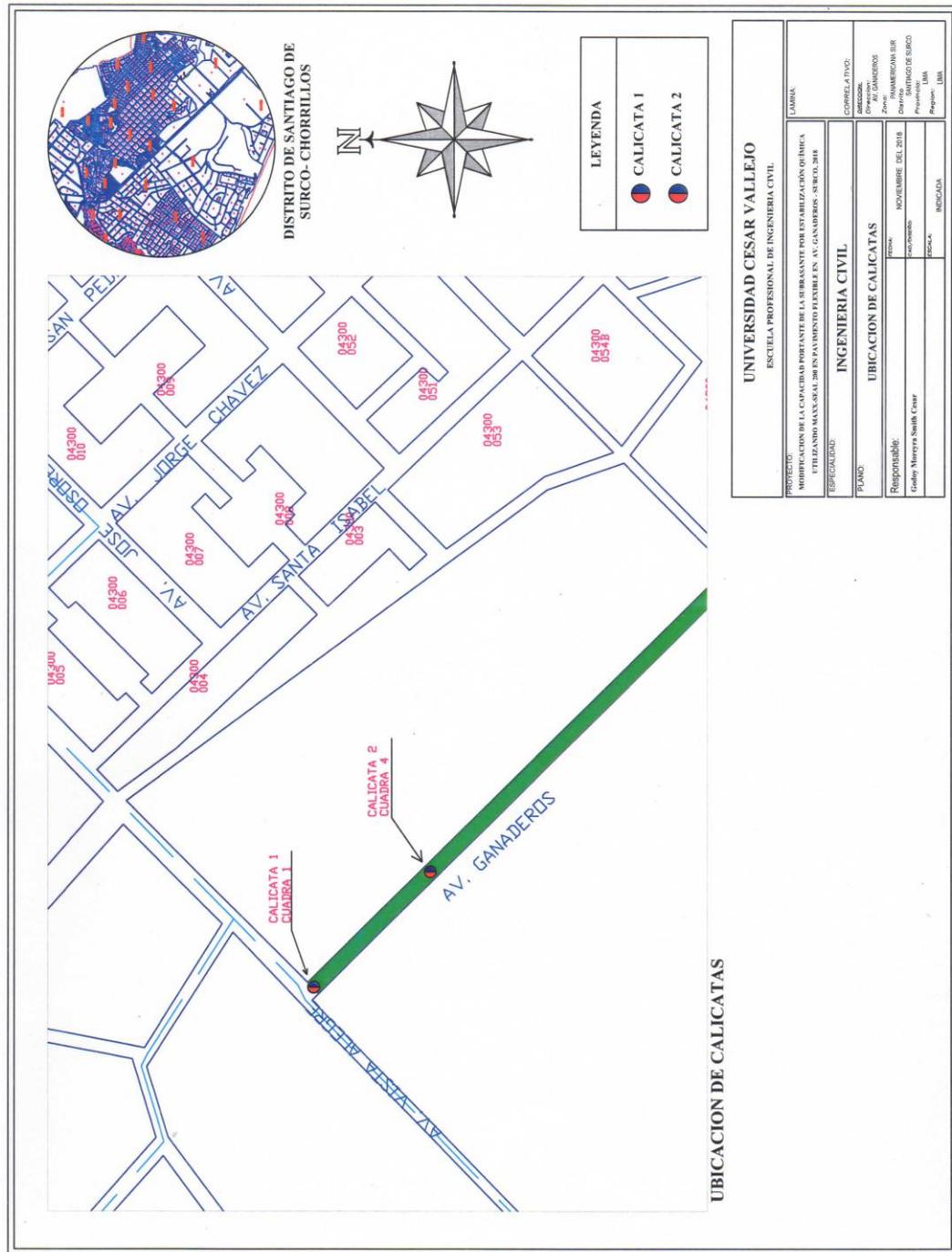


Salomón Santillán Grández

D.N.I. N° 08959509

PRESIDENTE DE LA URB. LAS TERRAZAS DE VILLA

Anexo 13. Plano de Progresiva de las calicatas C-1 y C-2.



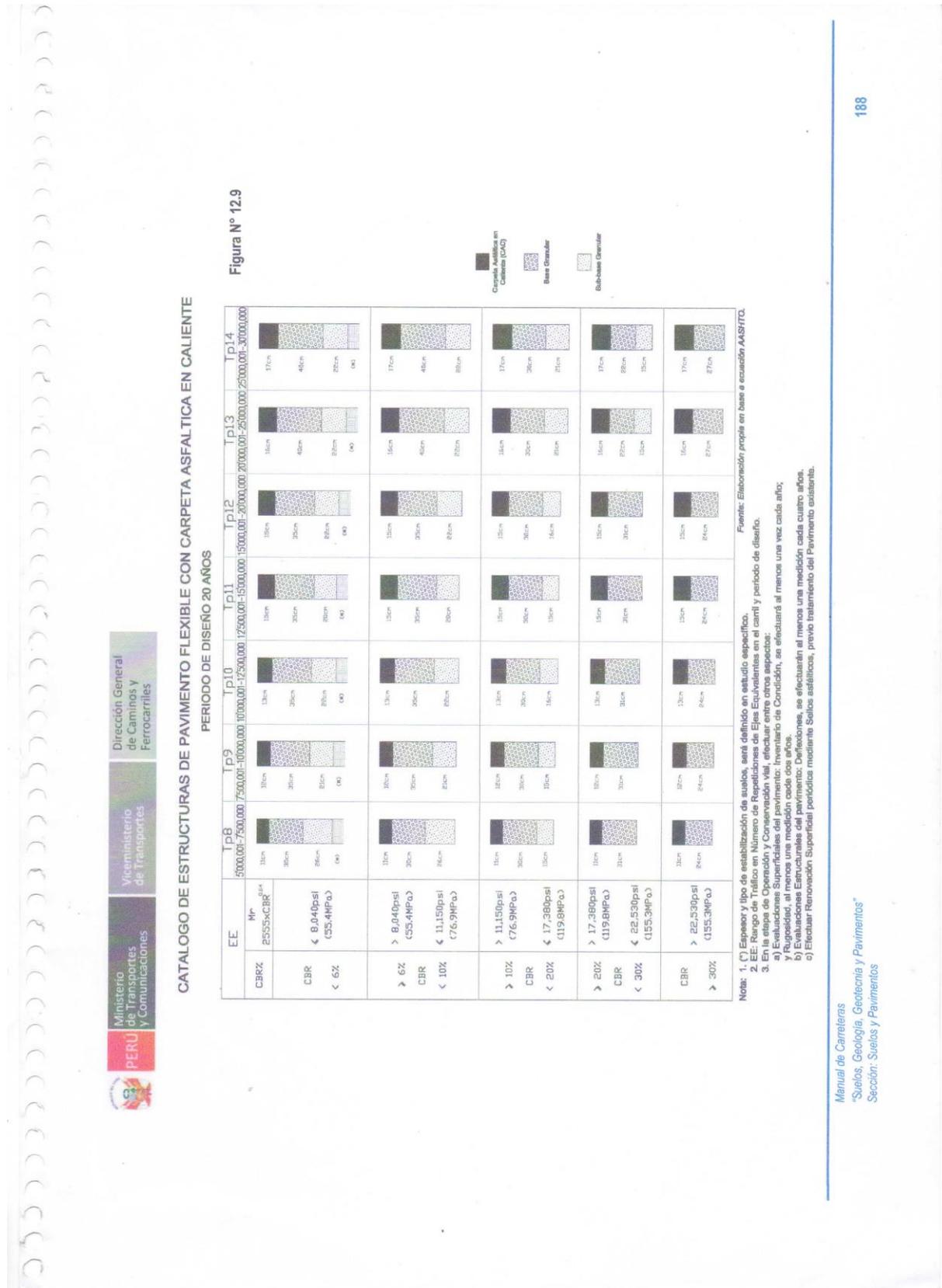
Anexo 14. Catálogo de números estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante – periodo de diseño 20 años.

CATÁLOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años
 Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE	Inadecuada CBR < 3% (*)	Pobre 3% ≤ CBR < 6% (*)	Regular 6% ≤ CBR < 10%	Buena 10% ≤ CBR < 20%	Muy Buena 20% ≤ CBR < 30%	Excelente CBR ≥ 30%
CLASE TRANSITO						
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.160	1.890	1.630	1.630
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.476	2.216	1.852	1.800
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.765	2.372	2.008	1.800
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.982	2.594	2.178	1.970
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.152	2.764	2.348	2.140
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.459	3.105	2.556	2.296
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.911	3.431	2.882	2.670
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.218	3.757	3.156	2.844
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.652	4.135	3.482	3.118
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.847	4.305	3.652	3.288
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.134	4.582	3.884	3.506
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.257	4.705	4.054	3.676
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.380	4.922	4.224	3.846
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.914	5.327	4.613	4.178
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.084	5.497	4.783	4.348

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
 - Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥5% a CBR<10%)

Anexo 15. Catálogo de estructuras de Pavimento Flexible con carpeta asfáltica en caliente – periodo de diseño 20 años.



Yo, BENITES ZUNIGA Jose Luis

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte, revisor(a) de la tesis titulada:

"MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE
POR ESTABILIZACION QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEAL200
EN PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA AV. GANADEROS - SURCO
, 2018"

del (de la) estudiante GODOY MOREYRA SMITH CESAR

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 26 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 08 de Julio de 2019



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

JOSE LUIS BENITES ZUNIGA

DNI: 42414842

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Modificación de la capacidad portante de la subrasante por estabilización química utilizando MAXX - SEAL 200 en pavimento flexible en la Av. Ganaderos - Surco, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Geddy Moqueya Smith César

ASESOR:

Mg. Ing. Benites Zaldívar José Luis

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERU

2018



Coincidencias	Porcentaje
1 Entregado a Universidad...	8 %
2 docclayeres	2 %
3 repositorio unc.edu.pe	2 %
4 repositorio unc.edu.pe	2 %
5 Entregado a Universidad...	2 %
6 Entregado a Universidad...	1 %
7 Entregado a Universidad...	1 %
8 Entregado a Universidad...	1 %
9 www.sicdeltiempo.net	1 %
10 pt.scribd.com	1 %
11 repositorio continental...	1 %



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo GODOY MOREYRA Smith Cesar....., identificado
con DNI N° 47393970.....,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo . No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

" MODIFICACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE
POR ESTABILIZACION QUIMICA EN LA AV. GANADEROS-
SURCO, 2018"

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA
DNI: 47393970.....

FECHA: 10 de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GODOY MOREYRA, SMITH CESAR

INFORME TITULADO:

*MODIFICACIÓN DE 2D CAPACIDAD POTENTE DE LA SUBSISTENTE
POR ESTABILIZACIÓN QUÍMICA UTILIZANDO MAXX-SEN 200
EN PAVIMENTOS FLEXIBLE EN LA AV. COMPAÑOS - SURCO, 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

10/12/2018

NOTA O MENCIÓN :

12 (Doce)

Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

