

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL
USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA
CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY -
NUEVO CHIMBOTE - SANTA”**

PRESENTADO POR:

Bach. Lomparte Cabanillas, Johan Antonio.

Bach. Sánchez Neglia, Denis Antonio.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

**“ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA
MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO
ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL
CENTRO POBLADO TANGAY – NUEVO CHIMBOTE -SANTA”**

REVISADO POR:

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

**“ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA
MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO
ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL
CENTRO POBLADO TANGAY – NUEVO CHIMBOTE -SANTA”**

SUSTENTADA Y APROBADA EL DIA 03 DE ENERO DEL 2019 POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ms. Abner León Bobadilla
Presidente

Ms. Julio C. Rivasplata Díaz
Secretario

Ing. Cirilo L. Olascuaga Cruzado
Integrante

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por siempre estar pendiente de mí. Por las bendiciones y llamados de atención que me hizo en mi vida universitaria y en la vida en sí.

A mi madre, Sonia, por su esfuerzo constante de lograr que sea un buen profesional, por su ejemplo sacrificado y dedicación en enseñarme desde pequeño todas las cosas.

A mi padre, Antonio, por enseñarme más que con su carrera de ingeniero civil con sus valores de cómo trabajar con dignidad, honestidad y con ética antes que todo.

A mis hermanas Carol y Diana, por su apoyo constante, ánimos y su aprecio.

A mi esposa Sthefany, por ser mi inspiración y mi futuro eterno, por su fuerza, fe y valor.

DENIS A. SÁNCHEZ

DEDICATORIA

*A Dios, un poder inexplicable pero
presente en mi vida.*

*A mi madre, Clariza, por su ayuda, amor,
paciencia, y por orientarme en el camino
correcto.*

*A mi padre, Manuel, por su esfuerzo y
trabajo para sacar adelante la familia, y así
ser buenos hijos y profesionales.*

*A mis hermanos Fernando y Carla, por
su cariño y apoyo incondicional.*

JOHAN A. LOMPARTE

Un agradecimiento especial a:

A nuestro asesor Ing. Julio César Rivasplata Díaz, por su orientación y apoyo durante el desarrollo de la presente tesis.

A la empresa ENVIROSEAL PERU S.A.C. por el apoyo técnico y por los conocimientos brindados a lo largo de la tesis.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I : INTRODUCCION

| | |
|-------------------------------------|---|
| 1.1 Antecedentes | 2 |
| 1.2 Formulación del problema | 3 |
| 1.3 Objetivos: | 4 |
| 1.3.1 Objetivo general | 4 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 Formulación de la hipótesis | 5 |
| 1.5 Justificación del proyecto | 5 |
| 1.6 Limitaciones del trabajo | 6 |
| 1.6.1 Tipo de diseño | 6 |
| 1.6.2 Variables | 7 |
| 1.6.3 Estrategia de trabajo | 7 |
| 1.6.4 Metodología y plan de trabajo | 7 |

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Ubicación de la zona de estudio | 9 |
| 2.2. Descripción general del estado de la vía | 9 |
| 2.3. Clasificación de la vía | 14 |
| 2.3.1 Clasificación por demanda: | 14 |
| 2.3.2 Clasificación por orografía | 14 |
| 2.4. Estructura de pavimento | 14 |
| 2.4.1 Definición | 14 |
| 2.4.2 Subrasante | 15 |
| 2.4.3 Subbase | 17 |
| 2.4.4 Base | 17 |
| 2.5. Carreteras no pavimentadas | 18 |
| 2.5.1 Definición | 18 |
| 2.5.2 Clasificación | 18 |
| 2.6. Deterioros producidos en las carreteras no pavimentadas | 19 |
| 2.6.1 Proceso de deterioro | 19 |
| 2.6.2 Tipos de deterioros / Fallas y niveles de gravedad | 19 |

| | |
|---|----|
| 2.7. Estabilización de suelos | 25 |
| 2.7.1 Definición | 25 |
| 2.7.2 Objetivos | 25 |
| 2.8. Tipos de estabilización | 26 |
| 2.8.1 Estabilización mecánica | 26 |
| 2.8.2 Estabilización química | 27 |
| 2.9. Clasificación de la estabilización química | 28 |
| 2.9.1 Estabilización de suelos con cal | 28 |
| 2.9.2 Estabilización suelo-cemento | 30 |
| 2.9.3 Estabilización con escoria | 31 |
| 2.9.4 Estabilización con productos asfálticos | 32 |
| 2.9.5 Estabilización con enzimas | 33 |
| 2.9.6 Estabilización con polímeros | 34 |
| CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS | |
| 3.1. Estabilización de suelos con Maxx-Seal 100 | 36 |
| 3.1.1 Métodos de aplicación: | 36 |
| 3.1.2 Tasas de aplicación | 41 |
| 3.2. Ventajas que se obtendrían al aplicar el producto | 43 |
| 3.3. Selección y características del suelo a ensayar | 44 |
| 3.4. Diseño del experimento | 45 |
| 3.4.1 Cantidad de ensayos a realizar al experimento. | 46 |
| 3.5. Ensayos a ejecutar a las muestras. | 49 |
| 3.5.1 Análisis granulométrico por tamizado | 49 |
| 3.5.2 Límites de consistencia | 50 |
| 3.5.3 Ensayo Proctor Modificado | 53 |
| 3.5.4 Ensayo CBR (California Bearing Ratio) | 54 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | |
| 4.1. Ensayos de dosificación del agente estabilizador | 57 |
| 4.1.1 Adición del polímero | 57 |
| 4.1.2 Características y cálculo de las muestras con y sin aditivo del suelo | 58 |
| 4.2. Análisis de resultados | 61 |
| 4.2.1 Resultados de ensayos mecánicos | 61 |
| 4.3. Evaluación económica de aplicación de aditivos | 75 |

| | | |
|---|--------------------------|-----|
| 4.3.1 | Consideraciones | 75 |
| 4.3.2 | Costos de estabilización | 76 |
| 4.4 | Discusión | 87 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | |
| 5.1 | Conclusiones | 89 |
| 5.2 | Recomendaciones | 90 |
| CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | | |
| 6 | Bibliografía | 91 |
| ANEXOS | | |
| ANEXO N°01: ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS | | 94 |
| ANEXO N°02: PANEL FOTOGRÁFICO DE SUELOS | | 152 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Categoría de subrasante | 16 |
| Tabla 2: Cantidad de aditivo a colocar por espesor de material..... | 42 |
| Tabla 3: Tamaños de clasificación de las partículas del suelo | 49 |
| Tabla 4: Juego de tamices utilizados para el ensayo..... | 50 |
| Tabla 5: Valores referenciales de CBR, usos y suelos..... | 55 |
| Tabla 6: Resumen de ensayos – Análisis granulométrico por tamizado – Carretera Tangay .. | 62 |
| Tabla 7: Análisis estadístico de granulometrías del material de calicatas | 63 |
| Tabla 8: Resultados del ensayo proctor..... | 65 |
| Tabla 9: Resultados del ensayo CBR para las muestras M-A y M-B sin aditivo, saturada y sin saturar..... | 67 |
| Tabla 10: Resultados del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A..... | 70 |
| Tabla 11: Porcentajes del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A.... | 70 |
| Tabla 12: Resultados del ensayo CBR para suelo con aditivo..... | 71 |
| Tabla 13: Porcentajes del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A.... | 72 |
| Tabla 14: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (0.4%) | 77 |
| Tabla 15: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (solución tópica)..... | 78 |
| Tabla 16: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (0.6%) | 79 |
| Tabla 17: Presupuesto aplicación estabilizador iónico 1 + cemento..... | 80 |
| Tabla 18: Presupuesto Conservación rutinaria anual | 81 |
| Tabla 19: Presupuesto aplicación estabilizador iónico 2 + cemento..... | 82 |
| Tabla 20: Presupuesto corte hasta subrasante | 83 |
| Tabla 21: Conformación de subrasante | 83 |
| Tabla 22: Colocación afirmado $e=0.20$ m..... | 84 |
| Tabla 23: Presupuesto – Limpieza de calzada y bermas | 84 |

| | |
|---|----|
| Tabla 24: Presupuesto – Bacheo en calzada y bermas | 85 |
| Tabla 25: Presupuesto – Reposición de material afirmado | 85 |
| Tabla 26: Presupuesto por tipo de intervención | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Ubicación de la carretera Av. Industrial (Nuevo Chimbote) – C.P. Tangay. | 9 |
| Figura 2: Presencia de calzada erosionada y desprendimiento de material. | 10 |
| Figura 3: Presencia de desprendimiento de material..... | 11 |
| Figura 4: Presencia de calzada erosionada, baches y desprendimiento de material..... | 12 |
| Figura 5: Presencia de desprendimiento de material y polución..... | 12 |
| Figura 6: Presencia de desprendimiento de material..... | 13 |
| Figura 7: Presencia de desprendimiento de material..... | 13 |
| Figura 8: Estructura de un pavimento. | 15 |
| Figura 9: Huellas/hundimientos presentes en la calzada > 10 cm..... | 21 |
| Figura 10: Presencia de calzada erosionada < 5 cm..... | 22 |
| Figura 11: Presencia de bache en la calzada < 10 cm. | 23 |
| Figura 12: Calzada encalaminada < 5 cm. | 23 |
| Figura 13: Lodazal presente en la calzada. | 24 |
| Figura 14: Batido y conformación de calzada en Aeropuerto Internacional Jorge Chavez. | 38 |
| Figura 15: Aplicación de aditivo Maxx Seal 100 - Aeropuerto Internacional Jorge Chavez. . | 38 |
| Figura 16: Vista de a aplicación de aditivo Maxx Seal 100 – Aeropuerto Internacional Jorge Chavez..... | 39 |
| Figura 17: Aplicación tópica - Maxx Seal 100 - Aeropuerto Internacional Jorge Chavez. | 40 |
| Figura 18: Vista del secado de la aplicación tópica - Maxx Seal 100 – Aeropuerto Internacional Jorge Chavez. | 41 |
| Figura 19: Límites de Atterberg..... | 51 |
| Figura 20; Análisis granulométrico estadístico para las muestras C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6. | 64 |
| Figura 21: Valores CBR para especímenes con la muestra M-A | 68 |

| | |
|---|----|
| Figura 22: Valores CBR para especímenes con la muestra M-B..... | 68 |
| Figura 23: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A y M-B con 0.4% L de aditivo en proporción de 5 Kg..... | 73 |
| Figura 24: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A y M-B con 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg..... | 73 |
| Figura 25: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A con 0.4% L y 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg..... | 74 |
| Figura 26: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A con 0.4% L y 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg..... | 74 |

RESUMEN

La presente tesis comprende el análisis de ensayos de laboratorio con un producto recién incorporado al mercado nacional llamado Maxx-Seal 100. Este es un aditivo a base de polímeros que tiene como función principal brindar a los suelos resistencia, estabilidad e impermeabilidad, para todo tipo de suelos.

Los ensayos fueron ejecutados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, utilizando la Norma Técnica Peruana vigente, y las ASTM sección D. El estudio se focaliza en el material obtenido de la rasante de la carretera no pavimentada al C.P. Tangay, y las modificaciones de sus propiedades mecánicas después de la aplicación del polímero.

Con los resultados obtenidos se pretende incentivar la aplicación del uso de polímeros para carreteras no pavimentadas de bajo nivel de tránsito, sea vecinal o departamental.

ABSTRACT

This thesis includes the analysis of laboratory tests with a product recently incorporated in the national market called Maxx-Seal 100. This is a polymer-based additive whose main function is to provide the floors with resistance, stability and impermeability, for all types of floors.

The tests were carried out in the Soil Mechanics Laboratory of the National University of Santa, using the current Peruvian Technical Standard, and the ASTM section D. The study focuses on the material obtained from the grade of the unpaved road to the C.P. Tangay, and the modifications of its mechanical properties after the application of the polymer.

The results obtained are intended to encourage the application of polymers for unpaved roads with low traffic levels, be it local or department

CAPÍTULO I
INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

En estos últimos años se viene utilizando con mayor continuidad la estabilización química como método de mejora de las características del suelo, además de brindar ciertas cualidades a diversos suelos no competentes, como son resistencia al hielo-deshielo, lluvias, zonas con altas temperaturas y suelos con alto contenido de plasticidad. A continuación, se citan investigaciones con diversas aplicaciones de aditivos químicos, que fueron utilizados en las carreteras del Perú como alternativa de solución, prueba y posibles mejoras de esta nueva tecnología.

En el estudio hecho por Gutiérrez, Carlos (2010), se estudió el suelo de canteras en Carapongo, en la región de Lima, donde se concluye que el cloruro de calcio ofrece mejores características a los suelos tratados especialmente en la costa, donde el cloruro de magnesio no resulta bueno por ser muy higroscópica sobre hidratando el suelo y convirtiéndolo muy resbaladizo. Además que el cloruro de magnesio necesita altas cantidades para buenos resultados y esto genera grandes gastos. Concluyeron en que para lograr una eficiente estabilización del suelo estudiado, el costo de estabilización por m² de Bischofita será de S/.12.27 soles, mientras que el de cloruro de calcio será de sólo S/. 5.80 soles.

En el estudio hecho por Mondragón, Edson (2015), se estudió los suelos de la carretera de Canchaque - Huancabamba, cuya clasificación AASHTO es A-2-6(0), se concluyó que al hacer el ensayo CBR al 100% este aumentó de 54.90% (suelo sin aditivo) a 137.60% (suelo con aditivo) para una máxima densidad seca de 0.1". Cabe resaltar que el aditivo químico Proes como muchos otros actúan en conjunto con aditivos sólidos que usualmente y en este caso es el cemento con una tasa de 50-60 Kg/m³, que aumentan el costo de los proyectos para lograr buenos resultados.



En el estudio hecho por Ravines, María (2010), se estudió los suelos de la cantera de afirmado La Ramsa y la cantera de arcilla Parque Kart Beer en la región Piura, cuya clasificación SUCS es CL y ASSHTO es A-2-6, con un $IP=16$, se concluyó que la mejora de la capacidad de soporte CBR fue de 7-12% hasta 17-21% (aumento en la capacidad de soporte desde 175% hasta 242%) en el mejor de los casos tratados, que es de 1.5 lt de aditivo Perma-Zyme 22x en 30m³ de material.

En el estudio hecho por Choque, Héctor (2012), se estudió los suelos de la cantera ubicada en el km 40+700 de la carretera Ayacucho – Andahuaylas, ubicado en la ciudad de Huamanga en el departamento de Ayacucho, cuya clasificación SUCS es GC y ASSHTO es A-2-4(0), con un $IP=9$, se concluyó que los aditivos aplicados (cloruro de calcio y enzima PZ 22X) no funcionaron adecuadamente en dicha carretera debido a la intensidad de lluvias que lavaron los finos y luego presentaron baches, especialmente en el sector donde se aplicó cloruro de calcio.

En el estudio hecho por Lizárraga, Erwin (2011), se estudió los suelos de la cantera de la zona, ubicado en la región Ancash, cuya clasificación SUCS es GC y ASSHTO es A-2-6(0), con un $IP=7.40$, se concluyó que en su mejor resultado se dio un aumento de su capacidad portante CBR de 32.10% sin el aditivo CONSOLID a 98.90% con el uso de dicho aditivo, cuya dosificación es de 0.80 lt/m³ CONSOLID + 0.75% SOLIDRY.

1.2 Formulación del problema

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos.

Para la carretera al centro poblado Tangay, se proyectó en el 2011 en el Presupuesto Participativo el proyecto de afirmado de dos kilómetros y medio con un espesor de 15 centímetros, dándose a ejecución en fines del año 2013, y recientemente se colocó una capa



de enripiado. Esto hace inferir ciertas cosas, como: primero, que los mantenimientos no se están dando cómo deberían (además se verifica un costo de 43,114 soles por año); segundo, el proyecto no logró cumplir cabalmente las expectativas de resolver la problemática inicial, que cito de la ficha simplificada Snip de dicho proyecto: “Las viviendas se ven afectadas por el polvo que produce un deterioro de ellas, o un incremento en los costos de conservación de las mismas; en las personas el número e intensidad de las enfermedades respiratorias causadas por la emisión de partículas de polvo, afecta a todos los habitantes, especialmente a los estudiantes y amas de casa que diariamente realizan caminatas para llegar a sus centros educativos y centros de abastecimiento de productos respectivamente. Aunque el tránsito local es pequeño, la falta de calzadas de las vías origina mayores costos operativos de los vehículos, pérdidas de tiempo de viaje y aislamiento con los centros de servicio y comercio, ya que Tangay es pueblo de agricultores que necesitan trasladar sus productos como lo son el camote, el maíz, frijoles, entre otros a mercados como Bellamar y Dos de Mayo”

Y como tercer punto, mencionar también las constantes operaciones de mantenimiento que se realizarían para prevenir estos problemas, ya que, sin un buen tratamiento, sólo produciría incomodidad por el cierre temporal de la carretera y por ende un gasto excesivo en tiempo y dinero.

ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El presente estudio tratará de dar respuesta a:

¿Son los polímeros en emulsión vinilo acrílico una mejor solución para estabilizar superficies de rodadura como la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay?

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento técnico-ambiental de la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay con la aplicación del polímero estabilizador en emulsión



mencionado y realizar un análisis económico comparativo, con y sin la aplicación del polímero estabilizador.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar ensayos completos de suelos en laboratorio exigidos por normas peruanas e internacionales EG-2013, AASHTO y ASTM (w%, proctor, CBR, SUCS).
- Determinar las ventajas técnico-ambientales del uso de este polímero estabilizador frente a otras alternativas de estabilización de suelos.
- Hacer un análisis de costos y proporcionar las especificaciones técnicas del producto que permitan al proyectista determinar la factibilidad del uso del estabilizador en emulsión vinilo acrílico.

1.4 Formulación de la hipótesis

El uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay estabilizará y optimizará las características mecánicas de la superficie de rodadura disminuyendo los efectos y daños producidos en éste, lo que reduce los mantenimientos posteriores para este tipo de carreta rural.

1.5 Justificación del proyecto

En muchas partes del país, existen zonas agrícolas y pueblos que necesitan transportar sus productos hacia las ciudades para venderlas, así también los mismos pobladores como parte de la inclusión social. Usualmente estas carreteras hoy en día presentan fallas superficiales como baches, ahuellamientos, y polución.

Éstas carreteras tienen un mantenimiento periódico de 1 cada 5 años; la problemática de garantizar la conservación de las carreteras no pavimentadas en óptimas condiciones son esenciales, como es el caso de la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay, que



debería estar en condiciones óptimas durante todo el tiempo de vida estimado o hasta que se realice el próximo mantenimiento.

Para conservar las superficies de rodadura y que no experimenten un deterioro acelerado en el tiempo, es que se viene innovando en el uso de estabilizadores químicos como alternativa de solución ya que están resultando ser mejores tanto en lo técnico, económico y ambiental.

Optimizar las condiciones de la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay, es posible utilizando el polímero estabilizador en emulsión Maxx-Seal 100 en la sub-rasante lo que garantizaría condiciones óptimas de estabilidad, resistencia, impermeabilización y la no presencia de polución.

La importancia del uso de esta tecnología en las carreteras no pavimentadas promueve una necesidad de estudio para la implementación en todas las carreteras rurales en la provincia y el país.

1.6 Limitaciones del trabajo

1.6.1 Tipo de diseño

Diseño Experimental

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.



1.6.2 Variables

- **Variable independiente**

Polímero en emulsión vinilo acrílico.

- **Variable dependiente**

Estabilización de la superficie de rodadura de la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay.

1.6.3 Estrategia de trabajo

- **Población muestral:**

Centro Poblado Tangay.

- **Unidad de análisis:**

Suelos de la carretera no pavimentada con el uso de Maxx-Seal 100.

1.6.4 Metodología y plan de trabajo

La metodología será analítica y el plan de trabajo contiene fundamentalmente cuatro partes las cuales se detallan a continuación:

- Recopilación de información bibliográfica.
- Recolección de Datos.
- Procesamiento de datos.
- Análisis e Interpretación de resultados.

Interpretación y análisis de resultados

La metodología será analítica y el plan de trabajo contiene fundamentalmente cuatro partes las cuales se detallan a continuación:



Recopilación de información bibliográfica:

Se realizará la búsqueda de información bibliográfica de situaciones parecidas a las que se piensa estudiar en este proyecto, incluyendo normas internacionales. Esto implica profundizar en el conocimiento del uso de estabilizadores químicos en las carreteras no pavimentadas.

Recolección de Datos:

Se realizará un análisis a las muestras de suelo de la carretera no pavimentada para ser evaluados con el polímero estabilizador en emulsión Maxx-Seal 100 en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa.

Se solicitará a la empresa proveedora del polímero estabilizador en emulsión Maxx-Seal 100 información técnica y económica.

Procesamiento de datos:

Se procesarán los datos de las muestras de suelos de la carretera no pavimentada obtenidas en el laboratorio de mecánica de suelos de la UNS de ensayos tales como: contenido de humedad, SUCS, proctor modificado, CBR, límites de Atterberg, etc.

Se obtendrán los costos de las diferentes partidas para realizar un tratamiento con y sin aditivo a la carretera no pavimentada al centro poblada Tangay.

Análisis e Interpretación de resultados:

La comparación se realizará en los resultados obtenidos en laboratorio según indicaciones de normas peruanas, normas internacionales y especificaciones del fabricante, además de un análisis de costos en las 2 instancias: con la aplicación del polímero en emulsión vinilo acrílico y sin la aplicación de éste.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en la carretera de la ruta vecinal Nuevo Chimbote – C.P. Tangay perteneciente al Distrito de Nuevo Chimbote, regiones de Ancash, con altitudes cuyo rango está entre los 20 msnm y 30 msnm y con longitud de 8.50 Km. Las principales conexiones para la carretera en mención son a través de la Avenida Anchoqueta y Avenida Industrial.

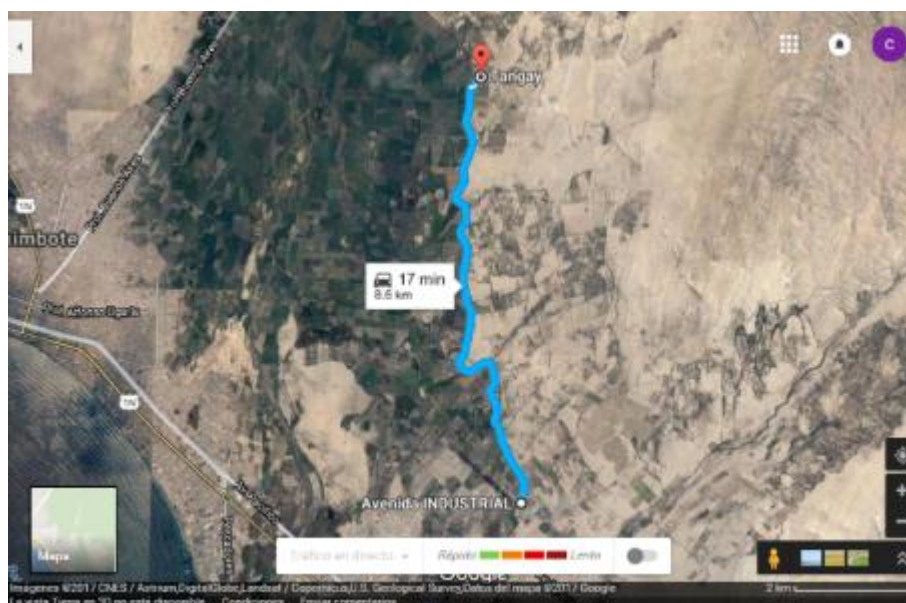


Figura 1: Ubicación de la carretera Av. Industrial (Nuevo Chimbote) – C.P. Tangay.

Fuente: Navegador Google Maps – Versión 2017

2.2. Descripción general del estado de la vía

El estado de la vía en general presenta irregularidades, polución y enripiado en ciertos tramos como intento de solución inmediata. Además, el mantenimiento no es el adecuado; sólo se ha hecho un mantenimiento desde la creación de la carretera estudiada. Este proyecto fue desarrollado en el año 2012 con código SNIP 2213195, que lleva por nombre: “Mejoramiento del camino de acceso del sector 40-50 del centro poblado Tangay, distrito de

Nuevo Chimbote – Santa – Ancash” ejecutado por el municipio de Nuevo Chimbote con un costo de S/. 178,400 soles y S/. 43,114 soles de mantenimiento anual, que no se viene cumpliendo según los moradores. Se describe a continuación los tramos de la vía Tangay:

Tramo Av. Industrial – Tangay Bajo (km 0+000 – 5+000)

En el mes de noviembre del año 2016 este tramo se encontró con frecuentes irregularidades y estado de transitabilidad con velocidades no mayores a 40km/h. La superficie de rodadura presentaba frecuentes deformaciones, desprendimiento de material, calzada encalaminada y depresiones profundas y/o baches (5 – 10 baches cada 200 metros con profundidades mayores a 50mm).



Figura 2: Presencia de calzada erosionada y desprendimiento de material.



Figura 3: Presencia de desprendimiento de material

Fuente: Fotografiado propio, 2018

Tramo Tangay Bajo – Tangay Medio (km 5+000 – 6+200)

En el mes de noviembre del año 2016 este tramo se encontró con frecuentes irregularidades y estado de transitabilidad con velocidades no mayores a 50km/h. La superficie de rodadura presentaba frecuentes deformaciones y depresiones profundas y/o baches (5 – 10 baches cada 200 metros con profundidades mayores a 50mm).



Figura 4: Presencia de calzada erosionada, baches y desprendimiento de material.

Fuente: Fotografiado propio, 2018.



Figura 5: Presencia de desprendimiento de material y contaminación.

Fuente: Fotografiado propio, 2018

Tramo Tangay Medio – Tangay Alto (km 6+200 – 8+500)

En el mes de noviembre del año 2016 este tramo se encontró con frecuentes irregularidades y estado de transitabilidad con velocidades no mayores a 40km/h. La superficie de rodadura presentaba frecuentes deformaciones, desprendimiento de material y depresiones profundas y/o baches (5 – 10 baches cada 100 metros con profundidades mayores a 50mm).



Figura 6: Presencia de desprendimiento de material.

Fuente: Fotografiado propio, 2018



Figura 7: Presencia de desprendimiento de material.

Fuente: Fotografiado propio, 2018.



2.3. Clasificación de la vía

Según el MTC en su Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (DG-2018) las carreteras pueden clasificarse de 2 tipos las cuales son:

2.3.1 *Clasificación por demanda:*

Por ser una carretera no pavimentada donde el tránsito promedio diario (TPD) es menor a 400 Vehículos/día, la carretera en estudio se clasifica como una CARRETERA DE TERCERA CLASE.

2.3.2 *Clasificación por orografía*

Por ser una carretera no pavimentada donde las pendientes transversales al eje de la vía son menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son menores de 3%, se considera a la carretera en estudio como una carretera de TIPO 1 (Terreno Plano).

2.4. Estructura de pavimento

2.4.1 *Definición*

Pavimento es la “capa o conjunto de capas comprendida(s) entre la subrasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de los vehículos, el intemperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la subrasante, de modo que esta no se deforme de manera perjudicial. (JUAREZ y RICO, 2004).

Un aspecto muy importante es la capacidad de drenaje que todo el sistema estructural debe tener. Este es un proceso donde el agua de infiltración superficial es evacuada de los suelos por medios naturales o artificiales. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de carreteras, pues el agua tiene efectos altamente perjudiciales en la estructura, adonde ingresa a través de las grietas, juntas, bermas o como agua subterránea por el nivel freático; reduciendo la resistencia de las capas granulares como son la base, subbase y hasta la subrasante.

El diseño de las capas estructurales, exige que éstas sean hechas para resistir las sollicitaciones mencionadas anteriormente con el fin de proporcionar seguridad a bajo costo, logrando una larga vida útil del pavimento.

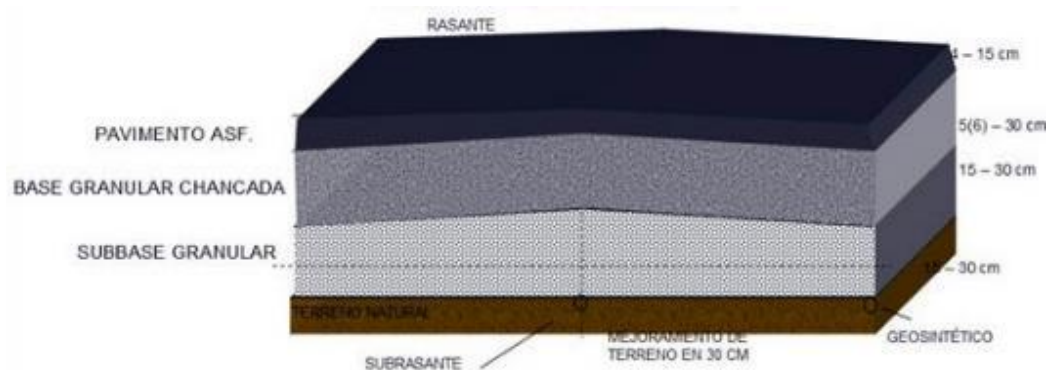


Figura 8: Estructura de un pavimento.

2.4.2 Subrasante

Nivel superior del movimiento de tierras cuando éste ha sido terminado de acuerdo a proyecto y sobre el cual se construye la estructura de pavimento compuesta normalmente por subbase, base y carpeta de hormigón o asfalto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2004). Este material puede ser tanto granular como afirmado, empedrados u otras carpetas granulares, seleccionados o zarandeadas, producto de cortes y extracciones de canteras.



Si la fundación donde se piensa construir es defectuosa, debe reemplazarse por un suelo de mejor calidad; también puede hacerse una combinación de éste con un suelo competente; o en su defecto se puede colocar un relleno de subbase si el material de fundación es pobre.

La subrasante tiene una gran influencia en la construcción del pavimento, ya que si se presentaran subrasantes inestables se presentarían problemas referentes a la colocación y compactación de los materiales para la subbase y base. Cuando el paquete estructural entre en funcionamiento y deba soportar las cargas del tránsito; los esfuerzos, desplazamientos y agrietamientos serán influidas en gran parte debido a una mala subrasante, así como también un gran porcentaje de las deflexiones que se producen en la superficie de un pavimento se le puede atribuir a las subrasantes, por esta razón se debe contar con una buena caracterización de la subrasante. Se identificarán cinco categorías de subrasante tal como se muestra en la Tabla 1.

Se considerará aptos aquellos suelos que presenten un CBR (*California Bearing Ratio*) mayor o igual a 6%, de ser menores a éste se procederá a la eliminación del material y a su posterior reemplazo, o en su defecto estabilizarlo.

Tabla 1: Categoría de subrasante

| Categorías de Subrasante | CBR |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| S0: Subrasante Inadecuada | $CBR < 3\%$ |
| S1: Subrasante Insuficiente | $CBR \geq 3\% \text{ A } CBR < 6\%$ |
| S2: Subrasante Regular | $CBR \geq 6\% \text{ A } CBR < 10\%$ |
| S3: Subrasante Buena | $CBR \geq 10\% \text{ A } CBR < 20\%$ |
| S4: Subrasante Muy Buena | $CBR \geq 20\% \text{ A } CBR < 30\%$ |
| S5: Subrasante Excelente | $CBR \geq 30\%$ |

Fuente: Manual de Carreteras – Sección Suelos y Pavimentos - MTC.



2.4.3 Subbase

Capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la subrasante (MTC, 2004). Esta capa está compuesta por materiales granulares de buena gradación. El empleo de una subbase implica mejorar la capacidad de soporte del suelo que se traduce en una reducción del espesor de la capa base.

Esta capa tiene por objetivo corregir posibles irregularidades o deficiencias que tenga la fundación para que éstos no afecten a la base, como son los cambios de volumen de elasticidad y plasticidad. Así también debe de servir de drenaje al pavimento para evitar la infiltración de agua y arrastre de finos. Con la construcción de esta capa también se controla la ascensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas o de cualquier alguna otra fuente protegiendo el pavimento contra los hinchamientos que se pueden producir por ejemplo en las zonas donde existen heladas (congelamiento del agua capilar).

2.4.4 Base

Capa constituida por un material de uso estructural, de espesor determinado de acuerdo a diseño, la cual se coloca sobre la subbase o sobre el nivel de subrasante, según sea que se considere o no la incorporación de material de subbase (MTC, 2004). Esta capa tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos; y además, repartir uniformemente estos esfuerzos a la subbase y asimismo al terreno de fundación.

Este relleno debe ser resistente a los cambios de humedad y temperatura, también no debe presentar cambios de volumen que sean perjudiciales para la estructura de pavimento. Se debe restringir el porcentaje de finos ya que debe asegurarse que



permita el libre drenaje; una cantidad por encima de la deseada de finos podrían llenar los vacíos de la base, reduciendo su permeabilidad.

2.5. Carreteras no pavimentadas

2.5.1 Definición

Una carretera es un camino proyectado y construido para el libre tránsito de vehículos de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes. El diseño de una carretera responde a una necesidad social y económica en beneficio de una comunidad que requiere este servicio.

Desde el punto de vista estructural; son denominadas carreteras no pavimentadas a aquellas donde la superficie de rodadura está formada por materiales granulares y que han sido sometidas a tratamientos superficiales, con trabajos previos de alineamiento, con sección transversal y longitudinal adecuada, y con un respectivo drenaje; así como también las que no han recibido tratamiento alguno tales como los caminos de herradura o trochas que son construidas por la necesidad de acceder a lugares remotos.

2.5.2 Clasificación

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2008) para las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito se ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

- Carreteras de tierra y carreteras de grava.
- Carreteras afirmadas con material granular y/o estabilizadas.

Las carreteras de tierra son constituidas por suelos naturales y las carreteras gravosas son constituidas por una capa de revestimiento con material natural granular sin procesar que es seleccionado manualmente o por zarandeo.



Las carreteras afirmadas con material granular son aquellas que funcionan como superficie de rodadura y está constituida por materiales granulares naturales provenientes de canteras, excedentes de excavaciones o materiales que se ajustan a determinadas especificaciones técnicas en relación con su tamaño, su composición granulométrica, su resistencia y su calidad de finos; mientras que carreteras con superficies estabilizadas son propiamente mezcladas con materiales de origen industrial para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas.

2.6. Deterioros producidos en las carreteras no pavimentadas

2.6.1 Proceso de deterioro

Los principales factores que ocasionan los problemas estructurales y superficiales son la acción del tráfico y las condiciones climáticas presentes en la zona (lluvias, efecto de hielo-deshielo). El proceso de deterioro consiste en un mecanismo más acelerado que una carretera pavimentada ya que la acción abrasiva de los neumáticos de los vehículos desgastan la calzada produciendo polvo particulado en suspensión de manera constante, así solo dejando superficialmente las partículas gruesas en la calzada, que sumado a las precipitaciones que puedan presentarse en la zona aceleran el proceso de manera progresiva formando así deformaciones, superficies erosionadas, baches, ondulaciones y lodazales.

El deterioro puede ocurrir en varias etapas, desde un deterioro lento imperceptible hasta un deterioro crítico y avanzado donde se evidencia un nivel de gravedad total de la calzada que involucra una reconformación o rehabilitación de la vía.

2.6.2 Tipos de deterioros / Fallas y niveles de gravedad

El (MTC, 2014) en su Manual de carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial menciona que la condición de carreteras no pavimentadas se califica por sus deterioros



o fallas, la velocidad promedio y la sinuosidad de la trayectoria del vehículo como resultado de los daños de la carretera. A continuación, se describen los tipos de deterioros / fallas:

a) Deterioro / Falla 1: Deformación

• **Descripción**

Este rubro incluye:

- ✓ El ahuellamiento debido a la deformación de la capa de grava y/o de la subrasante en las huellas del tráfico.
- ✓ El ahuellamiento debido al desgaste superficial en las huellas del tráfico.
- ✓ Los hundimientos localizados relacionados con la pérdida de capacidad de soporte de la subrasante

No se consideran en este rubro los surcos erosivos.

• **Causas**

Esta falla puede provenir de las siguientes causas:

- ✓ Insuficiencia estructural acentuada por un volumen de tráfico excesivo.
- ✓ Geometría de la carretera (curvas agudas aumentan el desgaste superficial)
- ✓ Clima y drenaje (un contenido de agua excesivo conlleva una reducción de la capacidad de soporte de la capa granular y de la subrasante).



Figura 9: Huellas/hundimientos presentes en la calzada > 10 cm.

Fuente: Fotografiado propio, 2016.

b) Deterioro / Falla 2: Erosión

• Descripción

Este rubro incluye los surcos erosivos creados por los escurrimientos de agua aproximadamente paralelos al eje de la carretera. Su gravedad resulta de la intensidad de los escurrimientos y del tipo del suelo (índice de plasticidad y granulometría)

• Causas

Esta falla puede provenir de las siguientes causas:

- ✓ Topografía accidentada (fuertes pendientes y curvas aumentan la intensidad de los escurrimientos).
- ✓ Clima y drenaje (un drenaje deficiente favorece los escurrimientos sobre la superficie de la carretera).



Figura 10: Presencia de calzada erosionada < 5 cm.

Fuente: Fotografiado propio, 2016.

c) Deterioro / Falla 3: Baches

• Descripción

Los baches (huecos) resultan de aguas estancadas en la superficie de la carretera. El tráfico favorece su desarrollo. Generalmente, estorban a los vehículos cuando su tamaño alcanza el orden de 0.20 m.

• Causas

Esta falla puede provenir de las siguientes causas:

- ✓ Mal drenaje de la superficie de la carretera
- ✓ Clima y drenaje (un drenaje deficiente favorece las aguas estancadas sobre la superficie de la carretera).



Figura 11: Presencia de bache en la calzada < 10 cm.

Fuente: Fotografiado propio, 2016.

d) Deterioro / Falla 4: Encalaminado

- **Descripción**

Se trata de ondulaciones de la superficie. Resultan de la acción de las vibraciones transmitidas por los vehículos sobre los agregados del material granular.



Figura 12: Calzada encalaminada < 5 cm.

Fuente: MTC – Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (2014)

e) **Deterioro / Falla 5: Lodazal y cruce de agua**

- **Descripción**

Un lodazal es una sección de suelo fino que se caracteriza por su transitabilidad baja o intransitabilidad durante épocas de lluvia. En épocas secas, si no se realizan las tareas de mantenimiento requeridas, los vehículos tienen dificultades debidas a las deformaciones del material.

- **Causas**

Ambos deterioros o fallas resultan de un drenaje deficiente.



Figura 13: Lodazal presente en la calzada.

Fuente: Fotografiado propio, 2016.

2.7. Estabilización de suelos

2.7.1 Definición

Según el (MTC, 2014) en su Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, la estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

También puede entenderse como estabilización de suelos al proceso por el cual se someten los suelos naturales o materiales de préstamo a cierta manipulación o tratamiento para corregir alguna deficiencia y mejorar sus características de resistencia.

Casos que justifican una estabilización:

- Subrasantes inadecuadas.
- Suelos con condiciones de humedad desfavorables.
- Materiales para base o subbase en el límite de las especificaciones técnicas.
- Condiciones desfavorables como baches, erosiones y polución excesiva.

2.7.2 Objetivos

Debido a la necesidad del hombre de frenar el impacto ambiental por la sobre explotación de canteras para el uso y construcción de diferentes tipos de infraestructura, el sobre costo que genera el transporte de los materiales, y las canteras limitadas con las que se cuenta en el medio, es que se ha visto la necesidad de generar opciones viables



que mitiguen o eliminen los problemas antes mencionados, generando así productos que ayuden a un suelo a mejorar tanto sus propiedades físicas como mecánicas.

En base a lo mencionado anteriormente se puede decir que la estabilización de suelos es un proceso que consiste en mejorar el comportamiento de los suelos mediante el incremento de la capacidad de soporte, otorgando también condiciones de impermeabilidad, generando así suelos con alta resistencia a las condiciones de tráfico y condiciones de tiempo desfavorables.

Como objetivos principales tenemos:

- Incrementar la capacidad de soporte
- Reducir la permeabilidad.
- Disminuir las malas condiciones superficiales del pavimento.
- Mejorar la transmisión de cargas de vehículos.
- Disminuir la explotación de canteras.

2.8. Tipos de estabilización

Los procedimientos de estabilización usados hoy en día, que son los más apropiados para los usos específicos en carreteras, además por ser los más económicos, son los siguientes:

- Estabilización por medios mecánicos.
- Estabilización por medios químicos (cemento, cal, asfalto, otros productos).

2.8.1 Estabilización mecánica

Con este método se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo (MTC, 2013).

Al compactar un suelo se puede obtener los siguientes resultados:



- Se obtendrá una mayor densidad del suelo, esto ayudará a que las cargas transmitidas al pavimento, se distribuyan de manera eficiente, obteniendo menores presiones y deflexiones en la subrasante.
- Al ser un elemento compacto este tendrá mayor estabilidad, evitando así posibles asentamientos en la calzada, causando así la inestabilidad del pavimento.

Dentro de los procedimientos se tienen los siguientes:

- **Amasado:** Se suele usar rodillos de pata de cabra, y son utilizados en suelos finos cohesivos.
- **Impactador de carga:** Se utilizan pisonos los cuales combinan el impacto, la vibración y el mezclado; son perfectas para áreas confinadas y se utilizan para compactar suelos finos.
- **Presión estática:** Con rodillos lisos y neumáticos que combinan la acción de amasado con el peso estático.
- **Vibración:** Se usan los rodillos lisos vibratorios para ayudar al reacomodo de las partículas del suelo.
- **Métodos mixtos:** Es la combinación de los anteriores procedimientos.

2.8.2 Estabilización química

Según la Norma Técnica de estabilizadores químicos (MTC E 1109, 2014) la estabilización química de suelos es una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, genéricamente denominado estabilizador químico, el cual se debe mezclar íntima y homogéneamente con el suelo a tratar y curar de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto. La aplicación de un estabilizador químico tiene como objeto principal transferir al suelo tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o servicio.



Con esta tecnología de estabilización se busca generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr la modificación de las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido, ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio.

Los estabilizadores químicos pueden tener tres categorías:

- Para cubrir e impermeabilizar los granos del suelo o proveer de fuerza cohesiva.
- Para formar una adhesión cementante entre las partículas del suelo; proporcionándoles fuerza y durabilidad.
- Para suelos finos tipo arcillas; generarán una alteración en la naturaleza del sistema agua-arcilla, con la cual se tendrá como resultado una baja en la plasticidad; posibles cambios de volumen; hará que se formen uniones cementantes y por último se mejorará la resistencia aumentándola.

2.9. Clasificación de la estabilización química

Estos agentes consideran una amplia variedad de tipos, entre los cuales se encuentran la cal, cemento portland, escorias, subproductos del petróleo, productos enzimáticos, polímeros, entre otros. Los estabilizadores químicos pueden tener efectos sobre una o varias de las propiedades de desempeño del suelo, de acuerdo al tipo específico y condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado.

2.9.1 Estabilización de suelos con cal

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza es óxido cálcico (cal anhidra o cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada). Estas cales se llaman



también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico. (MTC M. d., 2013)

La cal es el agente estabilizador más usado a través de la historia, pero fue recientemente que se hicieron estudios científicos relacionados a su empleo como estabilizador de suelos y se han cuantificado sus magníficos resultados.

Al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles. Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. (MTC M. d., 2013)

La dosificación depende del tipo de fino (arcilla). Se agregará de 2 al 8% de cal por peso seco del suelo o material para estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de los suelos finos obteniéndose un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia. No es recomendable usar más del 8% ya que con esto se aumenta la resistencia, pero también tenemos un incremento en su plasticidad. Para considerar el uso de la cal como estabilizador el IP del suelo deberá ser mayor a 10.

Los suelos tratados con cal y sujetos a ciclos de hielo/deshielo pueden presentar inconvenientes y problemas de durabilidad.

Los suelos que comúnmente se suelen estabilizar usando cal son los suelos clasificados como: CH, CL, MH, SM, SC, GC, con un índice de plasticidad mayor de



19 y con un porcentaje del 25% de finos que pasan la malla N° 200.

2.9.2 Estabilización suelo-cemento

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventualidades adiciones, seguida de una compactación y curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ($LL < 40$, $IP < 18$).

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo. (MTC M.d., 2013)

Aplicable para estabilizar suelos arcillosos de baja plasticidad, suelos arenosos y suelos granulares con el objetivo de aportarles mayor resistencia. Al hidratarse el cemento, la mezcla se convierte en un material de pavimento resistente y durable capaz de soportar las tensiones a las que se le someten por las cargas del tránsito y las acciones del clima. Contenidos de cemento mayores a los requeridos conllevarán a



agrietamientos por contracción causados por los cambios de temperatura y variaciones de humedad.

Suele decirse que el suelo tratado con cemento no debe tener partículas de más de 8 cm o de un tercio del espesor de la capa tratada. También es usual especificar que el suelo no tenga más de un 50% pasando la malla N°. 200, que su límite líquido no sea mayor de 50% y que su índice de plasticidad no exceda de un 18%. (Rico y Del Castillo, 1984, p.506)

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento. (MTC M.d., 2013)

2.9.3 Estabilización con escoria

Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, en la fabricación del cemento, como agregados en la fabricación de hormigón, como material de base y sub-base en los pavimentos, en la estabilización de sub-rasantes, en la carpeta asfáltica formando parte del ligante bituminoso; en la agricultura también se ha encontrado aplicación, así como en el tratamiento de aguas residuales. Al emplearse este subproducto en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO₂ al ambiente. (MTC M. d., 2013)



En caso de escasez de finos, se podrá efectuar una mezcla de escoria, arena fina y cal; no obstante, en este caso no se admitirá el uso de cal viva, porque podría causar expansión en el suelo.

En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y de escoria entre 35% - 45% en volumen. La utilización de grados con tamaño máximo limitado al de las arenas facilita los trabajos de mantenimiento sin desgastar prematuramente las cuchillas de motoniveladoras ni formar estrías sobre la calzada. Además, tamaño de agregados mayores a 1 cm al ser despedidos por la acción del tránsito pueden provocar daños a los vehículos, así como a las personas.

2.9.4 Estabilización con productos asfálticos

Según (MTC M. d., 2013) la mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

- Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
- Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, $LL < 30$ e $IP < 10$.

El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia in situ, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su



contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla más adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, éstos podrán ser más viscosos.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material, aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas, pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economías. (MTC M. d., 2013)

2.9.5 Estabilización con enzimas

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas hasta hacerlas instantáneas o casi instantáneas, son catalizadores altamente específicos. La especificidad de las enzimas es tan marcada que en general actúan exclusivamente sobre sustancias que tienen una configuración precisa.

Como son moléculas estrictamente proteicas, éstas también sufren desnaturalización, no dializan y también pueden sufrir saturación. La desnaturalización de las enzimas es un cambio estructural en las proteínas donde pierden su estructura tridimensional o conformación química, de esta forma pierden a su vez su óptimo funcionamiento y a veces cambian sus propiedades físico-químicas; por ejemplo cuando las enzimas están desnaturalizadas pierden su actividad catalítica, pues los sustratos no pueden unirse al centro activo y porque los residuos de los aminoácidos implicados en la estabilización de los sustratos no están posicionados para hacerlo. La desnaturalización surge cuando la proteína es alterada por algún



factor, sea éste físico o químico. Entre los factores físicos está el calor y factores químicos como el pH, los disolventes orgánicos y la fuerza iónica.

En la ingeniería de carreteras, las enzimas se utilizan para la estabilización de vías y carreteras muchas veces como aglutinante, así, la acción catalizadora de las enzimas incrementa el proceso humectante del agua y provoca la acción aglutinante sobre cierto tipo de materiales, disminuyendo la cantidad de vacíos.

2.9.6 Estabilización con polímeros

Un polímero es un compuesto químico formado por macromoléculas, resultado de la formación de cadenas largas de un mismo tipo o de diferentes tipos en las que se repite una unidad, llamada monómero; cuando se forma por medio de uniones de un mismo monómero ésta se denomina homopolímero, y cuando están formados por más de un tipo de monómero se denomina co-polímero. Existen polímeros de tipo natural y artificial, donde los últimos son los más usados por las distintas industrias de estabilización de suelos.

Lo que diferencia a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas, esto gracias a las grandes cadenas poliméricas que atraen. La estabilización de suelos con polímeros es obtenida por un proceso que implica que las partículas que conforman una masa de suelo, serán recubiertas en toda su superficie por estos polímeros (diluidos en agua), luego este suelo será batido con equipo para generar la homogeneidad del material, para finalmente compactarla de tal manera que las partículas estén en contacto unas con otras. Esto inicia el proceso conocido como “polímeros entrelazados” en el que la masa se solidifica, y forma una masa hidrofóbica (impermeable) que reduce el ingreso de agua ya que reduce la relación de vacíos, otorga gran resistencia y puede hasta soportar grandes variaciones de temperatura.



Ya que mejora las propiedades mecánicas y físicas del suelo a estabilizar, pueden darse las siguientes condiciones:

- Incremento de las densidades de compactación.
- Mejora de la capacidad portante.
- Aumento del CBR considerablemente (capacidad de soporte del suelo).
- Aumento de la vida útil de las vías y carreteras.
- Alarga el tiempo de mantenimiento periódico y de la reposición de pérdidas del material pétreo.
- Reduce costos de operación y mantenimiento.

CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Estabilización de suelos con Maxx-Seal 100

Maxx-Seal 100 es un co-polímero de moléculas de alto peso de vinilo acrílico, al ser vinilo acrílico tiene la propiedad que una vez secado no es lavable con el agua ni con cualquier otro producto. Cuando Maxx-Seal se aplica al suelo, las moléculas de co-polímero se fusionan y forman enlaces con el suelo. Los polímeros de cadena larga y alto peso molecular forman una matriz de un alto grado de impermeabilidad, aportando resistencia y durabilidad al suelo con el que se mezcla.

Nuestro producto es fabricado utilizando un extremado proceso de control y escudriñado sobre cada lote producido. Cada lote es evaluado antes, durante y después de la finalización para asegurar que el resultado de producción de polímeros sea de la más alta calidad para un resultado óptimo como controlador de polvo y estabilizador de suelos. La ventaja de este aditivo es que dependiendo de las necesidades de la obra se puede personalizar para lograr los resultados que se espere.

Maxx-Seal 100 es uno de estos productos que es clasificado como “tecnología verde”. Algunos ejemplos de “tecnología verde” son: enzimas, surfactantes, biopolímeros, polímeros sintéticos, productos basados en co-polímeros, polímeros de estireno acrílico, resinas de árboles, estabilizadores iónicos, refuerzo de fibra, cloruro de calcio y otros. Algunas de estas nuevas técnicas de estabilización utilizadas, crean una superficie hidrofóbica y una masa que previene la falla de la estructura por penetración de agua o fuertes heladas.

Los principales objetivos de la utilización de este polímero es mejorar el CBR de los suelos in situ y otorgar a la calzada características impermeables.

3.1.1 *Métodos de aplicación:*

Maxx-Seal se suministra como un polímero líquido con al menos un 50% de sólidos estables. Se mezcla fácilmente con agua y no tiene advertencias de la EPA (Agencia de



protección ambiental de los Estados Unidos), ni restricciones de aplicación. Una vez que el producto está en el sitio, el material se agregará a un camión de agua precargado. La relación de polímero a agua se calculará antes de la entrega y se confirmará antes de que la aplicación haya comenzado. Hay esencialmente dos métodos para aplicar el polímero. Una es la estabilización profunda mientras que la otra es una aplicación tópica altamente diluida.

Estabilización:

El método de estabilización requiere escarificación del suelo a la profundidad requerida de la estabilización deseada. Esto se puede lograr con motoniveladora para lograr un batido y uniformidad del material, aunque puede realizar con un buldócer o con un tractor agrícola de hojas o rastra. Una vez que el suelo haya sido escarificado, se procederá a aplicar la mezcla de Maxx-Seal con agua.

El camión realizará las pasadas necesarias para garantizar el óptimo contenido de humedad, la motoniveladora realizará el batido del material detrás del paso de la cisterna para mezclar uniformemente la solución de polímero / agua. Una vez completado el batido la motoniveladora deberá realizar la conformación y refine según la topografía necesaria que necesite la carretera, con los bombeos y drenajes respectivos, terminado esto se realizará la compactación con un rodillo liso.

Tan pronto como se haya terminado la compactación se puede aperturar la vía al tráfico. El tráfico adicional ayudará también a la compactación de la carretera. Después de dejar que la carretera se seque por un tiempo, se recomienda como optimización realizar un riego superficial (solución tópica) con la cisterna con Maxx-Seal 100, esto sellará la superficie, controlando así la polución de la carretera y aumentará la resistencia a la abrasión.



Figura 14: Batido y conformación de calzada en Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.

Fuente: ENVIROSEAL PERÚ, 2016.



Figura 15: Aplicación de aditivo Maxx Seal 100 - Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.

Fuente: ENVIROSEAL PERÚ, 2016.



Figura 16: Vista de a aplicación de aditivo Maxx Seal 100 – Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.

Fuente: ENVIROSEAL PERÚ, 2016.

Control de polvo – solución tópica:

El segundo método es una aplicación tópica simple. Esto se usa principalmente en carreteras no pavimentadas con áreas de alto tránsito, donde el control del polvo es la principal preocupación. El suelo para esta aplicación presenta desprendimiento de material por el rozamiento de los neumáticos en la parte superficial, pero el espesor del paquete estructural presenta una zona compacta y adecuada, es por este motivo que no requerirá escarificación. Esto permite que la carretera permanezca abierta en todo momento. Este proceso es muy utilizado en minería y proyectos especiales en donde no es conveniente detener el tráfico por días para mantenimientos rutinarios o preventivos ya que pierden la productividad de sus trabajos.

Comenzamos esta aplicación preparando la superficie de la carretera; para esto se necesita tener la superficie de la carretera libre del material desprendido como son piedras sueltas, finos y otros materiales. Para lograr esto, con la cuchilla de la

motoniveladora, se raspará la calzada, a este proceso se llama perfilado, en el cual se obtendrá la carretera dura y estable.

Una vez que se haya raspado el camino, estará listo para comenzar la aplicación. Una ventaja de este método es que no es necesario interrumpir el tráfico, solo se preparará una cisterna de agua con Maxx-Seal 100, y esta rociará sobre la calzada ya perfilada, para garantizar la impermeabilización de la calzada, se recomienda realizar 2 pasadas con el riego del producto para lograr abarcar en su totalidad toda el área. Una vez realizada las 2 pasadas con el producto se podrá aperturar la vía, el paso de vehículos ayudará a la penetración del polímero dentro de la calzada. Una vez que el producto haya secado se obtendrá una carretera impermeable, resistente a la abrasión y la erosión.



Figura 17: Aplicación tópica - Maxx Seal 100 - Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.

Fuente: ENVIROSEAL PERÚ, 2016.



Figura 18: Vista del secado de la aplicación tópica - Maxx Seal 100 – Aeropuerto Internacional Jorge Chavez.

Fuente: ENVIROSEAL PERÚ, 2016.

3.1.2 Tasas de aplicación

Aplicando modestamente las tasas de aplicación, son útiles como supresor de polvo e impermeabilización (solución tópica), así como también aumentar las características de resistencia y capacidad portante de la calzada. Las tasas de aplicación más altas pueden llegar a obtener resistencias tan altas como las del concreto, pero estas se recomiendan para otros tipos de estructuras que necesitarían mayor rigidez, ya que para las carreteras se recomienda tener la estructura elástica y no rígida. Al ajustar la tasa de aplicación a las características del terreno, Maxx-Seal puede seguir siendo efectivo desde meses (solución tópica), hasta varios años (estabilización de la calzada).

La siguiente tabla en donde se describen las tasas de aplicación se consideran como línea base, ya que se deberá determinar bajo ensayos la tasa de aplicación óptima a aplicar, la cual es el objetivo de esta tesis. Esta tabla presenta cantidad de aditivo en litros por metro cuadrado (lt/m²) por profundidad del tratamiento con respecto a la



estabilización (centímetros o pulgadas). Para tratamientos tópicos, se pueden usar los tratamientos a 1cm (aplicación tópica ligera); así como también el de 5cm (aplicación tópica de alta concentración).

Tabla 2: Cantidad de aditivo a colocar por espesor de material.

| CM de estabilización | Gl/yard ² | Lt/m ² |
|----------------------|----------------------|-------------------|
| 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 |
| 09 | 0.15 | 0.63 |
| 08 | 0.13 | 0.56 |
| 07 | 0.12 | 0.49 |
| 06 | 0.10 | 0.42 |
| 05 | 0.08 | 0.35 |
| 04 | 0.07 | 0.28 |
| 03 | 0.05 | 0.21 |
| 02 | 0.03 | 0.14 |
| 01 | 0.02 | 0.07 |

Fuente: Especificaciones técnicas Maxx-Seal 100

3.2. Ventajas que se obtendrían al aplicar el producto

Las principales ventajas que tiene esta tecnología son su rapidez y economía. El tiempo promedio para poder construir un kilómetro de carretera de manera tradicional es de dos meses, mientras que con este método es de un kilómetro por semana. Además, es ecológicamente amigable.

Las principales ventajas son:

- Alto rendimiento y bajo costo: Se puede obtener caminos de tierra con bajo costo de mantenimiento, de extensa vida útil y en las más variadas condiciones climatológicas.
- Permite el uso de fuentes naturales como la propia fundación, o materiales de menor calidad a la especificada, ya que aumenta sus propiedades (siempre que se cumpla con las necesidades del proyecto), lo que elimina la necesidad de explotación y transporte del material de canteras.
- Permite distribuir mejor los esfuerzos transmitidos por las cargas, generando una respuesta superior en comparación con las bases granulares tradicionales, haciendo más eficiente la estructura integral.
- Permite aumentar la densidad del suelo (ya que es capaz de disminuir la relación de vacíos entre las partículas del suelo), así como también obtener la densidad deseada con menos pasadas de rodillo vibratorio.
- Genera una matriz impermeable, una vez que las moléculas de co-polímero se fusionan y forman enlaces con el suelo.
- Climas: Deberá reaccionar de modo efectivo a los cambios bruscos de temperatura y en zonas lluviosas en las alturas y a la acción de las heladas.



- Amigable con el ambiente, entendiéndose como tecnología verde, ya que es ecológico al no contener solventes, ni ser compuesto del petróleo, y durante el proceso de curado sólo evapora el agua de la mezcla.

3.3. Selección y características del suelo a ensayar

En la correcta selección del suelo existen muchos ensayos por realizar. Para esta investigación el suelo a utilizar para la realización de los ensayos de laboratorio es el terreno natural de la carretera no pavimentada del C.P. Tangay. Como parte de un mejoramiento para un control de erosión y polución en esta carretera se realizó un mantenimiento preventivo colocándose una capa de material seleccionado tipo afirmado con un espesor de 15 cm, ejecutado por la municipalidad distrital de Nuevo Chimbote.

Tipo de Material: material granular, arena gravosa, con contenido de limos intermedios, al ser una vía no pavimentada, presenta excesivo desprendimiento de finos en algunos sectores, pudiendo notarse las caras vivas de la grava del afirmado.

Se realizaron 6 calicatas en toda la carretera no pavimentada, todas representativas en la extensión de la carretera, las cuales en promedio son arenas limosas, y arenas mal gradadas, de color marrón oscuro. La parte fina del afirmado está formado por limos, sustrato que se nota ha sido formado luego de presentar un transporte de la zona de cultivos, y del desprendimiento por el paso vehicular.

- Clasificación SUCS: SM, SP-SM y SP.
- Clasificación AASHTO: A-1-b.
- Índice plástico IP: No presenta.



3.4. Diseño del experimento

Para asegurar la correcta obtención de datos apropiados, tales que permitan un análisis objetivo, se aplicara el diseño experimental, para detectar numéricamente las diferencias de los resultados obtenidos sin la aplicación del polímero y con la aplicación del polímero, para los diferentes ensayos de suelos a realizar como lo son:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (ASTM D422 / MTC-E 107).
- Determinación del límite líquido de los suelos (ASTM D4318 / MTC-E 110).
- Determinación del límite plástico de los suelos e índice de plasticidad (ASTM D4318 / MTC-E 111).
- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada – proctor modificado (ASTM D1557 / MTC-E 115).
- CBR en suelos - laboratorio (ASTM D1883 / MTC-E 132).

Se determinarán varios tratamientos entre sí, desde los ensayos realizadas en el material inalterado, y luego se añadirán porcentajes de aditivo progresivamente, respecto del peso del suelo a ensayar, con estos ensayos podremos determinar qué proporción de aditivo es el óptimo, y también se podrá analizar el comportamiento de este a distintas condiciones del medio, como son condiciones normales y condiciones de trabajo más desfavorables.

- Unidad experimental: muestras de suelos de 6 calicatas, tomadas de la subrasante de la carretera no pavimentada de Tangay.
- Tratamiento: Ensayos de suelos de la muestra sin la aplicación del polímero, y con tazas de aplicación progresivas de aditivo, que luego se compararán para definir el tratamiento óptimo.



3.4.1 Cantidad de ensayos a realizar al experimento.

Para poder determinar la cantidad de ensayos y el nivel de confiabilidad se tomaron las siguientes consideraciones:

- El fiel cumplimiento del manual de carreteras sección suelos y pavimentos, respecto del número de calicatas para exploración de suelos (cuadro 4.1), considerando la carretera no pavimentada como una carretera de bajo volumen de tránsito ($IMDA \leq 200$ veh./día).
- La ejecución de los ensayos de materiales se realizará de acuerdo a lo descrito por el manual de carreteras sección suelos y pavimentos, manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013), y los ensayos básicos recomendados por el fabricante del Maxx-Seal 100.
- La cantidad de ensayo de suelos a realizar, dependerán de los resultados que se vayan obteniendo y de la coherencia y precisión entre ellas, estos finalizarán al determinar con el ensayo CBR la proporción óptima de aditivo.
- Para esta investigación se requirió muestrear varios sectores de la carretera a diferentes progresivas, para tener una muestra representativa de toda la longitud total de la carretera en análisis, se trató de abarcar un rango aceptable de ensayos.
- Las muestras de las 6 calicatas fueron codificadas como C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6, y estas fueron agrupadas en muestras globales dependiendo de la granulometría y límites de Atterberg de cada muestra, obteniendo las muestras codificadas para los ensayos proctor modificado y CBR como sigue:
 - a) Muestra M-A (global de la muestra C-1, C-2 y C-3) sin aditivo.
 - b) Muestra M-A con aditivo a 0.4% para un peso de 5 kg de material.
 - c) Muestra M-A con aditivo a 0.6% para un peso de 5 kg de material.



- d) Muestra M-B (global de la muestra C-4, C-5 y C-6) sin aditivo.
- e) Muestra M-B con aditivo a 0.4% para un peso de 5 kg de material.
- f) Muestra M-B con aditivo a 0.6% para un peso de 5 kg de material.

A cada una de las 06 muestras se aplicó el ensayo de proctor modificado, para poder ver la variabilidad con cada incremento de porcentaje de aditivo, tener una data más amplia del uso de este aditivo, y poder detectar posibles errores en los ensayos.

Para el ensayo CBR se utilizaron criterios determinantes según las condiciones en las que el material estará sometido, y antes de la ejecución de estos ensayos es importante conocer que los materiales que poseen aditivo deben permanecer en secado durante las primeras horas (aproximadamente 2 horas según recomendación del fabricante), esto para un mejor desempeño del polímero. Los ensayos a realizar serán de la siguiente manera:

- Se ejecutarán 6 ensayos CBR a cada una de las muestras en condiciones óptimas, esto significa que no se sumergirá ninguna muestra.
- Se ejecutarán 6 ensayos CBR a cada una de las muestras bajo condiciones desfavorables, esto significa que se sumergirá las muestras según lo indicado en la norma.

Tener en cuenta que se decidió trabajar en condiciones sin sumergir ya que, de las muestras obtenidas, ninguna posee I.P. (índice de plasticidad), y por ser una zona costera, carece de lluvias e inundaciones que puedan someter a condiciones desfavorables a la carretera. Los ensayos ejecutados con las muestras sumergidas son para ver la efectividad del aditivo ante condiciones no desfavorables.

Por la forma en que se decidió trabajar las muestras, podría decirse que son suficientes para garantizar la efectividad del experimento, ya que con los resultados



obtenidos se podrá garantizar eficientemente la cantidad efectiva de aditivo a aplicar; así como también detectar cualquier error de ensayo sea en procedimiento de ejecución y/o cálculos. Cabe indicar que todos estos ensayos son determinantes para la obtención de todos los datos necesarios.

Para la ejecución de la presente tesis se tuvieron 2 consideraciones, los trabajos de campo, que involucró la ejecución de 06 calicatas en la carretera no pavimentada de Tangay y la ejecución de un plan de ensayos de mecánica de suelos, la cual describimos a continuación:

- a) Por el tiempo y por la cantidad de material que se necesitaba, la campaña de calicatas se realizó en 03 etapas, en la campaña 01 y 02 se ejecutaron 03 calicatas (03 sacos por cada calicata), siendo la codificación de cada muestra C-1, C-2 y C-3 (campaña 01), y C-4, C-5 y C-6 (campaña 02), y para la campaña 03 se recogieron 06 muestras de las mismas calicatas de la campaña 01 y 02, esto con el fin de realizar la ejecución de ensayos que se habían tenido en cuenta en las 2 primeras campañas (ensayos CBR en condición sumergida). La campaña de calicatas se realizó durante los meses de mayo y octubre del 2017.
- b) Para el plan de ensayos de suelos se logró definir los ensayos necesarios en base al uso del “manual de carreteras” sección suelos y pavimentos y a las recomendaciones dadas por la empresa que suministra el polímero en Perú (ENVIROSEAL LIMA S.A.C.). la realización de la campaña número 03, se decidió en conjunto con nuestro asesor, a recomendación de ver qué resultados se podría obtener sometiendo al material con la aplicación del polímero ante condiciones desfavorables (CBR con el material sumergido). Las realizaciones de los ensayos de laboratorio fueron ejecutadas durante los meses de mayo y noviembre del 2017, en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Nacional del Santa.



3.5. Ensayos a ejecutar a las muestras.

3.5.1 Análisis granulométrico por tamizado

La finalidad de este ensayo es la de obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o SUCS. Este ensayo es muy importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o subbases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para tener una idea de los tamaños a base de los cuales se realiza éste análisis; se tomó la clasificación ASTM; cuyos límites son los siguientes:

Tabla 3: Tamaños de clasificación de las partículas del suelo

| <i>Clasificación de suelos según ASTM (en mm)</i> | |
|---|--------------------|
| Bloques | Mayor a 300 mm |
| Bolones | De 80 a 300 mm |
| Grava | De 5 a 80 mm |
| Arenas | De 0.08 a 5 mm |
| Limos | De 0.005 a 0.08 mm |
| Arcillas | Menores a 0.005 mm |

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC.

Para separar las fracciones de los diferentes tamaños de granos, se usan tamices; la abertura más fina que se usa mide 0,08 mm (tamiz N° 200), por lo que el análisis granulométrico se restringe para tamaños de partículas de suelos superiores a éste. La muestra tomada se debe homogenizar en estado húmedo; de esta forma, se asegura de que toda la muestra posea las mismas propiedades, posterior a esto se debe reducir por cuarteo en estado seco.

La escala más utilizada es la ASTM; para la presentación de este informe se utilizó los tamices del Laboratorio de Ensayo de Mecánica de Suelos:

Tabla 4: Juego de tamices utilizados para el ensayo.

| <i>Tamices ASTM</i> | |
|----------------------|--------------|
| Abertura (mm) | Tamiz |
| 76.12 mm | 3” |
| 50.80 mm | 2” |
| 38.10 mm | 1 ½” |
| 25.40 mm | 1” |
| 19.05 mm | ¾” |
| 9.52 mm | 3/8” |
| 4.76 mm | N° 4 |
| 2.00 mm | N° 10 |
| 0.90 mm | N° 20 |
| 0.42 mm | N° 40 |
| 0.25 mm | N° 60 |
| 0.150 mm | N° 100 |
| 0.075 mm | N° 200 |

Fuente: Manual de ensayo de materiales (EM 2000), MTC E 107-2000 – Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

La utilidad de la granulometría radica también en que está relacionada directamente con la manejabilidad del producto que queremos obtener: en este caso se necesitará una mezcla adecuada, para obtener ciertos niveles de plasticidad del afirmado; además de la demanda de agua, la resistencia que se requiere, etcétera.

3.5.2 Límites de consistencia

Los límites de consistencia o también llamados límites de Atterberg se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que

contengan. Así, podemos encontrar suelos en estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso. La arcilla, por ejemplo, si está seca se encuentra muy suelta y en terrones, añadiendo agua adquiere una consistencia similar a una pasta, y añadiendo más agua adquiere una consistencia fluida.

Existen transiciones: del estado sólido al semisólido, del semisólido al plástico y del plástico al líquido. Para realizar éstas transiciones se necesita determinado contenido de agua, a éste contenido de agua expresado en porcentaje en el cual las distintas transiciones tienen lugar (en el punto límite de la transición) se les llama límites de consistencia. En resumen, estos límites se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, ante contenidos de agua diferentes.

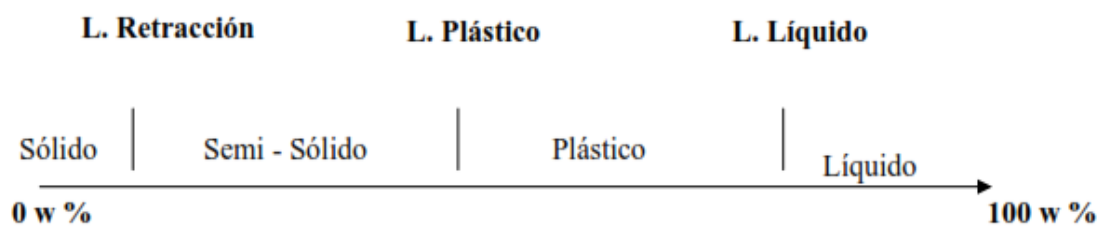


Figura 19: Límites de Atterberg.

Fuente: Elaboración propia.

El contenido de agua con que se produce el cambio entre estados varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad). Se trata de la propiedad que presentan los suelos hasta cierto límite.

El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por el científico sueco Albert Atterberg en el año 1911. Los límites de consistencia son propiedades,



valores de humedad de los suelos que se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.

Estos ensayos se realizan sobre el suelo que pasa el tamiz ASTM N° 40, y se determinan realizando pruebas de laboratorio bastante simples que proporcionan la información que se necesita sobre el origen de los suelos cohesivos, además éstos resultados también sirven para correlacionar los parámetros físicos de éstos suelos.

- **Límite líquido:** contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico o expresado de otra manera, es el máximo porcentaje de humedad para que el suelo no fluya y sea trabajable. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

Como ensayo de laboratorio consiste en calcular el contenido de humedad necesario para el cual 2 secciones de una pasta de suelo (amasada y compactada) de 10 mm de espesor y divididos por un acanalador, alcanzan a unirse en 12.7 mm (1/2”) al cabo de 25 golpes medidos desde una altura de 1 cm a una razón de 2 golpes por segundo. A este aparato se le denomina Copa Casagrande.

- **Límite plástico:** Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico o se expresa como el mínimo porcentaje de agua para que el suelo no se resquebraje y sea trabajable. En el laboratorio el límite plástico se define como el promedio de los contenidos de humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos o cilindros pequeños que alcanzan a tener un diámetro de 3.2 mm.
- **Índice plástico:** Indica al grado de plasticidad del suelo. Cuando el índice de plasticidad es $IP > 10$, entonces los suelos se caracterizarán por su plasticidad,



cuanto más alto es este valor, el suelo será más plástico y más débil. El IP es una medida de cuánta agua puede absorber un suelo antes de disolverse en una solución.

- **Límite de contracción:** Es el contenido de humedad por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción en el suelo o expresado de otra forma, es la humedad para la cual el suelo no se contrae cuando la humedad baja ese límite, y se expande cuando la humedad aumenta sobre ese límite.

3.5.3 Ensayo Proctor Modificado

Para entender de qué se trata la compactación de los suelos podríamos decir que es el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas como lo es la resistencia, la compresibilidad y su relación esfuerzo-deformación, el proceso de compactación implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como una consecuencia de esto ocurren cambios de volumen, ligados principalmente a la pérdida de volumen de aire.

El principal objetivo de una compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado como posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra. Las propiedades requeridas pueden variar del tipo de suelo, pero las propiedades mencionadas anteriormente son las que figuran cuyo mejoramiento se busca siempre. Es menos frecuente, aunque no menos importante, que también se compacte para tener unas características de permeabilidad y flexibilidad. Esto suele ser favorable ante efectos de permanencia de la estructura terrea ante la acción de agentes erosivos.

En laboratorio el ensayo Proctor tiene como finalidad principal obtener la humedad óptima de compactación de un suelo para una determinada energía de compactación. Esta humedad óptima de compactación es aquella humedad (porcentaje de agua) para la



cual la densidad del suelo es máxima, es decir que cantidad de agua será la que se añadirá para poder compactar al máximo con una energía concreta.

Unas de las problemáticas más serias que se han puesto a los ensayos de compactación es que las representaciones de sus resultados se ven afectadas por las condiciones de confinamiento muy rígidas que impone el molde al suelo colocado en su interior, la posibilidad de desplazamiento de las partículas del suelo, haciéndolas distintas que las que se tienen en campo, donde el confinamiento lateral es mucho menor.

3.5.4 Ensayo CBR (*California Bearing Ratio*)

El ensayo de soporte de California se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929 como una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante, material de subbase y base en construcción de carreteras.

El ensayo CBR (la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) tiene como objetivo medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número asociado a la capacidad de soporte.

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr 0.1” ó 0.2” de profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

La ecuación del CBR puede ser expresarse de la siguiente manera:

$$\text{CBR} = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100 (\%)$$



Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo utilizando el ensayo de compactación estándar o modificado.

Así de la ecuación se puede ver que el número CBR, es un porcentaje de la carga unitaria patrón. En la práctica el símbolo de (%) se quita y la relación se presenta simplemente por el número entero.

Por medio del ensayo CBR se determinan los siguientes parámetros:

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración.

Como recomendación para los ensayos, debemos tener en cuenta que si los CBR para 0,1” y 0,2” son semejantes, se usará el CBR correspondiente a 0,2”.

Tabla 5: Valores referenciales de CBR, usos y suelos.

| CBR | Clasificación general | Usos | Sistema de clasificación | |
|---------|-----------------------|----------------|--------------------------|-----------------------|
| | | | Unificado | AASHTO |
| 0 – 3 | Muy pobre | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A5, A6, A7 |
| 3 – 7 | Muy pobre a regular | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A4, A5, A6, A7 |
| 7 – 20 | Regular | Subbase | OL, CL, ML, SC, SM, SP | A2, A4, A6, A7 |
| 20 – 50 | Bueno | Subbase y base | GM, GC, SW, SM, SP, GP | A-1b, A2-5, A-3, A2-6 |
| >50 | Excelente | Base | GW, GM | A1a, A2-4, A-3 |

Fuente: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1. Ensayos de dosificación del agente estabilizador

Para aplicar el polímero vinilo acrílico se tuvo que realizar cálculos para la adición en porcentajes de peso o volumen, esto dependiendo de la magnitud de la muestra que se quiera preparar.

4.1.1 Adición del polímero

La dosificación del polímero según la ficha técnica es a razón de siete litros por un metro cúbico, según lo indicado en la tabla de las especificaciones técnicas del producto. El proceso de dosificación por volumen no es recomendable para la ejecución de trabajos en campo ya que esto dependerá mucho de la adecuación de los suelos a diferentes volúmenes, para controles más exactos los diseños con aditivos se realizan en una dosificación por peso de material colocado, es por esto que la presente investigación definirá las tasas de adición en porcentajes respecto del peso del material.

Se elaboraron 02 muestras globales M-A (mezcla C-1, C-2 y C-3) y M-B (mezcla C-4, C-5 y C-6), combinaciones de las muestras obtenidas de las 06 calicatas, y a estas se le aplicaron los ensayos de proctor modificado y CBR, para determinar sus propiedades.

Para ambas muestras globales M-A y M-B el polímero fue probado en distintos rangos de proporción, siendo la dosificación según las especificaciones técnicas de 7 L de Maxx-Seal 100 por 1 m³ de material (0.32% L por peso); luego se trabajó de la siguiente forma:

- ✓ Muestras sin aditivo, para tener las características del suelo sin ningún agente químico actuando y así tener las verdaderas propiedades del suelo.
- ✓ Muestra equivalente a 0.4% L de aditivo para un peso total de 5 kg de material.
- ✓ Muestra equivalente a 0,6% L de aditivo para un peso total de 5 kg de material.



Normalmente la diferencia entre los rangos de aplicación es del 5% con respecto a la dosificación dada en las especificaciones del polímero (7 L de aditivo por 1 m³ de material), pero en este caso se decidió por utilizar un rango más amplio con el fin de que las variaciones de las propiedades se pudieran observar con mayor facilidad.

4.1.2 Características y cálculo de las muestras con y sin aditivo del suelo

Ya se describieron los tipos de muestras a los que se les aplicará el producto en distintos rangos de cantidad de éste.

a) Muestra M-A (C-1, C-2 y C-3)

Densidad máxima seca = 2,182 kg /m³
Porcentaje de humedad óptima = 7%

$$\begin{array}{r} 1 \text{ m}^3 \text{ -----} 2 \text{ 182 kg suelo} \\ x \text{ -----} 5 \text{ kg suelo} \\ \hline x = 2.291 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ de suelo} \end{array}$$

Con esta cantidad de suelo se hallará la cantidad necesaria de aditivo necesario para cada porcentaje trabajado.

Para conocer la cantidad exacta de aditivo se realizarán los siguientes cálculos:

a.1. 0.32% L de aditivo por 5kg de material: Esta es la cantidad de aditivo que es aconsejada por las especificaciones técnicas del fabricante del producto. Dadas las características del suelo que se tiene en la carretera no pavimentada a Tangay, de ser un material granular sin presencia de plasticidad, la especificación del aditivo recomienda utilizar una dosis más elevada para obtener resultados más óptimos, la dosis a utilizar se describe en el siguiente punto.



a.2. 0.40% L de aditivo por 5kg de material: Es decir a la cantidad descrita en las especificaciones técnicas se aumentará un 0.08% del aditivo en peso para ver los efectos.

$$\begin{aligned} 01 \text{ m}^3 \text{ suelo} & \text{-----} 8750 \text{ ml aditivo} \\ 2.291 \times 10^{-3} \text{ m}^3 & \text{-----} x \\ x & = 20.04 \text{ ml de aditivo} \end{aligned}$$

20.04 ml es la cantidad de polímero para porciones de suelo de 5 kg para el ensayo CBR. Se adoptará el uso de 20 ml de aditivo.

a.3. 0.60% L de aditivo por 5 kg de material: Es decir a la cantidad descrita en las especificaciones técnicas se aumentará un 0.2% del aditivo en peso para ver los efectos.

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^3 \text{ suelo} & \text{-----} 12950 \text{ ml aditivo} \\ 2.291 \times 10^{-3} \text{ m}^3 & \text{-----} x \\ x & = 29.66 \text{ ml de aditivo} \end{aligned}$$

29.66 ml es la cantidad de polímero para porciones de suelo de 5 kg para el ensayo CBR. Racionalizando valores se adoptará el uso de 30 ml de aditivo.

b) Muestra M-B (Global C-1, C-2 y C-3):

Densidad máxima seca = 2.214 kg /m³
Porcentaje de humedad óptima =6.08%

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^3 & \text{-----} 2214 \text{ kg suelo} \\ X \text{ m}^3 & \text{-----} 5 \text{ kg Suelo} \\ x & = 2.258 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ de suelo} \end{aligned}$$

Con esta cantidad de suelo compactado se hallará la cantidad necesaria de aditivo necesario para cada porcentaje trabajado.



b.1. 0.32% L de aditivo por 5 kg de material: Esta es la cantidad de aditivo que es aconsejada por las especificaciones técnicas del fabricante del producto. Dadas las características del suelo que se tiene en la carretera no pavimentada a Tangay, de ser un material granular sin presencia de plasticidad, la especificación del aditivo recomienda utilizar una dosis más elevada para obtener resultados más óptimos, la dosis a utilizar se describe en el siguiente punto.

b.2. 0.40% L de aditivo por 5 kg de material: Es decir a la cantidad descrita en las especificaciones técnicas se aumentará un 0.08% del aditivo en peso para ver los efectos.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ m}^3 \text{ suelo} \text{ -----} 8750 \text{ ml aditivo} \\ 2.258 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ -----} x \\ x = 19.80 \text{ ml de aditivo} \end{array}$$

19.80 ml es la cantidad de polímero para porciones de suelo de 5 kg para el ensayo CBR. Racionalizando valores se optará por el uso de 20ml de aditivo.

b.3. 0.60% L de aditivo por 5 kg de material: Es decir a la cantidad descrita en las especificaciones técnicas se aumentará un 0.2% del aditivo en peso para ver los efectos.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ m}^3 \text{ suelo} \text{ -----} 12950 \text{ ml aditivo} \\ 2.258 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ -----} x \\ x = 29.25 \text{ ml de aditivo} \end{array}$$

29.25 ml es la cantidad de polímero para porciones de suelo de 5 kg para el ensayo CBR. Racionalizando valores se optará por el uso de 30 ml de aditivo.



4.2. Análisis de resultados

El objetivo de esta investigación es probar la nueva tecnología para la estabilización de suelos utilizando el polímero Maxx-Seal 100. Sus características principales son la disminución considerable de la permeabilidad de un suelo, aumento en la capacidad de resistencia (CBR), y generar una superficie de sello ante el control de polvo.

4.2.1 Resultados de ensayos mecánicos

Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales de la Universidad Nacional del Santa, cuales resultados se muestran a continuación:

4.2.1.1. Análisis granulométrico

Según las especificaciones técnicas del polímero, brindadas por el proveedor del producto en Perú (ENVIROSEAL LIMA S.A.C), señalan que este tipo de polímero no necesita una gradación específica a cumplir para el funcionamiento de este, esto hace al polímero muy versátil en este sentido, ya que puede ser utilizado desde una fundación, así como también para mejorar canteras con bajo contenido de CBR ya sean afirmados, y materiales para subbase y base granular. Para los casos en que quieran utilizarse como afirmados, sub bases o bases, esta deberá cumplir con los usos granulométricos especificados en el capítulo III y capítulo IV del manual de carreteras “especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)”

Los resultados del análisis granulométrico por tamizado se ejecutaron según lo indicado en la norma ASTM D422 y la norma MTC-107, cuales resultados fueron los representados en la siguiente tabla:

Tabla 6: Resumen de ensayos – Análisis granulométrico por tamizado
– Carretera Tangay

| UBICACIÓN MUESTREO | Muestra | Análisis Granulométrico por tamizado | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------|--------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | % Que Pasa | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6" | 3" | 2" | 1½" | 1" | ¾" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº 10 | Nº 20 | Nº 40 | Nº 60 | Nº 100 | Nº 200 |
| Tangay Alto - Calicata 01 | C-1 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.1 | 82.2 | 76.2 | 73.2 | 66.9 | 62.1 | 56.7 | 46.3 | 37.4 | 20.9 | 8.3 |
| Tangay Alto - Calicata 02 | C-2 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 92.8 | 85.0 | 76.8 | 71.5 | 63.8 | 57.0 | 50.1 | 40.8 | 32.2 | 18.3 | 6.3 |
| Tangay Medio - Calicata 03 | C-3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 97.5 | 84.5 | 72.6 | 67.8 | 63.1 | 55.6 | 49.6 | 43.4 | 38.6 | 27.0 | 18.5 |
| Tangay Medio - Calicata 04 | C-4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 89.0 | 79.9 | 68.3 | 66.4 | 59.9 | 52.7 | 42.2 | 34.5 | 27.7 | 20.7 | 14.1 |
| Tangay Bajo - Calicata 05 | C-5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 96.4 | 80.9 | 68.8 | 61.7 | 50.8 | 42.7 | 35.8 | 28.5 | 22.3 | 14.7 | 3.5 |
| Tangay Bajo - Calicata 06 | C-6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 89.2 | 84.3 | 79.2 | 75.8 | 69.9 | 64.4 | 56.2 | 47.3 | 42.0 | 34.9 | 19.4 |

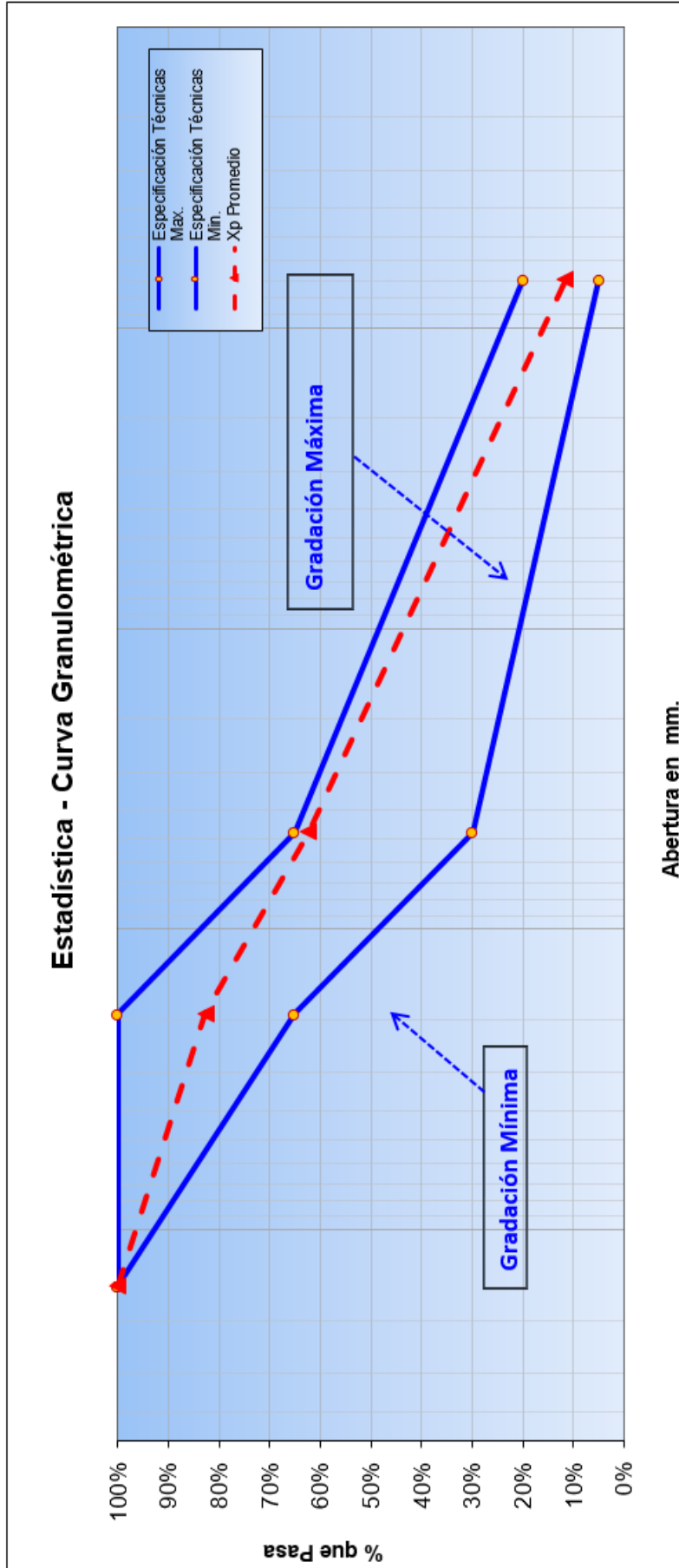
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Análisis estadístico de granulometrías del material de calicatas

| Estadísticas | Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 6" | 3" | 2" | 1½" | 1" | ¾" | ½" | 3/8" | Nº4 | Nº 10 | Nº 20 | Nº 40 | Nº 60 | Nº 100 | Nº 200 |
| Abertura de tamices (mm) | 152.40 | 76.20 | 50.80 | 37.50 | 25.40 | 19.05 | 12.70 | 9.52 | 4.75 | 2.00 | 0.84 | 0.43 | 0.25 | 0.15 | 0.07 |
| Nº de ensayos | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 0 |
| Especificación Técnicas Max. | 100 | - | 100 | - | 90 | 65 | - | 45 | 30 | 22 | - | 15 | - | - | 5 |
| Especificación Técnicas Min. | 100 | - | 100 | - | 100 | 100 | - | 80 | 65 | 52 | - | 35 | - | - | 20 |
| Xp Promedio | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 93.49 | 82.80 | 73.65 | 69.42 | 62.38 | 55.77 | 48.43 | 40.14 | 33.38 | 22.75 | 11.68 |
| Desviación Estándar | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.7 | 2.1 | 4.5 | 5.1 | 6.6 | 7.7 | 8.2 | 7.3 | 7.4 | 7.2 | 6.6 |
| Varianza | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13.9 | 4.5 | 20.0 | 26.2 | 44.1 | 59.1 | 66.5 | 53.3 | 54.6 | 51.4 | 43.8 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20; Análisis granulométrico estadístico para las muestras C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6.



Fuente: Elaboración propia.



El gráfico anterior muestra la curva granulométrica estadística, resultado de las 6 calicatas realizadas en la carretera no pavimentada, se presenta una curva única la cual es la curva granulométrica estadística de las 6 calicatas, en base a los resultados de las muestras. Así mismo se presenta el huso granulométrico para el afirmado, dispuesto en el manual de carreteras “Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)”.

4.2.1.2. Ensayo Proctor Modificado

La compactación se hizo de acuerdo al ensayo Proctor modificado que es un ensayo utilizado para determinar los valores tanto de densidad seca y humedad óptima de un determinado suelo. Este ensayo viene regulado por las normas ASTM D1557 y la norma MTC-E 115.

Los ensayos proctor modificado se realizaron a las muestras globales ejecutadas M-A (mezcla C-1, C-2 y C-3) y M-B (mezcla C-4, C-5 y C-6), y se ejecutaron ensayos proctor para ambas muestras sin adición de aditivo, así como también para las muestras con aditivo al 0.40% y al 0.60%. En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 8: Resultados del ensayo proctor.

| ENSAYO REALIZADO | DOSIS | Muestra M-A | | Muestra M-B | |
|--------------------|-------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | | M.D.S. (gr/cc) | O.C.H (%) | M.D.S. (gr/cc) | O.C.H (%) |
| PROCTOR MODIFICADO | 0.00% | 2.182 | 7.00 | 2.214 | 6.08 |
| | 0.40% | 2.200 | 7.45 | 2.233 | 6.37 |
| | 0.60% | 2.214 | 7.79 | 2.254 | 6.56 |

Fuente: Elaboración Propia.



La tabla anterior muestra los resultados de proctor para las muestras M-A y M-B, en condiciones sin aditivo y bajo las aplicaciones de las proporciones de aditivo correspondientes. Nótese que a mayor contenido de aditivo aumenta la máxima densidad seca y se aumenta también el óptimo contenido de humedad, esto indica que el material logrará una mayor compactación al mismo número de pasadas del rodillo vibratorio (también puede interpretarse que se necesitará menor número de pasadas para lograr la compactación obtenida sin la aplicación del aditivo), a su vez necesitará poco más de adición de agua para lograr la humedad óptima del material.

4.2.1.3. Valor soporte relativo CBR (California Bearing Ratio).

Este ensayo es el determinante para ver la efectividad del polímero Maxx-Seal 100, ya que se calculará el aumento de la resistencia de carga de las muestras con la aplicación del aditivo en comparación con el suelo natural. En este capítulo se presentan los ensayos para las mezclas M-A y M-B, cada muestra presenta los ensayos con proporciones a 0.4% y 0.6% del peso, y se presentarán valores de CBR para muestras sin sumergir y sumergidas, la última para ver la efectividad del aditivo ante condiciones desfavorables.

a) Suelo sin aditivo

Se realizaron las pruebas en las mezclas de suelo M-A y M-B sin el aditivo, para poder luego comparar los resultados con las muestras de suelo ensayadas con la aplicación del polímero Maxx-Seal 100.

En la tabla siguiente, se muestran los resultados de los ensayos CBR sin aditivo, para el material sin sumergir y sumergido. En base a los resultados mostrados, se puede decir que el suelo posee un CBR aceptable, a pesar que este material de aporte (afirmado) ha sido sometido a tráfico por más de 6 años.



Tabla 9: Resultados del ensayo CBR para las muestras M-A y M-B sin aditivo, saturada y sin saturar.

| ENSAYO REALIZADO | Muestra M-A | | Muestra M-B | |
|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. |
| CBR MUESTRA SATURADA | 26.40 | 21.10 | 33.80 | 28.50 |
| CBR MUESTRA NO SATURADA | 37.80 | 33.50 | 45.60 | 41.70 |

* Para sub rasantes se evalúan suelos referidos al 95% de la M.D.S, y para afirmado, subbase y base se evalúa al 100% de la M.D.S.

Fuente: Elaboración Propia.

En los gráficos siguientes, se presentan en los resultados de las muestras M-A y M-B, bajo condiciones saturadas y no saturadas, para ver la incidencia que tuvo el mismo material al ser sometido a condiciones desfavorables, tener en cuenta que antes de sumergir las muestras en el agua, se dejaba curar las muestras por un periodo de 2 horas.

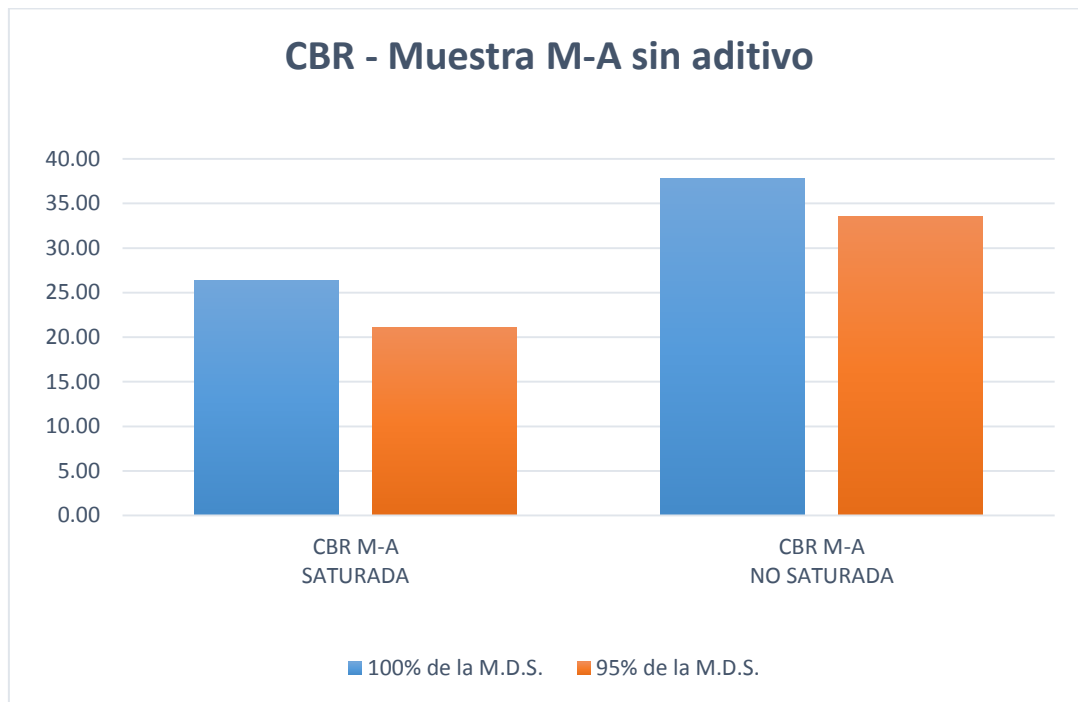


Figura 21: Valores CBR para especímenes con la muestra M-A
Fuente: Elaboración propia

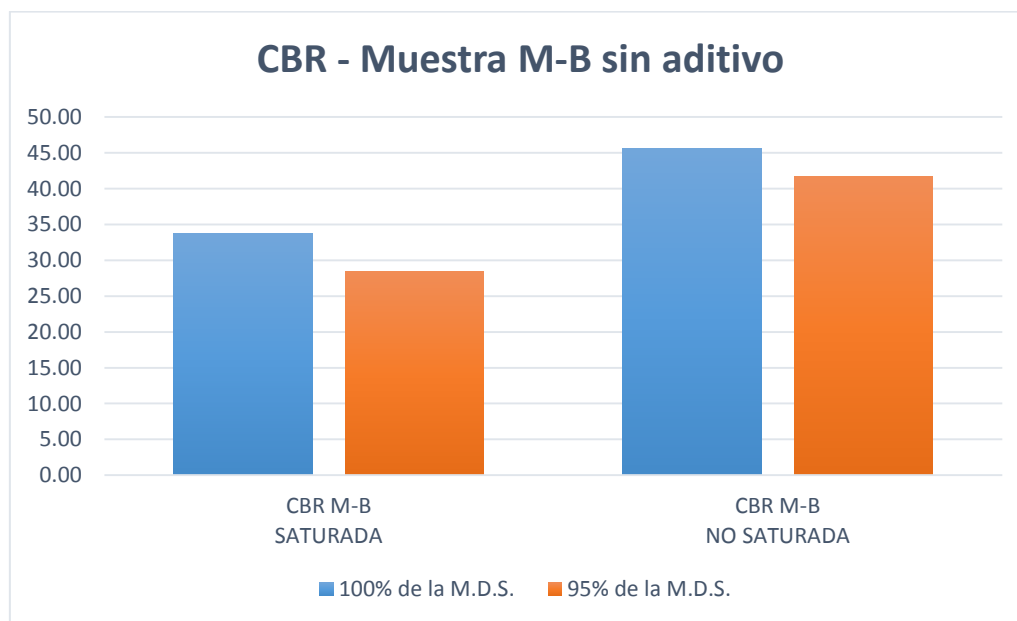


Figura 22: Valores CBR para especímenes con la muestra M-B
Fuente: Elaboración propia



b) Suelo con aditivo

Para estos suelos se trabajó con distintos porcentajes del producto como lo mostraremos a continuación:

- M-A, a una proporción de aditivo en peso del 0.4% y 0.6%.
- M-B, a una proporción de aditivo en peso del 0.4% y 0.6%.

La principal característica del polímero Maxx-Seal 100 es la de incrementar considerablemente la capacidad de soporte de los suelos, sea cual sea su clasificación SUCS o AASHTO. Según lo indicado en las especificaciones técnicas del polímero, una vez que el polímero se ha mezclado con el material y compactado, esta carretera puede abrirse al tráfico durante las 2 primeras horas después de haber terminado la compactación del material. Esta es una gran ventaja ya que los demás aditivos químicos piden que la capa compactada con la aplicación de aditivo deba curarse entre 48 a 72 horas, esto porque requieren también de un porcentaje de adición de cemento portland.

Para el desarrollo del ensayo CBR se utilizó la norma del Ministerio de Transportes MTC E132 del manual de carreteras “Ensayo de materiales” y la ASTM D1883. Se ha realizado la metodología del ensayo para ambas muestras en condiciones saturadas y sin saturar, tal como indica la norma se dejó saturar la muestra durante un período de 96 horas (4 días), y la otra muestra se dio un periodo de inmersión de 12 horas.

b.1. Muestra M-A: como se describió esta muestra corresponde a la mezcla de las muestras C-1, C-2 y C-3, por tener estos suelos las mismas características.



En la tabla 10, se muestran los valores obtenidos al aplicar el polímero vinilo acrílico. Es visible los incrementos en los valores CBR. En la tabla 11 muestra los valores obtenidos de capacidad de soporte en porcentajes, calculados respecto a los valores CBR sin aditivo.

Tabla 10: Resultados del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A

| ENSAYO REALIZADO | DOSIS | M-A | |
|-------------------------|-------|-------------------|------------------|
| | | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. |
| CBR MUESTRA SATURADA | 0.40% | 71.10 | 66.90 |
| | 0.60% | 85.20 | 81.70 |
| CBR MUESTRA NO SATURADA | 0.40% | 102.10 | 98.60 |
| | 0.60% | 109.00 | 103.80 |

* Para sub rasantes se evalúan suelos referidos al 95% de la M.D.S, y para afirmados, subbases y bases se evalúa al 100% de la M.D.S.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11: Porcentajes del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A

| ENSAYO REALIZADO | DOSIS | M-A | |
|-----------------------------|-------|-------------------|------------------|
| | | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. |
| CBR MUESTRA SATURADA (%) | 0.40% | 269.3 | 317.1 |
| | 0.60% | 322.7 | 387.2 |
| CBR MUESTRA NO SATURADA (%) | 0.40% | 270.1 | 294.3 |
| | 0.60% | 288.4 | 309.9 |

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas mostradas 10 y 11, muestran un aumento elevado en la capacidad de carga de las mezclas con el polímero, comparadas con las muestras sin aditivo.



Como se puede apreciar los valores con la dosis del 0.4% que es la dosis recomendada según especificaciones técnicas del producto logran un aumento significativo logrando para su estado saturado en 71.1% (valor más alto que el requerido para subbases 40%), y para su estado no saturado logra un CBR del 102.1% (este valor es más alto que el requerido para bases que es del 80% mín y 100% mín dependiendo de los ejes equivalentes). La dosis de mayor concentración al 0.6% del peso obtuvo valores por encima del requerido para bases granulares.

b.2. Muestra M-B: como se describió esta muestra corresponde a la mezcla de las muestras C-4, C-5 y C-6, por tener estos suelos las mismas características.

En la tabla 12, se muestran los valores obtenidos al aplicar el polímero vinilo acrílico. Es visible los incrementos en los valores CBR. En la tabla 13 muestra los valores obtenidos de capacidad de soporte en porcentajes, calculados respecto a los valores CBR sin aditivo.

Tabla 12: Resultados del ensayo CBR para suelo con aditivo.

| ENSAYO REALIZADO | DOSIS | M-B | |
|-------------------------|-------|-------------------|------------------|
| | | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. |
| CBR MUESTRA SATURADA | 0.40% | 78.90 | 72.20 |
| | 0.60% | 92.50 | 86.60 |
| CBR MUESTRA NO SATURADA | 0.40% | 106.80 | 101.70 |
| | 0.60% | 123.70 | 114.40 |

* Para sub rasantes se evalúan suelos referidos al 95% de la M.D.S, y para afirmados, subbases y bases se evalúa al 100% de la M.D.S.

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 13: Porcentajes del ensayo CBR con la aplicación del aditivo para la muestra M-A

| ENSAYO REALIZADO | DOSIS | M-B | |
|-----------------------------|-------|-------------------|------------------|
| | | 100% de la M.D.S. | 95% de la M.D.S. |
| CBR MUESTRA SATURADA (%) | 0.40% | 298.9 | 342.2 |
| | 0.60% | 350.4 | 410.4 |
| CBR MUESTRA NO SATURADA (%) | 0.40% | 282.5 | 303.6 |
| | 0.60% | 327.2 | 341.5 |

Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas mostradas 12 y 13, muestran un aumento elevado en la capacidad de carga de las mezclas con el polímero, comparadas con las muestras sin aditivo. Como se puede apreciar los valores con la dosis del 0.4% que es la dosis recomendada según especificaciones técnicas del producto logran un aumento significativo logrando para su estado saturado en 78.9% (valor más alto que el requerido para subbases 40%), y para su estado no saturado logra un CBR del 106.8% (este valor es más alto que el requerido para bases que es del 80% mín. y 100% mín. dependiendo de los ejes equivalentes). La dosis de mayor concentración al 0.6% del peso obtuvo valores por encima del requerido para bases granulares.

Se presentará a continuación representaciones gráficas, de los resultados obtenidos comparando los resultados tanto de las muestras M-A y M-B sin aditivo y con aditivo.

En las figuras 23 y 24, se muestran los valores de soporte para las muestras M-A y M-B para dosis de 0.40% y 0.6% en peso. Como puede apreciarse los valores de CBR de la muestra M-B, son más elevados que los de la muestra M-A para las distintas tasas de adición, esto puede ser debido a que esta muestra M-B presenta

una granulometría con mejor gradación que la muestra M-A. También puede apreciarse que los valores obtenidos de CBR para las muestras sumergidas y sin sumergir presentan una diferencia promedio del 30%, con esto nos damos cuenta al tener una diferencia alta en los resultados los valores a asumir serán los de la muestra sumergida.

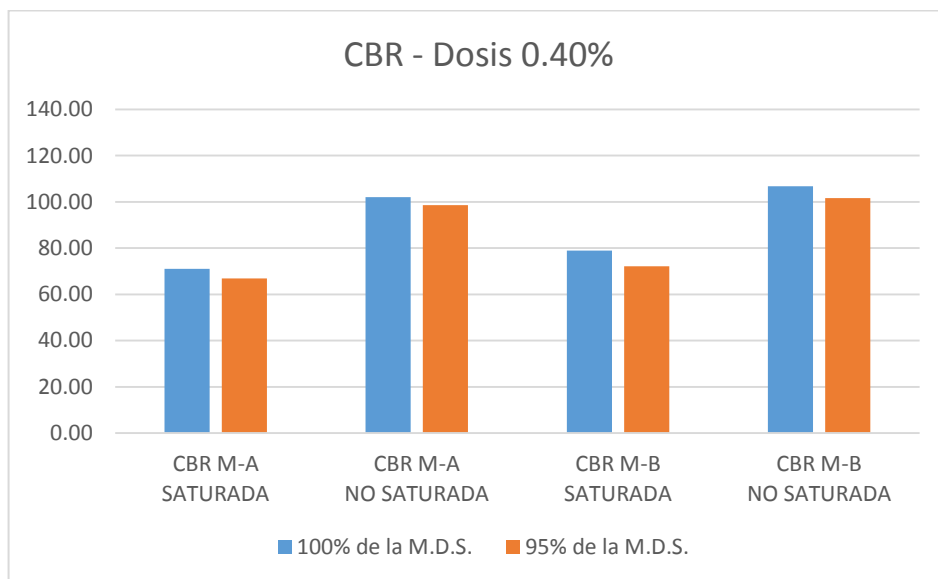


Figura 23: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A y M-B con 0.4% L de aditivo en proporción de 5 Kg.

Fuente: Elaboración Propia.

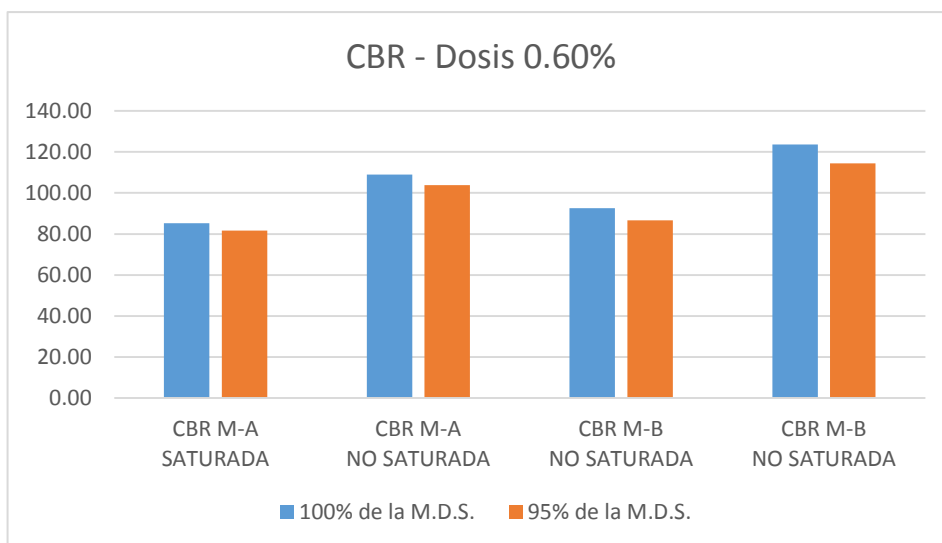


Figura 24: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A y M-B con 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg

Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 25 y 26, se muestran los valores de capacidad de soporte de las muestras M-A y M-B. Cada figura muestra valores como son la muestra sin aditivo, muestra con 0.4% de aditivo y muestra con 0.6% de aditivo en peso. Como se aprecia en ambas figuras hay una línea gris la cual indica el porcentaje de adición para cada resultado obtenido del ensayo CBR.

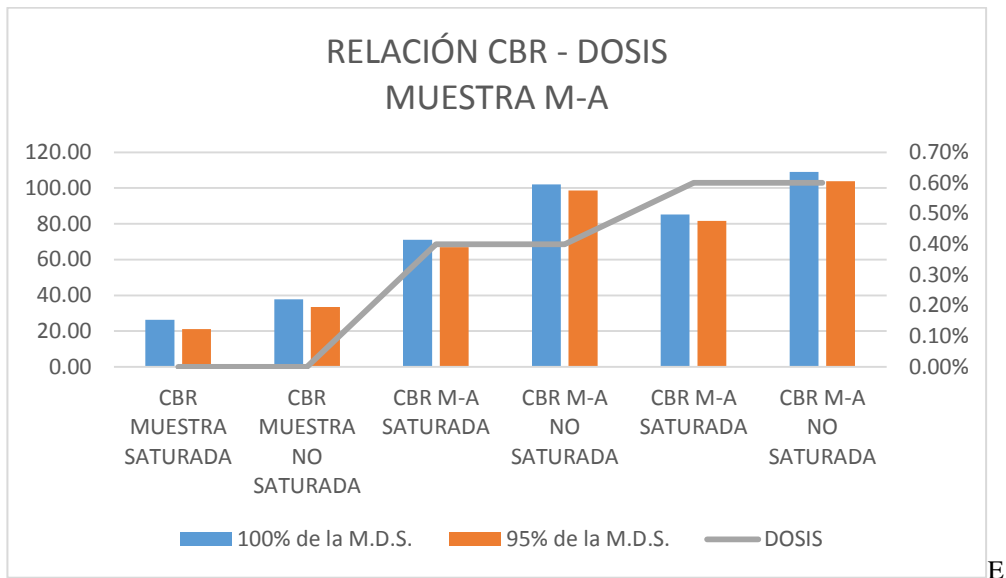


Figura 25: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A con 0.4% L y 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg.

Fuente: Elaboración propia.

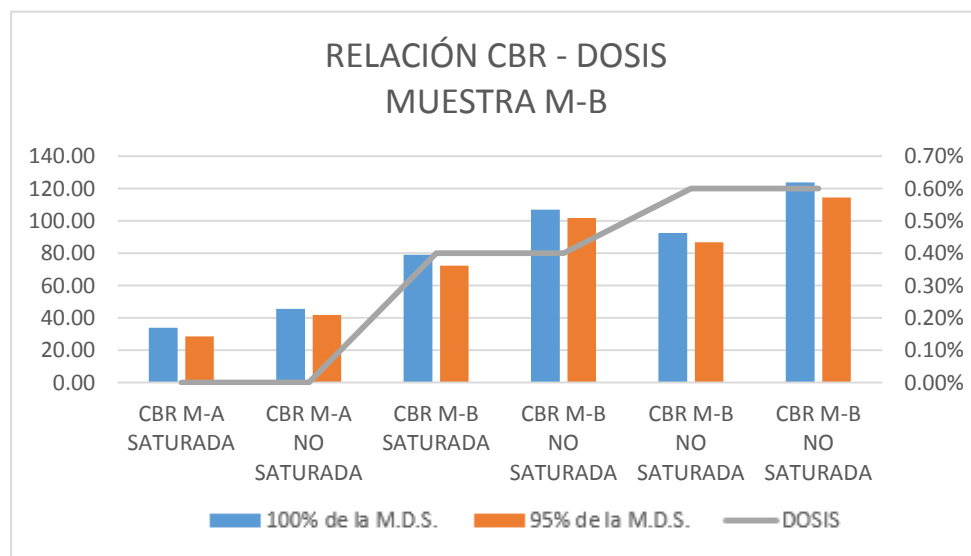


Figura 26: Valores CBR para especímenes de la muestra M-A con 0.4% L y 0.6% L de aditivo en proporción de 5 Kg.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.1.4. Límites de consistencia

Según los ensayos realizados a las muestras obtenidas en la campaña de calicatas, se evidencia que ninguna de las muestras ensayadas presenta índice de plasticidad (I.P.), esto producto de que no se ejecuta un mantenimiento rutinario en la carretera no pavimenta, presentando en toda su longitud, ahuellamientos, baches, desprendimiento de material y erosión; haciendo de esta una calzada con una inadecuada transitabilidad, perdiendo así todo el fino contenido en el material.

4.3. Evaluación económica de aplicación de aditivos

4.3.1 Consideraciones

Para la evaluación económica, se tendrá en cuenta alternativas de aplicación de 2 de los aditivos más usados en el mercado peruano, la evaluación económica sin aditivo y la evaluación económica con el uso del polímero Maxx-Seal 100, para esto se tendrá en consideración lo siguiente:

- Se proyectará la carretera para un periodo de duración de 10 años como el tiempo de vida útil, luego de la cual con cualquiera de las alternativas se deberá renovar la carretera. En este periodo de vida útil, la carretera en teoría deberá presentar condiciones óptimas de serviciabilidad, cumpliendo con requisitos exigidos como son condición superficial, condición funcional y condición estructural. Tenga en cuenta que una vez estabilizada la carretera requerirá mantenimiento periódico para conservar la carretera en buen estado (no confundir con mantenimiento rutinario).
- Para la ejecución de los presupuestos en donde se opte por la aplicación de los aditivos se omitirá la colocación de una capa de afirmado, puesto que la aplicación



de aditivo optimizará las condiciones presentes en la sub-rasante. Téngase entendido que la dosificación ingresada a cada costo unitario de los presupuestos, es la óptima (sujeta a resultados obtenidos en laboratorio).

- Se considerará solo para la ejecución del presupuesto de una carretera no pavimentada sin aplicación de aditivo, un sistema de pavimento conformado por un mejoramiento de la sub rasante (por las condiciones actuales del sector) y material de afirmado como capa de rodadura, tener en cuenta que ambos materiales deberán cumplir las normas exigidas.
- No se considerarán como partidas de control, los mantenimientos rutinarios, ya que son actividades preventivas de obras hidráulicas (limpieza de cunetas, alcantarillas, etc), así como también limpieza de la superficie de la calzada en general (roce de vegetación, limpieza de calzada).

Dimensiones de la zona de estudio:

Longitud = 8,500 m

Ancho = 6.00 m (promedio)

Espesor efectivo de control = 0.15 m

Área de la carretera: 51,000 m²

Volumen total = 7,650 m³.

4.3.2 Costos de estabilización

A continuación, se evaluarán los costos para estabilización con el aditivo Maxx-Seal 100, aplicado en la carretera no pavimentada del Centro Poblado Tangay; para luego compararlo con otros presupuestos con el uso de 2 de los aditivos más comerciales en la



construcción de carreteras en el Perú, así como también con la construcción de una carretera sin aplicación de aditivo. Para esto se considerarán los costos de construcción y de mantenimiento para conservar la calzada en condiciones óptimas de transitabilidad.

Se considerará la evaluación para los siguientes casos:

a) Aplicación Maxx Seal 100 al 0.4% de aditivo en peso.

✓ Costos por metro cúbico (m3) de colocación del polímero Maxx-Seal 100 (0.4%)

Tabla 14: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (0.4%)

| PAVIMENTO ECOLOGICO E= 0.15 MT ESTABILIZADO CON MAXX SEAL - 100 | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|---------------------------------|---------|--------------|
| M3/DIA | 490.0000 | EQ. | 490.0000 | Costo unitario directo por : M3 | 58.89 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0163 | 23.08 | 0.38 | |
| OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.0046 | 19.23 | 0.09 | |
| PEON | hh | 5.0000 | 0.0816 | 14.33 | 1.17 | |
| | | | | | | 1.63 |
| Materiales | | | | | | |
| ESTABILIZADOR | LT | | 7.0000 | 6.82 | 47.74 | |
| | | | | | | 47.74 |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | día | 1.0000 | 0.0500 | 1.63 | 0.08 | |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | HM | 1.0000 | 0.0163 | 150.42 | 2.46 | |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | HM | 1.0000 | 0.0163 | 198.00 | 3.23 | |
| RODILLO LISO VIBRATORIOAUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10-12 TON | HM | 1.0000 | 0.0163 | 149.60 | 2.44 | |
| CAMIONETA PARA IZAJE DE EQUIPO DOSIFICADOR | día | 1.0000 | 0.0163 | 40.00 | 0.65 | |
| DOSIFICADOR MECANICO (REMOLQUE) | día | 1.0000 | 0.0163 | 40.00 | 0.65 | |
| | | | | | | 9.52 |

Fuente: Elaboración Propia.



- ✓ Costos por metro cuadrado (m2) de colocación del polímero Maxx-Seal 100 – solución tópica para etapas de mantenimiento.

Tabla 15: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (solución tópica)

| ESTABILIZACION Y CONTROL DE POLVO (APLICACIÓN DE PRODUCTO PARA SUELO MEJORADO Y COMPACTADO) | | | | | | |
|---|------------|--------|------------|---------------------------------|--------|-------------|
| M2/DIA | 3,500.0000 | EQ. | 3,500.0000 | Costo unitario directo por : M2 | 2.21 | |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial |
| Mano de Obra | | | | | | |
| CAPATAZ | | hh | 1.0000 | 0.0023 | 23.08 | 0.05 |
| OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0023 | 19.23 | 0.04 |
| | | | | | | 0.10 |
| Materiales | | | | | | |
| ESTABILIZADOR | | LT | | 0.0700 | 22.55 | 1.58 |
| | | | | | | 1.58 |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | | día | 1.0000 | 0.0500 | 0.10 | 0.00 |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | | HM | 1.0000 | 0.0023 | 150.42 | 0.34 |
| CAMIONETA PARA IZAJE DE EQUIPO | | día | 1.0000 | 0.0023 | 40.00 | 0.09 |
| DOSIFICADOR | | día | 1.0000 | 0.0023 | 40.00 | 0.09 |
| DOSIFICADOR MECANICO (REMOLQUE) | | día | 1.0000 | 0.0023 | 40.00 | 0.09 |
| | | | | | | 0.53 |

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Mantenimiento anual: Considerando la construcción de la carretera con el polímero y 1 mantenimientos de la vía anual, tenemos en el primer año:

- Costo construcción carretera con polímero Maxx Seal 100:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 58.89 / \text{ m}^3 = \text{S/} . 450,508.50$$

- Costo mantenimiento de la calzada:

$$51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/} . 2.21 / \text{ m}^2 = \text{S/} . 112,710.00$$

- Presupuesto total en el primer año:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 58.89 / \text{ m}^3 + 51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/} . 2.21 / \text{ m}^2$$

S/ . 563,218.50 Soles.

b) Aplicación Maxx Seal 100 al 0.6% de aditivo en peso.

Costos por metro cúbico (m3) de colocación del polímero Maxx-Seal 100 (0.6%)

Tabla 16: Presupuesto aplicación polímero Maxx-Seal 100 (0.6%)

| PAVIMENTO ECOLOGICO E= 0.15 MT ESTABILIZADO CON MAXX SEAL - 100 | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|---------------------------------|---------|--------------|
| M3/DIA | 490.0000 | EQ. | 490.0000 | Costo unitario directo por : M3 | 99.13 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0163 | 23.08 | 0.38 | |
| OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.0046 | 19.23 | 0.09 | |
| PEON | hh | 5.0000 | 0.0816 | 14.33 | 1.17 | |
| | | | | | | 1.63 |
| Materiales | | | | | | |
| ESTABILIZADOR | LT | | 12.9000 | 6.82 | 87.98 | |
| | | | | | | 87.98 |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | día | 1.0000 | 0.0500 | 1.63 | 0.08 | |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | HM | 1.0000 | 0.0163 | 150.42 | 2.46 | |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | HM | 1.0000 | 0.0163 | 198.00 | 3.23 | |
| RODILLO LISO VIBRATORIOAUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10-12 TON | HM | 1.0000 | 0.0163 | 149.60 | 2.44 | |
| CAMIONETA PARA IZAJE DE EQUIPO DOSIFICADOR | día | 1.0000 | 0.0163 | 40.00 | 0.65 | |
| DOSIFICADOR MECANICO (REMOLQUE) | día | 1.0000 | 0.0163 | 40.00 | 0.65 | |
| | | | | | | 9.52 |

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Costos por metro cuadrado (m2) de colocación del polímero Maxx-Seal 100 – solución tópica para etapas de mantenimiento

S/. 2.21 / m2

- ✓ Mantenimiento anual: Considerando la construcción de la carretera con el polímero y 1 mantenimientos de la vía anual, tenemos en el primer año:

- Costo construcción carretera con polímero Maxx Seal 100:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S}/. 99.13 / \text{m}^3 = \text{S}/. 758,344.50$$

- Costo mantenimiento de la calzada:

$$51,000 \text{ m}^2 \times \text{S}/. 2.21 / \text{m}^2 = \text{S}/. 112,710.00$$



- Presupuesto total en el primer año:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/. } 99.13 / \text{m}^3 + 51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/. } 2.21 / \text{m}^2$$

S/. 871,054.50 Soles.

- c) Aplicación de estabilizador iónico 1 + cemento.

Para estos presupuestos, no se incorpora el afirmado, sub base y/o base, ya que las carreteras nacionales usan canteras encontradas en la jurisdicción de su derecho de vía, pero si se consideran los costos de transporte del material colocado. Para este caso se tomará que se utilizará el terreno natural para la construcción de la carretera, siendo lo siguiente:

- ✓ Costos por metro cúbico (m3) de colocación del estabilizador iónico 1 + cemento

Tabla 17: Presupuesto aplicación estabilizador iónico 1 + cemento

| CONFORMACIÓN DE BASE ESTABILIZADA - ESTABILIZADOR IÓNICO + CEMENTO | | | | | | |
|--|----------|-----------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| M3/DIA | 650.0000 | EQ. | 650.0000 | Costo unitario directo por : M3 | | 70.62 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| COORDINADOR DE CAMPO | hh | 1.0000 | 0.0123 | 25.16 | 0.31 | |
| PEÓN | hh | 5.0000 | 0.0615 | 6.50 | 0.40 | |
| VIGÍA | hh | 2.0000 | 0.0246 | 6.50 | 0.16 | |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | HM | 2.0000 | 0.0246 | 150.42 | 3.70 | |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | HM | 1.0000 | 0.0123 | 285.62 | 3.52 | |
| RODILLO LISO VIBRATORIO 101 - 135HP 10-12 TON | HM | 2.0000 | 0.0246 | 173.47 | 4.27 | |
| RECICLADORA 2400 563HP 2.4 M | HM | 1.0000 | 0.0123 | 750.63 | 9.24 | |
| CAMION ESPARCIDOR DE FINOS | HM | 1.0000 | 0.0123 | 167.58 | 2.06 | |
| CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG) | BOL | | 0.8500 | 25.00 | 21.25 | |
| ADITIVO ESTABILIZADOR CONAID | LT | | 0.0770 | 333.54 | 25.68 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % | | 0.0300 | 0.87 | 0.03 | |

Fuente: Elaboración Propia



Para conservación rutinaria después del mejoramiento realizado con estabilización química

Tabla 18: Presupuesto Conservación rutinaria anual

| TRAMO | Partida | Unidad | Cantidad Contractual (Km) | PU (Inc. IGV) | Anual (TDR) (Inc. IGV - 18%) |
|------------------------------------|--|---------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| (Bellamar - Centro Poblado Tangay) | Conservación Rutinaria - Después de mejoramiento | Km-Año | 8.50 | 27,935.34 | 237,450.39 |

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Considerando la construcción de la carretera con el estabilizador iónico y el costo de mantenimiento km-año, se obtiene lo siguiente:

- Costo construcción carretera con estabilizador iónico:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 70.62 / \text{m}^3 = \text{S/} . 540,243.00$$

- Costo mantenimiento de la calzada:

$$8.50 \text{ km} \times \text{S/} . 27,935.34 \text{ km-año} = \text{S/} . 237,450.39$$

- Presupuesto total en el primer año:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 70.62 / \text{m}^3 + 8.50 \text{ km} \times \text{S/} . 27,935.34 \text{ km-año}$$

S/ . 777,693.39 Soles.



d) Aplicación de estabilizador iónico 2 + cemento.

✓ Costos por metro cúbico (m3) de colocación del estabilizador iónico 2 + cemento

Tabla 19: Presupuesto aplicación estabilizador iónico 2 + cemento

| CONFORMACIÓN DE BASE ESTABILIZADA - ESTABILIZADOR IÓNICO 2 + CEMENTO | | | | | | |
|--|----------|--------------|---------------------------------|--------|---------|--|
| M3/DIA | 620.0000 | EQ. 490.0000 | Costo unitario directo por : M3 | | 91.60 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| CAPATAZ | hh | 1.0000 | 0.0129 | 23.08 | 0.30 | |
| OFICIAL | hh | 2.0000 | 0.0046 | 19.23 | 0.09 | |
| PEON | hh | 5.0000 | 0.0645 | 14.33 | 0.92 | |
| CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 KG) | BLS | | 1.0000 | 25.00 | 25.00 | |
| ESTABILIZADOR IÓNICO | LT | | 0.3000 | 196.00 | 58.80 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | día | 1.0000 | 0.0500 | 1.31 | 0.07 | |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | HM | 1.0000 | 0.0129 | 150.42 | 1.94 | |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | HM | 1.0000 | 0.0129 | 198.00 | 2.55 | |
| RODILLO LISO VIBRATORIOAUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10-12 TON | HM | 1.0000 | 0.0129 | 149.60 | 1.93 | |

Fuente: Elaboración Propia

✓ Para conservación rutinaria después del mejoramiento realizado con estabilización química

S/. 27,935.34 km-año

✓ Considerando la construcción de la carretera con el estabilizador iónico y el costo de mantenimiento km-año, se obtiene lo siguiente:

- Costo construcción carretera con estabilizador iónico:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S}/. 91.60 / \text{m}^3 = \text{S}/. 700,740.00$$

- Costo mantenimiento de la calzada:

$$8.50 \text{ km} \times \text{S}/. 27,935.34 \text{ km-año} = \text{S}/. 237,450.39$$

- Presupuesto total en el primer año:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S}/. 91.60 / \text{m}^3 + 8.50 \text{ km} \times \text{S}/. 27,935.34 \text{ km-año}$$

S/. 938,190.39 Soles.



e) Construcción carretera sin aplicación de aditivo.

Se considerará los trabajos de conformación de subrasante, relleno con material de aporte y relleno con afirmado en su totalidad, para cumplir parámetros CBR (supondremos un afirmado con CBR mayor a 40%).

Tabla 20: Presupuesto corte hasta subrasante

| CORTE HASTA ALCANZAR EL NIVEL DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO | | | | | | |
|--|----------|-----------|----------|---------------------------------|---------|------|
| M3/DIA | 350.0000 | EQ. | 350.0000 | Costo unitario directo por : M3 | | 6.18 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OPERARIO | hh | 1.0000 | 0.0229 | 20.43 | 0.47 | |
| PEON | hh | 2.0000 | 0.0457 | 14.33 | 0.66 | |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 0.0300 | 1.12 | 0.03 | |
| TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP | HM | 1.0000 | 0.0229 | 220.00 | 5.03 | |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Conformación de subrasante

| CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE PARA PAVIMENTO | | | | | | |
|---|------------|-----------|----------|---------------------------------|---------|-------------|
| M2/DIA | 1,500.0000 | EQ. | 1,500.00 | Costo unitario directo por : M2 | | 7.11 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OFICIAL | hh | 1.0000 | 0.0053 | 16.45 | 0.09 | |
| PEON | hh | 6.0000 | 0.0320 | 14.33 | 0.46 | |
| Materiales | | | | | | |
| GASOLINA | gal | | 0.0113 | 12.40 | 0.14 | |
| MATERIAL ADECUADO | M3 | | 0.2000 | 18.00 | 3.60 | |
| AGUA | M3 | | 0.0113 | 12.00 | 0.14 | |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | 1.0000 | 0.0500 | 0.55 | 0.03 | |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | HM | 1.0000 | 0.0053 | 150.42 | 0.80 | |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | HM | 1.0000 | 0.0053 | 198.00 | 1.06 | |
| RODILLO LISO VIBRATORIO 101 - 135HP 10-12 TON | HM | 1.0000 | 0.0053 | 149.60 | 0.80 | |
| | | | | | | 2.68 |

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 22: Colocación afirmado $e=0.20$ m

| COLOCACIÓN DE AFIRMADO E=20 MTS. | | | | | | |
|---|----------|--------|-----------|---------------------------------|--------|-------------|
| M2/DIA | 900.0000 | EQ. | 900.0000 | Costo unitario directo por : M2 | | 10.73 |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio | Parcial |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OFICIAL | | hh | 1.0000 | 0.0053 | 16.45 | 0.09 |
| PEON | | hh | 4.0000 | 0.0213 | 14.33 | 0.31 |
| | | | | | | 0.39 |
| Materiales | | | | | | |
| AFIRMADO | | M3 | | 0.2500 | 23.00 | 5.75 |
| AGUA | | M3 | | 0.0113 | 12.00 | 0.14 |
| | | | | | | 5.89 |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | 1.0000 | 0.0500 | 0.39 | 0.02 |
| CAMION CISTERNA 178 - 210 HP 3,000 GLN | | HM | 1.0000 | 0.0089 | 150.42 | 1.34 |
| MOTONIVELADORA DE 145 HP | | HM | 1.0000 | 0.0089 | 198.00 | 1.76 |
| RODILLO LISO VIBRATORIO 101 - 135HP 10-12 TON | | HM | 1.0000 | 0.0089 | 149.60 | 1.33 |
| | | | | | | 4.45 |

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Para el mantenimiento de la calzada se tendrá que tener una mayor intervención contra el control de la polución, control de erosión, control de bacheos, limpieza de calzada, desprendimientos de material, etc.

Tabla 23: Presupuesto – Limpieza de calzada y bermas

| LIMPIEZA DE CALZADA Y BERMAS. | | | | | | |
|-------------------------------|---------|--------|-----------|---------------------------------|------------|--------------|
| KM/DIA | 15.0000 | EQ. | 15.0000 | Costo unitario directo por : KM | | 39.06 |
| Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OPERARIO | | hh | 1.4160 | 0.7552 | 6.98 | 5.27 |
| PEON | | hh | 12.7440 | 6.7968 | 3.95 | 26.85 |
| | | | | | | 32.12 |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | | %MO | | 5.0000 | 32.12 | 1.61 |
| CAMION BARANDA 3 TON. | | hm | 0.2500 | 0.1333 | 40.00 | 5.33 |
| | | | | | | 6.94 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24: Presupuesto – Bacheo en calzada y bermas

| BACHEO SUPERFICIAL EN CALZADA Y BERMAS | | | | | |
|--|---------|-----------|-------------|---------------------------------|--------------|
| m2/DIA | 30.0000 | | EQ. 30.0000 | Costo unitario directo por : m2 | 11.54 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Subpartidas | | | | | |
| REMOCION DE CARPETA | m2 | | 1.0000 | 2.95 | 2.95 |
| ELIMINACION DE MATERIAL INADECUADO | m3 | | 0.0700 | 16.94 | 1.19 |
| EXTENDIDO Y COMPACTADO DE AFIRMADO | m3 | | 0.2500 | 86.05 | 7.40 |
| | | | | | 11.54 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Presupuesto – Reposición de material afirmado

| REPOSICION DE MATERIAL AFIRMADO (AHUELLAMIENTOS) | | | | | |
|--|--------|-----------|----------|---------------------------------|--------------|
| m3/DIA | | MO.40.00 | EQ.40.00 | Costo unitario directo por : m3 | 86.05 |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| Mano de Obra | | | | | |
| OPERARIO | hh | 0.7080 | 0.1416 | 6.98 | 0.99 |
| PEON | hh | 2.8320 | 0.5664 | 3.95 | 2.24 |
| | | | | | 3.23 |
| Materiales | | | | | |
| MATERIAL SELECCIONADO | m3 | | 1.2000 | 62.50 | 75.00 |
| | | | | | 75.00 |
| Equipos | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 5.0000 | 3.23 | 0.16 |
| CAMION BARANDA 3 TON. | hm | 0.2500 | 0.0500 | 40.00 | 2.00 |
| COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP | hm | 1.4160 | 0.2832 | 20.00 | 5.66 |
| | | | | | 7.83 |

Fuente: Elaboración Propia

✓ Considerando la construcción de la carretera sin aplicación de aditivo y el costo de mantenimiento promedio por año, se obtiene lo siguiente:

- Costo construcción carretera sin aplicación de aditivo:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 6.18 / \text{m}^3 = \text{S/} . 47,277.00$$

$$51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/} . 7.11 / \text{m}^2 = \text{S/} . 362,610.00$$

$$51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/} . 10.73 / \text{m}^2 = \text{S/} . 547,230.00$$



- Costo limpieza de la calzada, considerando para cada caso:

$$8.50 \text{ km} \times \text{S/} . 39.06 \text{ km} \times 360 \text{ días} = \text{S/} . 111,523.60$$

- Costo bacheo superficial en calzada, considerando para cada caso que en 1 año la cuarta parte de la calzada requerirá bacheo, se obtiene lo siguiente:

$$51,000 \text{ m}^2 \times \text{S/} . 11.54 / 4 = \text{S/} . 147,135.00$$

- Costo reposición material afirmado (ahuellamientos), considerando para cada caso que en 1 año la décima parte de la calzada requerirá este tratamiento, se obtiene lo siguiente:

$$7,650 \text{ m}^3 \times \text{S/} . 86.05 / 10 = \text{S/} . 65,828.25$$

- Presupuesto total en el primer año:

S/ . 1'281,603.86 Soles.

En la siguiente tabla se tiene los siguientes gastos anuales, los cuales muestran los gastos de construcción y mantenimiento durante el primer año, siendo según el análisis el más conveniente usar por su bajo costo y mayores beneficios estructurales, la aplicación del polímero Maxx-Seal 100 al 0.4% de proporción en peso.

Tabla 26: Presupuesto por tipo de intervención

| TIPO DE INTERVENCIÓN | MONTO ANUAL (S/.) |
|--|--------------------------|
| Aplicación Maxx-Seal 100 al 0.4% en peso | S/ . 563,218.50 Soles. |
| Aplicación Maxx-Seal 100 al 0.6% en peso | S/ . 871,054.50 Soles. |
| Aplicación de estabilizador iónico 1 + cemento | S/ . 777,693.39 Soles. |
| Aplicación de estabilizador iónico 2 + cemento | S/ . 938,190.39 Soles. |
| Carretera sin aplicación de aditivo | S/ . 1'281,603.86 Soles. |

Fuente: Elaboración Propia



4.4 Discusión

- Los resultados que se obtienen en la presente investigación comprueban la hipótesis propuesta, que aplicando el polímero en emulsión vinilo acrílico Maxx Seal 100, estabilizará y optimizará las características mecánicas de la superficie de rodadura disminuyendo así considerablemente los efectos y daños producidos a la carretera, reduciendo así los mantenimientos posteriores.
- En relación a lo propuesto por Gutierrez, Carlos (2010), menciona que se necesitan altas cantidades de cloruro de calcio y bischofita para lograr una estabilización eficiente de la vía, esto es efectivo pero tiene gastos muy elevados, ya que el costo por mantenimiento para estos suelos estabilizados es el mismo que los de construcción, mientras que esta investigación recurre a gastos de construcción por debajo de los propuestos por este sistema, y gastos por mantenimiento anual de 5 veces menos que el presupuesto de construcción.
- En relación a la investigación realizada por Mondragón, Edson (2015), logra obtener aumentos en la capacidad de soporte CBR de hasta 137.60% con el aditivo PROES. Esta investigación pudo obtener resultados de aumento en la capacidad de soporte de hasta 300% para suelos granulares sin presencia de IP. La otra gran ventaja es que para el uso del aditivo PROES es necesario cemento portland, mientras que para nuestra investigación, el uso de cemento no es impedimento para brindar las propiedades de resistencia, adherencia e impermeabilización.
- En relación a lo investigado por Ravines, Maria (2010), para el uso de suelos tipo CL con la adición de aditivo Perma Zyme 22X, logra obtener hasta valores por encima de 240%, esta enzima logra tener resultados tan altos como la presente investigación, que obtuvo resultados de hasta 300% para suelos granulares.



- Según la investigación realizada por Choque, Hector (2012), utilizó el aditivo Perma Zyme 22X y cloruro de calcio para suelos gravo arcillosos, sometidos a constantes lluvias, no obteniendo resultados óptimos. Esta investigación pudo demostrar que al obtener resultados de capacidad de soporte CBR de hasta 300% podrá resistir la intensidad del tráfico así como de lluvias, ya que también brinda características impermeables y de sellado.
- Según lo investigado por Lizárraga, Erwin (2011), logró resultados de optimización del suelo en la capacidad de soporte, obteniendo valores de hasta 98.90% de CBR (equivale a 300% en el aumento de su resistencia). En nuestra investigación encontramos resultados iguales al mejorar la capacidad de soporte hasta un 300% de su resistencia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1 Conclusiones

Los ensayos realizados demuestran que la aplicación del polímero Maxx-Seal mejora las propiedades tales como:

- Aumento de la capacidad de soporte y de la resistencia. Se confirma una alta mejora según los resultados de las pruebas CBR, con un aumento en los resultados de las pruebas de hasta el 300% con respecto a la muestra de suelo sin la incorporación del polímero.
- Los resultados más altos se dieron en aquellas muestras de suelo en las cuales se trabajó con la mayor concentración de aditivo y con la condición de secado rápido (2 horas), y con la condición no sumergida (tiempo mínimo de saturación de 12 horas).
- Con la aplicación de la dosis al 0.4% del peso del material, la carretera resistirá condiciones de abrasión, controlará la polución, y también garantizará un material impermeable, y resistencia a la deformación.
- La aplicación de la dosis a 0.6% sería muy provechosa, para cuando se requiera colocar concreto asfáltico o algún tipo de recubrimiento asfáltico, ya que con esta dosis se logra CBR mayores a los estipulados para bases según las EE.TT. generales para construcción del MTC (80% mín bajo condiciones saturadas).
- Respecto a lo económico se demuestra que el precio para colocar 8 km con este aditivo es más rentable desde el punto de vista de duración de la carretera, así como también se reduciría considerablemente los costos por mantenimiento.
- La utilización de este aditivo es más rentable ya que la mayoría de los usados para la construcción de las carreteras en el Perú no controlan la polución, necesita de grandes movimientos de tierras y aumentan el gasto ya que trabajan con la aplicación de cemento portland.



5.2 Recomendaciones

- Implementar el uso de aditivos en la construcción de carreteras vecinales y regionales, con el objetivo de tener vías de bajo de volumen de tránsito con mayor vida útil, y menores costos en mantenimiento.
- Con el uso de este polímero podría usarse el mismo material obtenido in situ, minimizando considerablemente el impacto ambiental de explotación de canteras, así como también eliminación de material inadecuado hacia botaderos.
- Realizar mayores investigaciones con este polímero, con distintos tipos de suelo, para ver los cambios respecto a capacidad de soporte (CBR), así creando una data mayor para luego ser usada como parámetro de control.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



6 Bibliografía

- Juárez, E., y Rico, A. (2004). Mecánica de suelos (Tomo II). México D.F., México: Limusa S.A. de C.V.
- Rico, A., y Del Castillo, H. (1984). La ingeniería de suelos en las vías terrestres – Carreteras, ferrocarriles y aeropistas (Volumen II). México D.F., México: Limusa S.A. de C.V.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004). Norma técnica de Estabilizadores Químicos MTC E 1109.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección: Suelos y Pavimentos.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). Manual de Carreteras – Diseño Geométrico (DG-2018)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). Manual de carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial.
- Ravines, M., (2010). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras (tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.
- Gutiérrez, C., (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. Universidad Ricardo Palma. Lima.
- Choque, H., (2012). Tesis UNI - Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima.



- Ugaz, R., Tupia, C. y Alva, J., (2011). Ensayos de estabilización de suelos con el aditivo RBI-81. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil.
- Especificación Técnica – Aditivo Maxx – Seal 100.



ANEXOS



ANEXO N°01

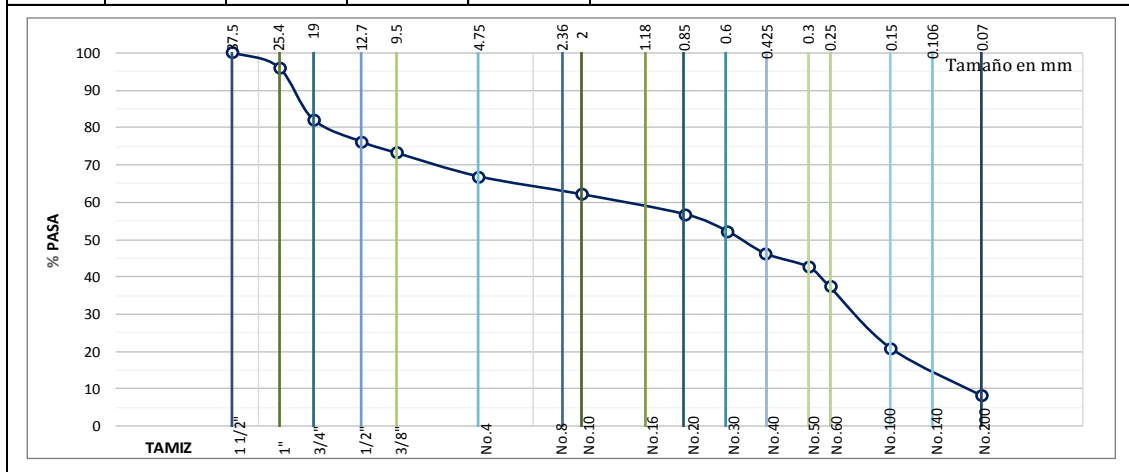
ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS



GRANULOMETRIAS

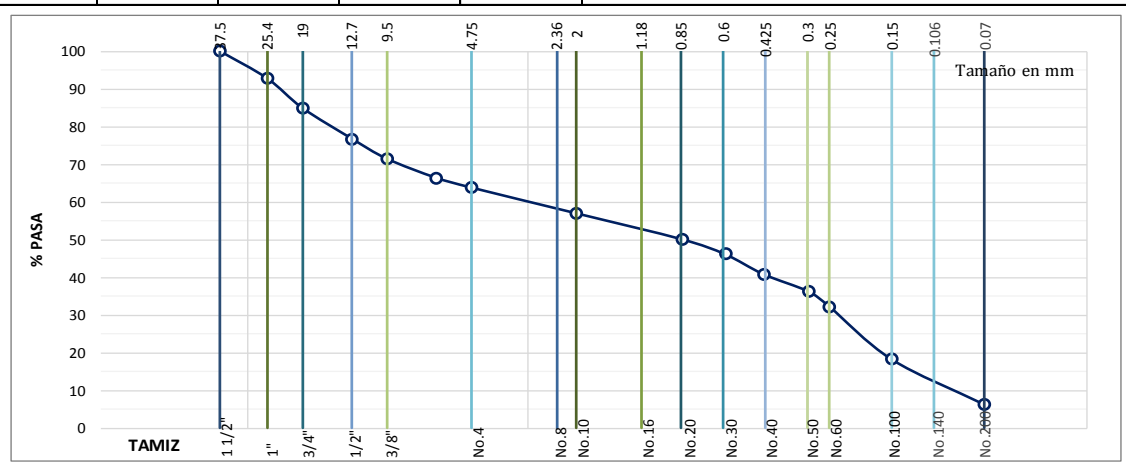


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 16/05/17 |
|---|----------------------|--|--|--------|---|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY ALTO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : CALICATA N° 1 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 4" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco retenido N° 4 701.8 gr. |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1417.3 gr. |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso de fracción Fina N° 4 1417.3 gr. |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco Total 2119.1 gr. |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 82.71 | 3.90 | 3.90 | 96.10 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 294.35 | 13.89 | 17.79 | 82.21 | Gravas : 33.1 (%) |
| 1/2" | 128.33 | 6.06 | 23.85 | 76.15 | Arenas : 58.6 (%) |
| 3/8" | 61.89 | 2.92 | 26.77 | 73.23 | Finos : 8.3 (%) |
| 1/4" | 0.00 | 0.00 | 26.77 | 73.23 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 134.51 | 6.35 | 33.12 | 66.88 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 33.12 | 66.88 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 101.67 | 4.80 | 37.92 | 62.08 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 37.92 | 62.08 | |
| No. 20 | 113.34 | 5.35 | 43.26 | 56.74 | Coefficiente de Uniformidad (cu): 12.5 |
| No. 30 | 95.28 | 4.50 | 47.76 | 52.24 | Coefficiente de Curvatura (cc): 0.58 |
| No. 40 | 126.11 | 5.95 | 53.71 | 46.29 | |
| CLASIFICACION DE SUELOS | | | | | |
| No. 50 | 78.47 | 3.70 | 57.41 | 42.59 | Clasificación (SUCS) : SP SM |
| No. 60 | 110.45 | 5.21 | 62.63 | 37.37 | Nombre de grupo (SUCS): Arena mal graduada con limo con grava |
| No. 100 | 348.44 | 16.44 | 79.07 | 20.93 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 268.44 | 12.67 | 91.74 | 8.26 | Color de Suelo : Gris claro |
| Platillo | 175.11 | 8.26 | 100.00 | 0.00 | |





| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 16/05/17 |
|---|----------------------|--|--|--------|---|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY ALTO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : CALICATA N° 2 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 4" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco retenido N° 4 736.8 gr. |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1299.4 gr. |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso de fracción Fina N° 4 1299.4 gr. |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco Total 2036.2 gr. |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 147.39 | 7.24 | 7.24 | 92.76 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 159.05 | 7.81 | 15.05 | 84.95 | Gravas : 36.2 (%) |
| 1/2" | 165.54 | 8.13 | 23.18 | 76.82 | Arenas : 57.5 (%) |
| 3/8" | 108.48 | 5.33 | 28.51 | 71.49 | Finos : 6.3 (%) |
| 1/4" | 103.29 | 5.07 | 33.58 | 66.42 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 53.04 | 2.60 | 36.18 | 63.82 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 36.18 | 63.82 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 139.31 | 6.84 | 43.03 | 56.97 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 43.03 | 56.97 | |
| No. 20 | 140.37 | 6.89 | 49.92 | 50.08 | Coefficiente de Uniformidad (cu): 31.7 |
| No. 30 | 80.01 | 3.93 | 53.85 | 46.15 | Coefficiente de Curvatura (cc): 0.23 |
| No. 40 | 108.41 | 5.32 | 59.17 | 40.83 | |
| CLASIFICACION DE SUELOS | | | | | |
| No. 50 | 93.00 | 4.57 | 63.74 | 36.26 | Clasificación (SUCS) : SP SM |
| No. 60 | 82.02 | 4.03 | 67.77 | 32.23 | Nombre de grupo (SUCS): Arena mal graduada con limo con grava |
| No. 100 | 284.48 | 13.97 | 81.74 | 18.26 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 243.98 | 11.98 | 93.72 | 6.28 | Color de Suelo : Gris claro |
| Platillo | 127.86 | 6.28 | 100.00 | 0.00 | |



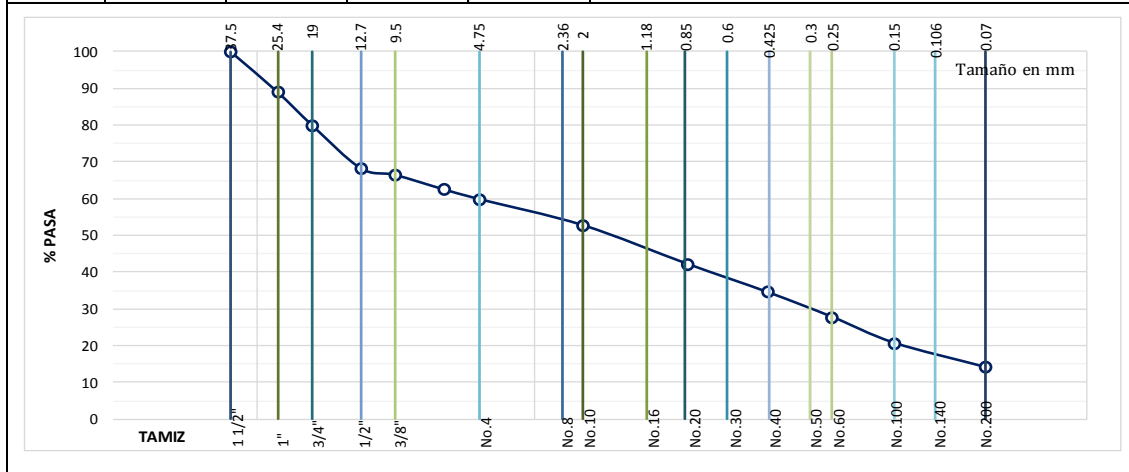


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 17/05/17 |
|--|----------------------|--|---|--------|--|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY MEDIO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : CALICATA N° 3 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 4" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco retenido N° 4 790.2 gr. |
| 3" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1348.4 gr. |
| 2 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso de fracción Fina N° 4 1348.4 gr. |
| 2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco Total 2138.6 gr. |
| 1 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 54.5 | 2.5 | 2.55 | 97.5 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 276.3 | 12.9 | 15.47 | 84.5 | Gravas : 36.9 (%) |
| 1/2" | 254.1 | 11.9 | 27.35 | 72.6 | Arenas : 44.6 (%) |
| 3/8" | 0.0 | 0.0 | 27.35 | 72.6 | Finos : 18.5 (%) |
| 1/4" | 0.0 | 0.0 | 27.35 | 72.6 | |
| No. 4 | 205.2 | 9.6 | 36.95 | 63.1 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 8 | 158.70 | 7.42 | 44.37 | 55.6 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 10 | 0.00 | 0.00 | 44.37 | 55.6 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 16 | 129.54 | 6.06 | 50.43 | 49.6 | IP : 0.0 (%) |
| No. 20 | 0.00 | 0.00 | 50.43 | 49.6 | Coefficiente de Uniformidad (cu): 0.00 |
| No. 30 | 131.04 | 6.13 | 56.56 | 43.4 | Coefficiente de Curvatura (cc): 0.00 |
| No. 40 | 0.00 | 0.00 | 56.56 | 43.4 | |
| CLASIFICACION DE SUELOS | | | | | |
| No. 50 | 103.16 | 4.82 | 61.38 | 38.6 | Clasificación (SUCS) : SM |
| No. 60 | 0.00 | 0.00 | 61.38 | 38.6 | Nombre de grupo (SUCS): Arena limosa con grava |
| No. 100 | 248.36 | 11.61 | 72.99 | 27.0 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 182.08 | 8.51 | 81.51 | 18.5 | Color de Suelo : Gris claro. |
| Platillo | 395.52 | 18.49 | 100.00 | 0.0 | |

| Tamaño Tamiz (mm) | % Pasa |
|-------------------|--------|
| 1 1/2" | 97.5 |
| 1" | 95.4 |
| 3/4" | 84.5 |
| 1/2" | 72.6 |
| 3/8" | 72.6 |
| No. 4 | 63.1 |
| No. 8 | 55.6 |
| No. 10 | 55.6 |
| No. 16 | 49.6 |
| No. 20 | 49.6 |
| No. 30 | 43.4 |
| No. 40 | 43.4 |
| No. 50 | 38.6 |
| No. 60 | 38.6 |
| No. 100 | 27.0 |
| No. 140 | 18.5 |
| No. 200 | 18.5 |

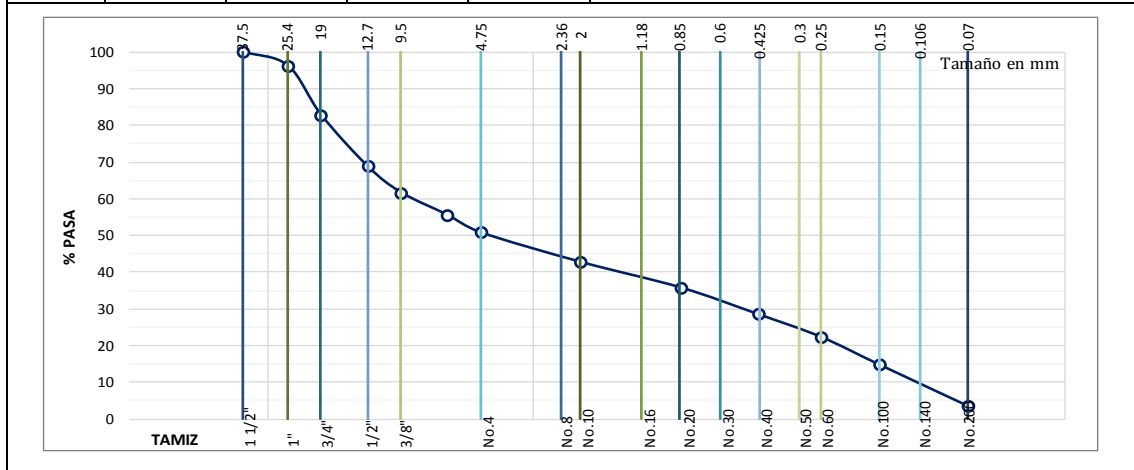


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 17/05/17 |
|---|----------------------|--|--|--------|--|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY MEDIO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : CALICATA N° 4 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 4" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco retenido N° 4 846.9 gr. |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1263.2 gr. |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso de fracción Fina N° 4 1263.2 gr. |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco Total 2110.1 gr. |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 231.27 | 10.96 | 10.96 | 89.04 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 192.63 | 9.13 | 20.09 | 79.91 | Gravas : 40.1 (%) |
| 1/2" | 245.89 | 11.65 | 31.74 | 68.26 | Arenas : 45.8 (%) |
| 3/8" | 39.16 | 1.86 | 33.60 | 66.40 | Finos : 14.1 (%) |
| 1/4" | 82.91 | 3.93 | 37.53 | 62.47 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 55.06 | 2.61 | 40.14 | 59.86 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 40.14 | 59.86 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 150.15 | 7.12 | 47.25 | 52.75 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 47.25 | 52.75 | Coefficiente de Uniformidad (cu): 0.0 |
| No. 20 | 221.83 | 10.51 | 57.76 | 42.24 | Coefficiente de Curvatura (cc): 0.0 |
| No. 30 | 0.00 | 0.00 | 57.76 | 42.24 | |
| No. 40 | 162.58 | 7.70 | 65.47 | 34.53 | CLASIFICACION DE SUELOS |
| No. 50 | 0.00 | 0.00 | 65.47 | 34.53 | Clasificación (SUCS) : SM |
| No. 60 | 144.00 | 6.82 | 72.29 | 27.71 | Nombre de grupo (SUCS): Arena limosa con grava |
| No. 100 | 147.49 | 6.99 | 79.28 | 20.72 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 139.84 | 6.63 | 85.91 | 14.09 | Color de Suelo : Gris claro. |
| Platillo | 297.30 | 14.09 | 100.00 | 0.00 | |



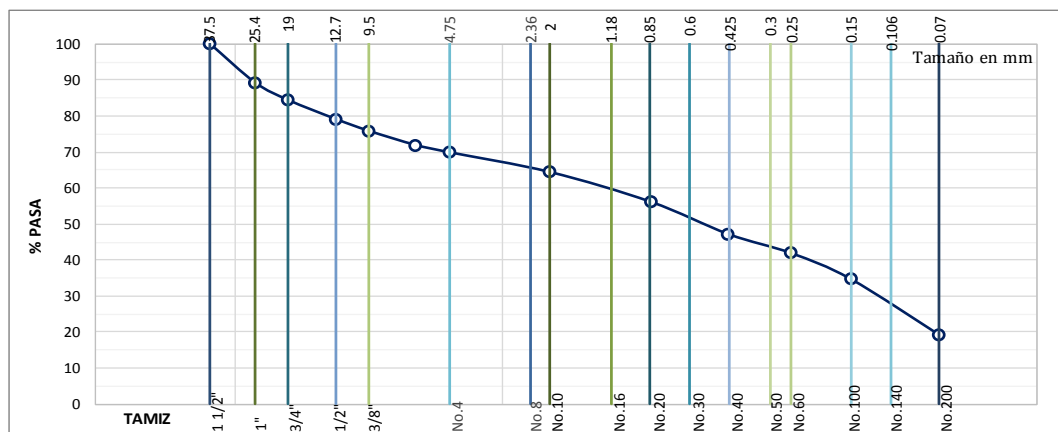


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 18/05/17 |
|---|----------------------|--|--|--------|--|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY BAJO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : CALICATA N° 5 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| 4" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco retenido N° 4 999.8 gr. |
| 3" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1083.2 gr. |
| 2 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso de fracción Fina N° 4 1083.2 gr. |
| 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | Peso suelo seco Total 2083.0 gr. |
| 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 77.20 | 3.71 | 3.71 | 96.29 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 280.90 | 13.49 | 17.19 | 82.81 | Gravas : 48.0 (%) |
| 1/2" | 256.64 | 12.32 | 29.51 | 70.49 | Arenas : 48.4 (%) |
| 3/8" | 151.87 | 7.29 | 36.80 | 63.20 | Finos : 3.6 (%) |
| 1/4" | 159.24 | 7.64 | 44.45 | 55.55 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 73.98 | 3.55 | 48.00 | 52.00 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 48.00 | 52.00 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 171.44 | 8.23 | 56.23 | 43.77 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 56.23 | 43.77 | Coeficiente de Uniformidad (cu): 67.8 |
| No. 20 | 148.90 | 7.15 | 63.38 | 36.62 | Coeficiente de Curvatura (cc): 0.19 |
| No. 30 | 0.00 | 0.00 | 63.38 | 36.62 | |
| No. 40 | 154.73 | 7.43 | 70.81 | 29.19 | CLASIFICACION DE SUELOS |
| No. 50 | 0.00 | 0.00 | 70.81 | 29.19 | Clasificación (SUCS) : SP |
| No. 60 | 131.59 | 6.32 | 77.12 | 22.88 | Nombre de grupo (SUCS): Arena mal graduada con grava |
| No. 100 | 162.63 | 7.81 | 84.93 | 15.07 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 238.56 | 11.45 | 96.38 | 3.62 | Color de Suelo : Marrón claro. |
| Platillo | 75.35 | 3.62 | 100.00 | 0.00 | |



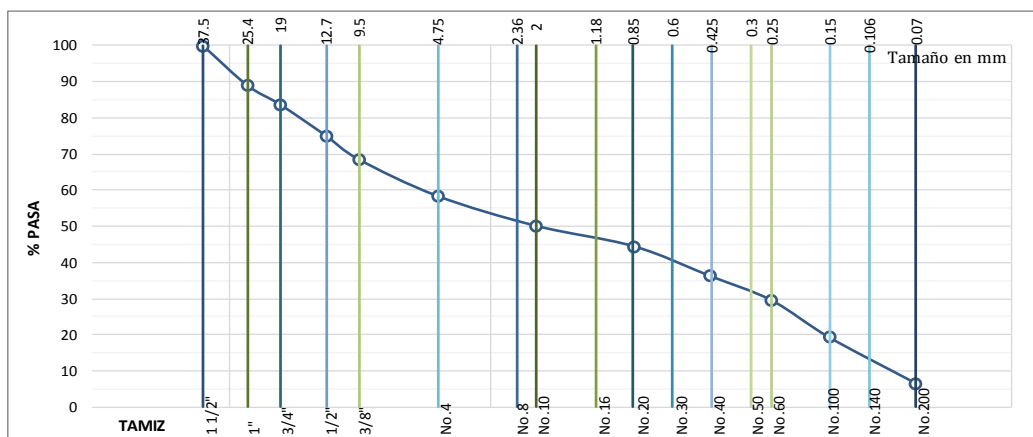


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 18/05/17 | |
|--|----------------------|--|---|--------|----------------------------------|------------------------|
| | | | | | Página: 1 de 1 | |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY BAJO | | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | | |
| Muestra : CALICATA N° 6 | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material | |
| 6" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | | |
| 4" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco retenido N° 4 | 634.0 gr. |
| 3" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco que pasa N° 4 | 1473.1 gr. |
| 2 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso de fracción Fina N° 4 | 1473.1 gr. |
| 2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco Total | 2107.07 gr. |
| 1 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | PORCENTAJE DE PARTICULAS | |
| 1" | 226.8 | 10.8 | 10.76 | 89.2 | Bolonerías | : 0.0 (%) |
| 3/4" | 103.3 | 4.9 | 15.67 | 84.3 | Gravas | : 30.1 (%) |
| 1/2" | 109.0 | 5.2 | 20.84 | 79.2 | Arenas | : 50.5 (%) |
| 3/8" | 69.7 | 3.3 | 24.15 | 75.8 | Finos | : 19.4 (%) |
| 1/4" | 83.0 | 3.9 | 28.09 | 71.9 | | |
| No. 4 | 42.1 | 2.0 | 30.09 | 69.9 | LIMITES DE CONSISTENCIA | |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 30.09 | 69.9 | Limite Líquido | : 0.0 (%) |
| No. 10 | 115.15 | 5.46 | 35.55 | 64.4 | Limite Plastico | : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 35.55 | 64.4 | IP | : 0.0 (%) |
| No. 20 | 173.39 | 8.23 | 43.78 | 56.2 | Coeficiente de Uniformidad (cu): | 0.0 |
| No. 30 | 0.00 | 0.00 | 43.78 | 56.2 | Coeficiente de Curvatura (cc): | 0.0 |
| No. 40 | 188.62 | 8.95 | 52.73 | 47.3 | CLASIFICACION DE SUELOS | |
| No. 50 | 0.00 | 0.00 | 52.73 | 47.3 | Clasificación (SUCS) | : SM |
| No. 60 | 111.30 | 5.28 | 58.02 | 42.0 | Nombre de grupo (SUCS): | Arena limosa con grava |
| No. 100 | 149.94 | 7.12 | 65.13 | 34.9 | Clasificación (AASHTO) | : A-1-b |
| No. 200 | 325.79 | 15.46 | 80.59 | 19.4 | Color de Suelo | : Marrón claro. |
| Platillo | 408.88 | 19.41 | 100.00 | 0.0 | | |



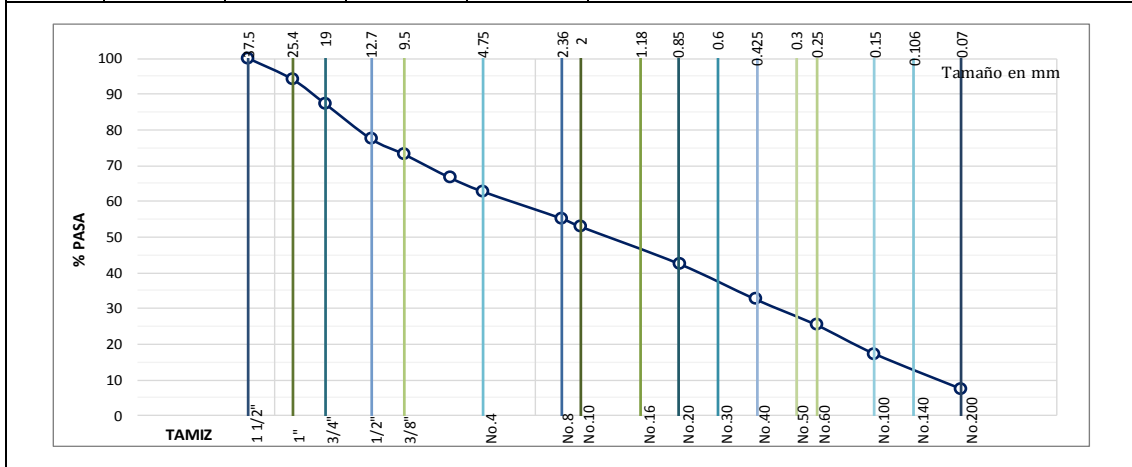


| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 14/06/17 |
|--|----------------------|--|---|--------|---|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY ALTO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : MUESTRA "A" | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 4" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco retenido N° 4 990.2 gr. |
| 3" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1395.9 gr. |
| 2 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso de fracción Fina N° 4 1395.9 gr. |
| 2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco Total 2386.1 gr. |
| 1 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 261.02 | 10.9 | 10.94 | 89.1 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 126.9 | 5.3 | 16.26 | 83.7 | Gravas : 41.5 (%) |
| 1/2" | 205.0 | 8.6 | 24.85 | 75.2 | Arenas : 51.7 (%) |
| 3/8" | 155.5 | 6.5 | 31.36 | 68.6 | Finos : 6.8 (%) |
| 1/4" | 0.0 | 0.0 | 31.36 | 68.6 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 241.9 | 10.1 | 41.50 | 58.5 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 0.00 | 0.00 | 41.50 | 58.5 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 196.18 | 8.22 | 49.72 | 50.3 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 49.72 | 50.3 | Coeficiente de Uniformidad (cu): 51.7 |
| No. 20 | 135.73 | 5.69 | 55.41 | 44.6 | Coeficiente de Curvatura (cc): 0.18 |
| No. 30 | 0.00 | 0.00 | 55.41 | 44.6 | |
| No. 40 | 194.89 | 8.17 | 63.58 | 36.4 | |
| No. 50 | 0.00 | 0.00 | 63.58 | 36.4 | CLASIFICACION DE SUELOS |
| No. 60 | 160.51 | 6.73 | 70.30 | 29.7 | Clasificación (SUCS) : SP SM |
| No. 100 | 244.65 | 10.25 | 80.56 | 19.4 | Nombre de grupo (SUCS): Arena mal graduada con limo con grava |
| No. 200 | 302.52 | 12.68 | 93.24 | 6.8 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| Platillo | 161.39 | 6.76 | 100.00 | 0.0 | Color de Suelo : Gris claro. |





| Maxx-Seal 100 | | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422 | | | Fecha: 14/06/17 |
|--|----------------------|--|---|--------|---|
| | | | | | Página: 1 de 1 |
| TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RODADURA MEDIANTE EL USO DE POLÍMERO EN EMULSIÓN VINILO ACRÍLICO EN LA CARRETERA NO PAVIMENTADA AL CENTRO POBLADO TANGAY - NUEVO CHIMBOTE - SANTA" | | | | | |
| Ubicación de Muestreo : SUELO TANGAY BAJO-MEDIO | | | | | |
| Tipo de Exploración : Superficial | | | Laboratorio : Universidad Nacional del Santa | | |
| Muestra : MUESTRA "B" | | | Realizado por : Denis Sánchez y Johan Lomparte | | |
| Tamaño Tamiz | Peso Reten. Parcial. | % Retenido | % Retenido Acumulado | % Pasa | Datos del Material |
| 6" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| 4" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco retenido N° 4 831.1 gr. |
| 3" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco que pasa N° 4 1399.5 gr. |
| 2 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso de fracción Fina N° 4 1399.5 gr. |
| 2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | Peso suelo seco Total 2230.6 gr. |
| 1 1/2" | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 | |
| PORCENTAJE DE PARTICULAS | | | | | |
| 1" | 130.61 | 5.9 | 5.86 | 94.1 | Bolonerías : 0.0 (%) |
| 3/4" | 153.86 | 6.9 | 12.75 | 87.2 | Gravas : 37.3 (%) |
| 1/2" | 218.30 | 9.8 | 22.54 | 77.5 | Arenas : 55.2 (%) |
| 3/8" | 95.28 | 4.3 | 26.81 | 73.2 | Finos : 7.5 (%) |
| 1/4" | 146.06 | 6.5 | 33.36 | 66.6 | |
| LIMITES DE CONSISTENCIA | | | | | |
| No. 4 | 86.98 | 3.9 | 37.26 | 62.7 | Limite Líquido : 0.0 (%) |
| No. 8 | 167.29 | 7.5 | 44.76 | 55.2 | Limite Plastico : 0.0 (%) |
| No. 10 | 52.76 | 2.4 | 47.12 | 52.9 | IP : 0.0 (%) |
| No. 16 | 0.00 | 0.00 | 47.12 | 52.9 | Coefficiente de Uniformidad (cu): 41.6 |
| No. 20 | 231.59 | 10.38 | 57.51 | 42.5 | Coefficiente de Curvatura (cc): 0.31 |
| No. 30 | 0.00 | 0.00 | 57.51 | 42.5 | |
| No. 40 | 219.95 | 9.86 | 67.37 | 32.6 | CLASIFICACION DE SUELOS |
| No. 50 | 0.00 | 0.00 | 67.37 | 32.6 | Clasificación (SUCS) : SP SM |
| No. 60 | 161.85 | 7.26 | 74.62 | 25.4 | Nombre de grupo (SUCS): Arena mal graduada con limo con grava |
| No. 100 | 179.75 | 8.06 | 82.68 | 17.3 | Clasificación (AASHTO) : A-1-b |
| No. 200 | 218.06 | 9.78 | 92.46 | 7.5 | Color de Suelo : Marrón claro. |
| Platillo | 168.24 | 7.54 | 100.00 | 0.0 | |





M-A

SUELO SIN ADITIVO

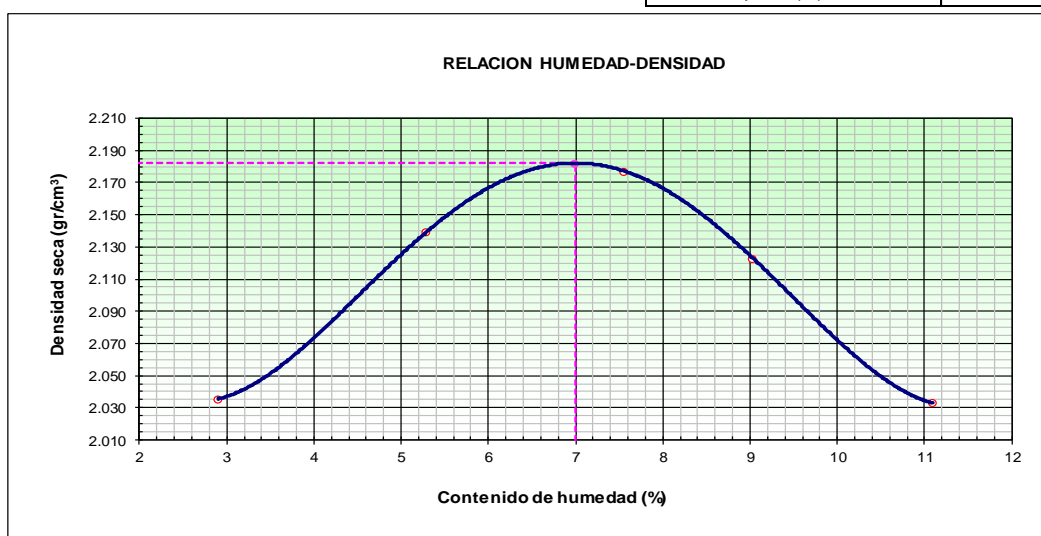
SATURADO



| | | |
|---|---|-----------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 16/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | | |
| Ubicación: Tangay Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA | | | | | | |
|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| ARRIBA | | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 93.224 | 92.887 | 113.686 | 142.131 | 120.533 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 91.367 | 89.205 | 107.969 | 133.082 | 110.481 |
| Tara | (gr) | 27.202 | 18.634 | 28.155 | 39.642 | 23.333 |
| Peso de agua | (gr) | 1.86 | 3.68 | 5.72 | 9.05 | 10.05 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 64.17 | 70.57 | 79.81 | 93.44 | 87.15 |
| Contenido de agua | (%) | 2.89 | 5.22 | 7.16 | 9.68 | 11.53 |
| CENTRO | | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 95.537 | 88.436 | 100.604 | 108.876 | 96.938 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 93.565 | 85.328 | 95.407 | 102.526 | 89.913 |
| Tara | (gr) | 29.190 | 28.140 | 28.423 | 27.448 | 22.783 |
| Peso de agua | (gr) | 1.97 | 3.11 | 5.20 | 6.35 | 7.03 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 64.38 | 57.19 | 66.98 | 75.08 | 67.13 |
| Contenido de agua | (%) | 3.06 | 5.43 | 7.76 | 8.46 | 10.46 |
| ABAJO | | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 88.106 | 77.348 | 74.617 | 107.605 | 82.970 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 86.251 | 74.366 | 70.490 | 100.984 | 76.880 |
| Tara | (gr) | 18.461 | 16.956 | 17.261 | 27.045 | 22.864 |
| Peso de agua | (gr) | 1.85 | 2.98 | 4.13 | 6.62 | 6.09 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 67.79 | 57.41 | 53.23 | 73.94 | 54.02 |
| Contenido de agua | (%) | 2.74 | 5.19 | 7.75 | 8.95 | 11.27 |
| PROMEDIO | | 2.90 | 5.28 | 7.56 | 9.03 | 11.09 |

| Método C | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------|
| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Peso suelo + molde | gr | 10210.00 | 10543.00 | 10733.00 | 10676.00 | 10557.00 |
| Peso molde | gr | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4432.00 | 4765.00 | 4955.00 | 4898.00 | 4779.00 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.095 | 2.252 | 2.342 | 2.315 | 2.258 |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Contenido de agua | % | 2.90 | 5.28 | 7.56 | 9.03 | 11.09 |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.036 | 2.139 | 2.177 | 2.123 | 2.033 |
| | | | | | <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | 2.182 |
| | | | | | <i>Humedad óptima (%)</i> | 7.00 |



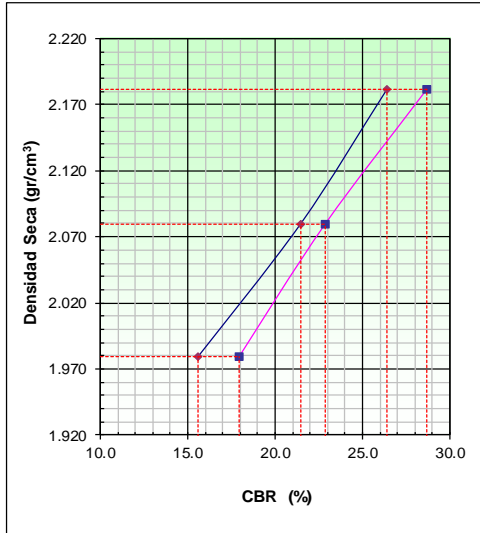


| | | | | | | |
|---|--|----------|-------------|-------------------------------------|-----------------|----------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 23/06/17 | |
| | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | | | CLASF. (AASHTO) : | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11739.00 | | 11387.00 | | 11288.00 |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 4968.00 | | 4696.00 | | 4528.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.335 | | 2.226 | | 2.119 |
| Tara (Nº) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 122.881 | | 110.448 | | 150.350 |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 117.427 | | 105.041 | | 141.829 |
| Peso de tara (g) | | 39.655 | | 28.007 | | 21.138 |
| Peso de agua (g) | | 5.454 | | 5.407 | | 8.521 |
| Peso de suelo seco (g) | | 77.772 | | 77.034 | | 120.691 |
| Contenido de humedad (%) | | 7.013 | | 7.019 | | 7.060 |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.182 | | 2.080 | | 1.979 |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|-------|------------|------|------------|-------|------------|------|------------|-------|------------|------|
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 24 | 98.1 | | | 21 | 85.9 | | | 15 | 61.3 | | |
| 1.270 | | 47 | 192.2 | | | 41 | 167.6 | | | 32 | 130.8 | | |
| 1.905 | | 72 | 294.5 | | | 57 | 233.1 | | | 41 | 167.6 | | |
| 2.540 | 70.31 | 90 | 368.3 | 364.3 | 26.4 | 74 | 302.7 | 296.3 | 21.5 | 51 | 208.6 | 215.0 | 15.6 |
| 3.175 | | 105 | 429.7 | | | 83 | 339.6 | | | 59 | 241.3 | | |
| 3.810 | | 120 | 491.3 | | | 96 | 392.8 | | | 72 | 294.5 | | |
| 5.080 | 105.46 | 145 | 593.9 | 594.0 | 28.7 | 115 | 470.7 | 473.6 | 22.9 | 91 | 372.4 | 370.9 | 17.9 |
| 6.350 | | 164 | 671.9 | | | 130 | 532.3 | | | 106 | 433.8 | | |
| 7.620 | | 180 | 737.7 | | | 140 | 573.3 | | | 118 | 483.1 | | |
| 10.160 | | 207 | 848.7 | | | 154 | 630.8 | | | 137 | 561.0 | | |



| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 23/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

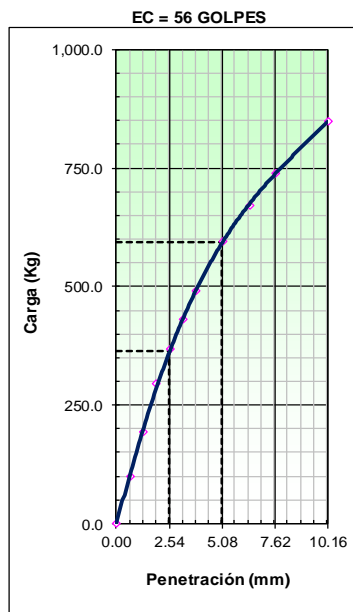


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.182
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.00
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.073

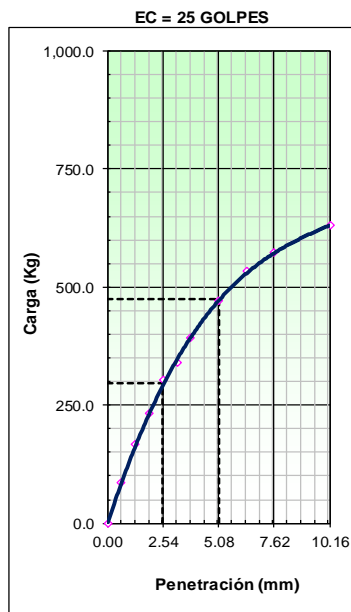
| | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 26.4 | 0.2" : 28.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 21.1 | 0.2" : 22.5 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **21.1** (%)

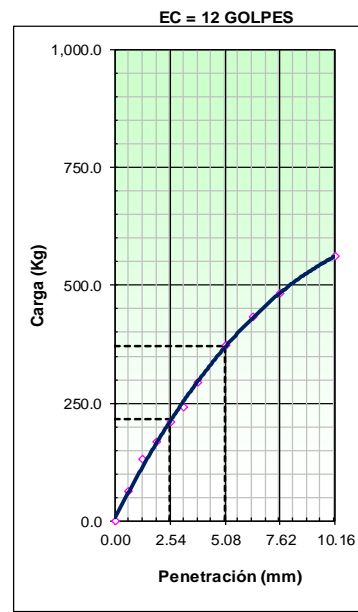
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 26.4%
CBR (0.2") 28.7%



CBR (0.1") 21.5%
CBR (0.2") 22.9%



CBR (0.1") 15.6%
CBR (0.2") 17.9%



M-A

0.40% ADITIVO

SATURADO



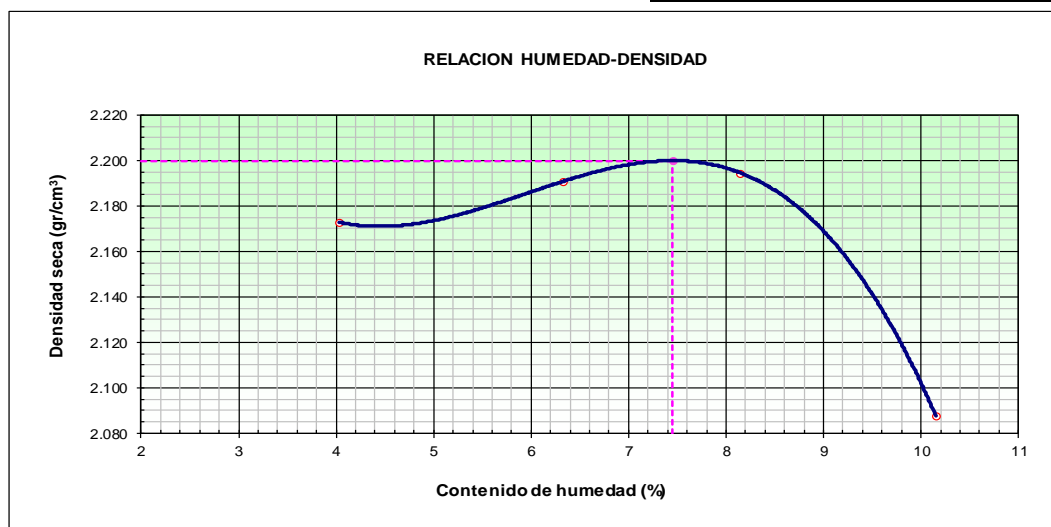
| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 26/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Medio-Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 98.522 | 96.185 | 103.674 | 67.990 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 95.537 | 91.575 | 98.908 | 63.360 |
| Tara | (gr) | 21.590 | 23.151 | 39.624 | 17.397 |
| Peso de agua | (gr) | 2.99 | 4.61 | 4.77 | 4.63 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 73.95 | 68.42 | 59.28 | 45.96 |
| Contenido de agua | (%) | 4.04 | 6.74 | 8.04 | 10.07 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 89.549 | 83.271 | 107.243 | 75.112 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 87.556 | 79.969 | 102.196 | 69.946 |
| Tara | (gr) | 27.144 | 24.167 | 28.221 | 20.066 |
| Peso de agua | (gr) | 1.99 | 3.30 | 5.05 | 5.17 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 60.41 | 55.80 | 73.98 | 49.88 |
| Contenido de agua | (%) | 3.30 | 5.92 | 6.82 | 10.36 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 110.649 | 85.877 | 75.846 | 87.432 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 107.433 | 82.586 | 71.637 | 81.164 |
| Tara | (gr) | 27.454 | 22.991 | 20.665 | 18.653 |
| Peso de agua | (gr) | 3.22 | 3.29 | 4.21 | 6.27 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 79.98 | 59.60 | 50.97 | 62.51 |
| Contenido de agua | (%) | 4.02 | 5.52 | 8.26 | 10.03 |
| PROMEDIO | | 4.03 | 6.33 | 8.15 | 10.15 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11204.00 | 11350.00 | 11443.00 | 11287.00 | |
| Peso molde | gr | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4783.00 | 4929.00 | 5022.00 | 4866.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.260 | 2.329 | 2.373 | 2.300 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.03 | 6.33 | 8.15 | 10.15 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.173 | 2.191 | 2.195 | 2.088 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.200 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 7.45 |





| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 05/07/17 |
| | | Página: 1 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

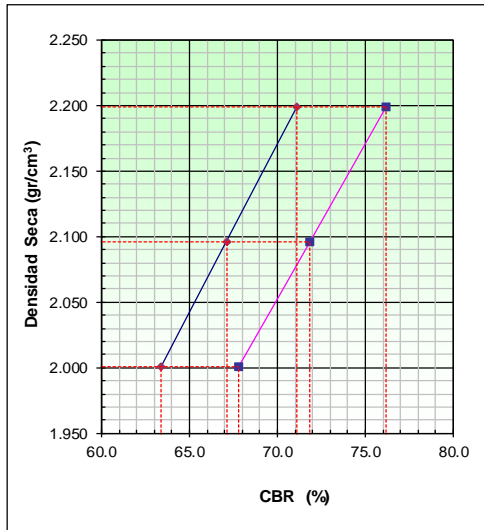
| Molde N° | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| Capas N° | 5 | 5 | 5 |
| Golpes por capa N° | 56 | 25 | 12 |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11799.00 | 11443.00 |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | 6691.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 5028.00 | 4752.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | 2109.66 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.363 | 2.252 |
| Tara (N°) | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 147.200 | 117.988 |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 139.002 | 111.808 |
| Peso de tara (g) | | 28.917 | 28.766 |
| Peso de agua (g) | | 8.198 | 6.180 |
| Peso de suelo seco (g) | | 110.085 | 83.042 |
| Contenido de humedad (%) | | 7.447 | 7.442 |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.199 | 2.096 |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 62 | 253.6 | | | 58 | 237.2 | | | 53 | 216.7 | | |
| 1.270 | | 121 | 495.4 | | | 113 | 462.5 | | | 108 | 442.0 | | |
| 1.905 | | 185 | 758.2 | | | 174 | 713.0 | | | 162 | 663.7 | | |
| 2.540 | 70.31 | 246 | 1009.4 | 981.7 | 71.1 | 230 | 943.4 | 926.4 | 67.1 | 218 | 894.0 | 875.2 | 63.4 |
| 3.175 | | 291 | 1195.0 | | | 270 | 1108.3 | | | 262 | 1075.3 | | |
| 3.810 | | 334 | 1372.6 | | | 318 | 1306.5 | | | 298 | 1223.9 | | |
| 5.080 | 105.46 | 378 | 1554.7 | 1576.9 | 76.2 | 358 | 1471.9 | 1487.9 | 71.9 | 342 | 1405.7 | 1403.8 | 67.8 |
| 6.350 | | 421 | 1732.9 | | | 398 | 1637.6 | | | 378 | 1554.7 | | |
| 7.620 | | 463 | 1907.3 | | | 437 | 1799.3 | | | 412 | 1695.6 | | |
| 10.160 | | 518 | 2136.0 | | | 481 | 1982.1 | | | 470 | 1936.4 | | |



| | | |
|---|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 05/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

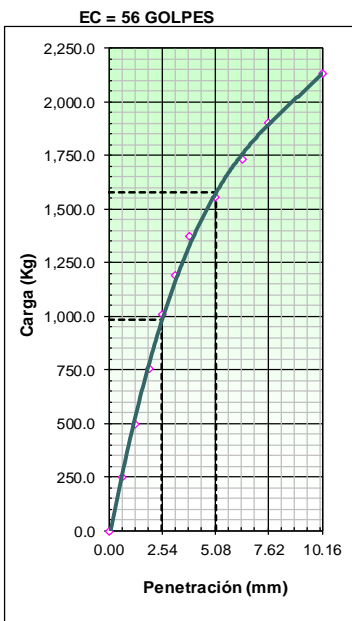


METODO DE COMPACTACION : ASTMD1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.20
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.454
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.090

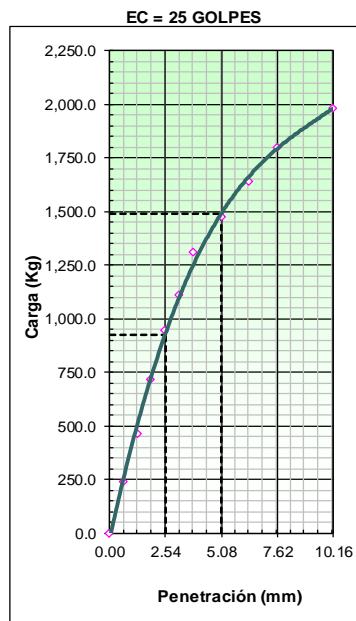
| | | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 71.1 | 0.2" : 76.2 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 66.9 | 0.2" : 71.6 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 66.9 (%)

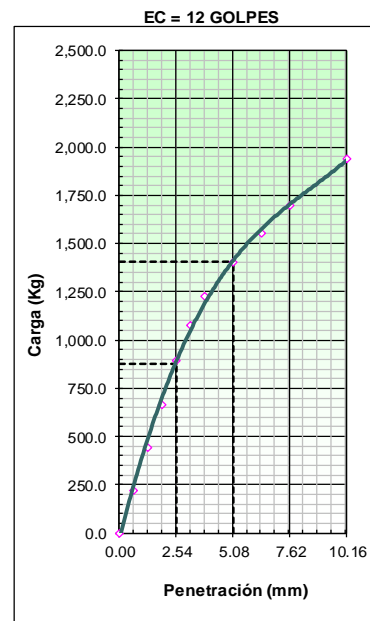
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 71.1%
 CBR (0.2") 76.2%



CBR (0.1") 67.1%
 CBR (0.2") 71.9%



CBR (0.1") 63.4%
 CBR (0.2") 67.8%



M-A

0.60% ADITIVO

SATURADO

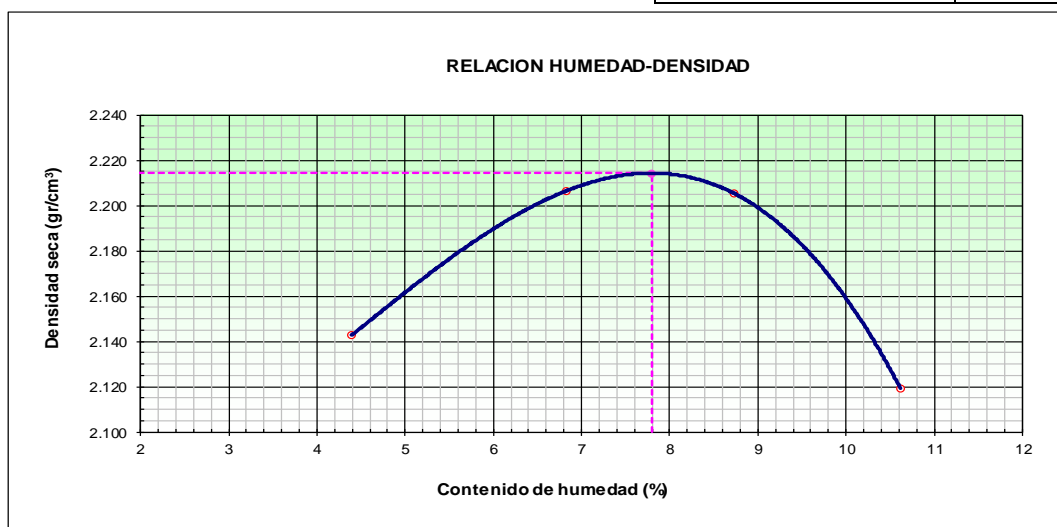


| | | |
|---|---|-----------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 10/07/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | | |
| Ubicación: Tangay Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 3% | 5% | 7% | 9% |
| ARRIBA | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 96.258 | 98.543 | 99.157 | 88.416 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 93.256 | 93.852 | 93.445 | 82.360 |
| Tara (gr) | 23.412 | 24.854 | 26.482 | 25.684 |
| Peso de agua (gr) | 3.00 | 4.69 | 5.71 | 6.06 |
| Peso del suelo seco (gr) | 69.84 | 69.00 | 66.96 | 56.68 |
| Contenido de agua (%) | 4.30 | 6.80 | 8.53 | 10.69 |
| CENTRO | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 90.412 | 83.271 | 102.548 | 78.419 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 87.516 | 79.563 | 96.501 | 73.051 |
| Tara (gr) | 25.189 | 26.413 | 27.364 | 23.587 |
| Peso de agua (gr) | 2.90 | 3.71 | 6.05 | 5.37 |
| Peso del suelo seco (gr) | 62.33 | 53.15 | 69.14 | 49.46 |
| Contenido de agua (%) | 4.65 | 6.98 | 8.75 | 10.85 |
| ABAJO | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 96.480 | 85.877 | 95.682 | 96.106 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 93.519 | 81.986 | 89.958 | 89.048 |
| Tara (gr) | 23.546 | 23.751 | 25.861 | 20.548 |
| Peso de agua (gr) | 2.96 | 3.89 | 5.72 | 7.06 |
| Peso del suelo seco (gr) | 69.97 | 58.24 | 64.10 | 68.50 |
| Contenido de agua (%) | 4.23 | 6.68 | 8.93 | 10.30 |
| PROMEDIO | 4.39 | 6.82 | 8.74 | 10.61 |

Método C

| Numero de Ensayo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peso suelo + molde (gr) | 11154.00 | 11408.00 | 11495.00 | 11382.00 | |
| Peso molde (gr) | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado (gr) | 4733.00 | 4987.00 | 5074.00 | 4961.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³) | 2.237 | 2.357 | 2.398 | 2.345 | |
| Recipiente N° | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua (%) | 4.39 | 6.82 | 8.74 | 10.61 | |
| Peso volumétrico seco (gr/cm ³) | 2.143 | 2.206 | 2.205 | 2.120 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | 2.214 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | 7.79 |





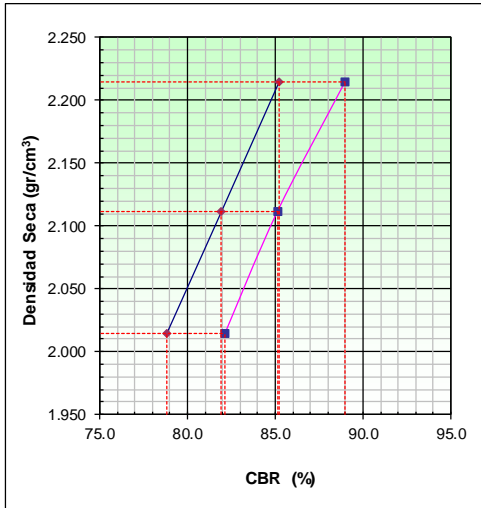
| Maxx-Seal 100 | | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 19/07/17 | |
|--|-------------|--|-------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|--|
| | | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | | |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11852.00 | | 11493.00 | | 11401.00 | |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 | |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 5081.00 | | 4802.00 | | 4641.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.388 | | 2.276 | | 2.172 | |
| Tara (Nº) | | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 152.780 | | 125.930 | | 96.004 | |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 143.728 | | 118.739 | | 91.002 | |
| Peso de tara (g) | | 27.541 | | 26.478 | | 26.804 | |
| Peso de agua (g) | | 9.052 | | 7.191 | | 5.002 | |
| Peso de suelo seco (g) | | 116.187 | | 92.261 | | 64.198 | |
| Contenido de humedad (%) | | 7.791 | | 7.794 | | 7.792 | |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.215 | | 2.112 | | 2.015 | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 93 | 380.5 | | | 89 | 364.2 | | | 85 | 347.8 | | |
| 1.270 | | 152 | 622.6 | | | 149 | 610.3 | | | 146 | 598.0 | | |
| 1.905 | | 220 | 902.3 | | | 207 | 848.7 | | | 209 | 857.0 | | |
| 2.540 | 70.31 | 293 | 1203.2 | 1176.8 | 85.2 | 275 | 1128.9 | 1131.1 | 81.9 | 265 | 1087.7 | 1088.1 | 78.8 |
| 3.175 | | 328 | 1347.8 | | | 325 | 1335.4 | | | 322 | 1323.0 | | |
| 3.810 | | 386 | 1587.8 | | | 381 | 1567.1 | | | 358 | 1471.9 | | |
| 5.080 | 105.46 | 452 | 1861.6 | 1842.3 | 89.0 | 431 | 1774.4 | 1762.6 | 85.1 | 412 | 1695.6 | 1701.1 | 82.2 |
| 6.350 | | 483 | 1990.4 | | | 462 | 1903.1 | | | 452 | 1861.6 | | |
| 7.620 | | 532 | 2194.3 | | | 508 | 2094.4 | | | 497 | 2048.6 | | |
| 10.160 | | 602 | 2486.2 | | | 558 | 2302.6 | | | 548 | 2261.0 | | |



| | | |
|--|--|--|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 19/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

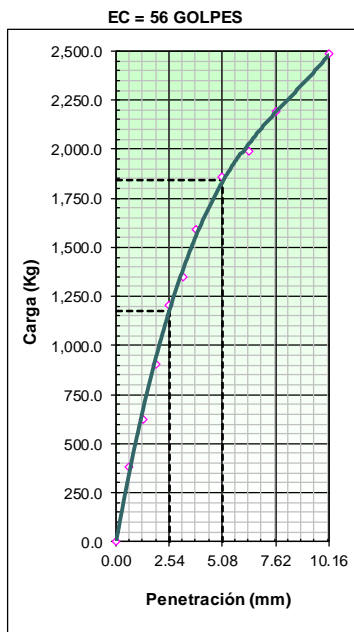


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.214
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.79
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.104

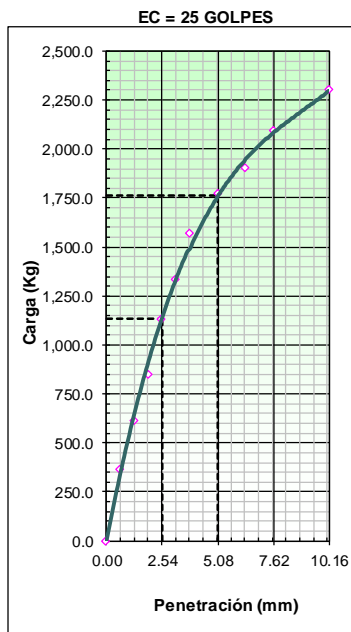
| | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 85.2 | 0.2" : 88.9 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 81.7 | 0.2" : 84.9 |

RESULTADOS CBR a 1":
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 81.7 (%)

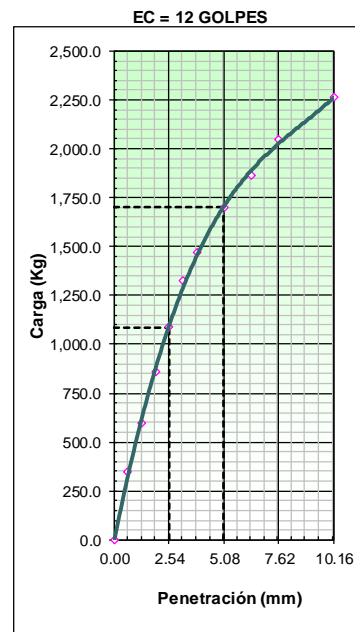
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 85.2%
CBR (0.2") 89.0%



CBR (0.1") 81.9%
CBR (0.2") 85.1%



CBR (0.1") 78.8%
CBR (0.2") 82.2%



M-A

SUELO SIN ADITIVO

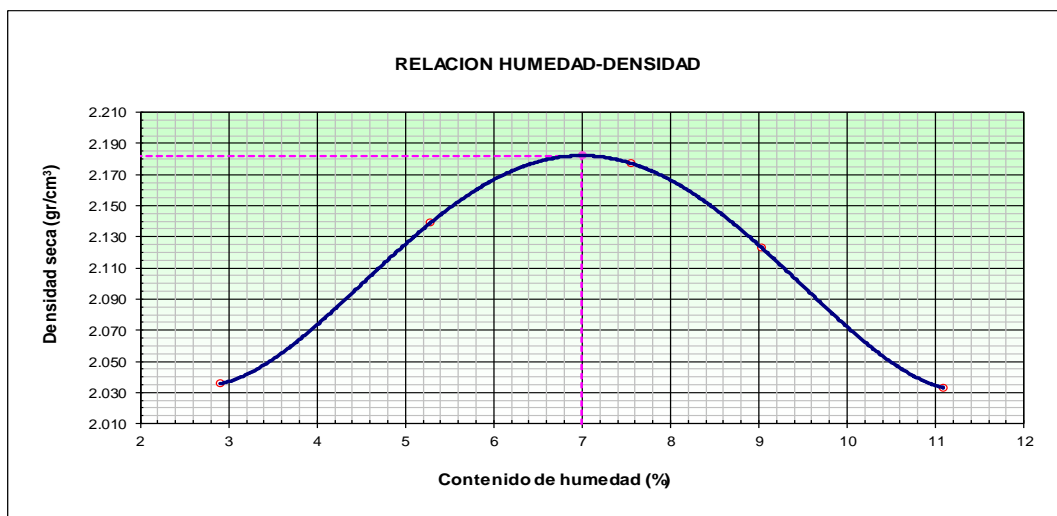
NO SATURADO



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 16/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

| CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA | | | | | | |
|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 2% | 4% | 6% | 8% | 10% |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 |
| ARRIBA | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 93.224 | 92.887 | 113.686 | 142.131 | 120.533 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 91.367 | 89.205 | 107.969 | 133.082 | 110.481 |
| Tara | (gr) | 27.202 | 18.634 | 28.155 | 39.642 | 23.333 |
| Peso de agua | (gr) | 1.86 | 3.68 | 5.72 | 9.05 | 10.05 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 64.17 | 70.57 | 79.81 | 93.44 | 87.15 |
| Contenido de agua | (%) | 2.89 | 5.22 | 7.16 | 9.68 | 11.53 |
| CENTRO | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 95.537 | 88.436 | 100.604 | 108.876 | 96.938 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 93.565 | 85.328 | 95.407 | 102.526 | 89.913 |
| Tara | (gr) | 29.190 | 28.140 | 28.423 | 27.448 | 22.783 |
| Peso de agua | (gr) | 1.97 | 3.11 | 5.20 | 6.35 | 7.03 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 64.38 | 57.19 | 66.98 | 75.08 | 67.13 |
| Contenido de agua | (%) | 3.06 | 5.43 | 7.76 | 8.46 | 10.46 |
| ABAJO | | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 88.106 | 77.348 | 74.617 | 107.605 | 82.970 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 86.251 | 74.366 | 70.490 | 100.984 | 76.880 |
| Tara | (gr) | 18.461 | 16.956 | 17.261 | 27.045 | 22.864 |
| Peso de agua | (gr) | 1.85 | 2.98 | 4.13 | 6.62 | 6.09 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 67.79 | 57.41 | 53.23 | 73.94 | 54.02 |
| Contenido de agua | (%) | 2.74 | 5.19 | 7.75 | 8.95 | 11.27 |
| PROMEDIO | | 2.90 | 5.28 | 7.56 | 9.03 | 11.09 |

| Método C | | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Peso suelo + molde | gr | 10210.00 | 10543.00 | 10733.00 | 10676.00 | 10557.00 |
| Peso molde | gr | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 | 5778.00 |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4432.00 | 4765.00 | 4955.00 | 4898.00 | 4779.00 |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.095 | 2.252 | 2.342 | 2.315 | 2.258 |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Contenido de agua | % | 2.90 | 5.28 | 7.56 | 9.03 | 11.09 |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.036 | 2.139 | 2.177 | 2.123 | 2.033 |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.182 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 7.00 |





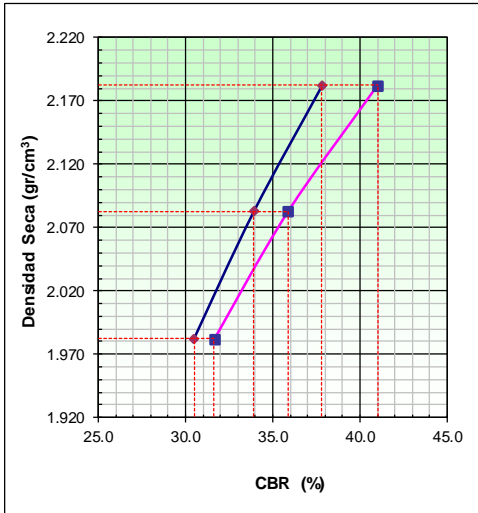
| Maxx-Seal 100 | | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 20/06/17 | |
|--|-------------|--|-------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|--|
| | | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | | |
| Ubicación: Tangay Medio-Alto | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11742.00 | | 11392.00 | | 11293.00 | | |
| Peso de molde (g) | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4971.00 | | 4701.00 | | 4533.00 | | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 | | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.336 | | 2.228 | | 2.121 | | |
| Tara (Nº) | | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 125.418 | | 113.256 | | 134.093 | | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 118.823 | | 107.779 | | 126.942 | | |
| Peso de tara (g) | 25.106 | | 29.451 | | 24.860 | | |
| Peso de agua (g) | 6.595 | | 5.477 | | 7.151 | | |
| Peso de suelo seco (g) | 93.717 | | 78.328 | | 102.082 | | |
| Contenido de humedad (%) | 7.037 | | 6.992 | | 7.005 | | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.182 | | 2.083 | | 1.982 | | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 50 | 204.5 | | | 44 | 179.9 | | | 38 | 155.4 | | |
| 1.270 | | 76 | 310.9 | | | 70 | 286.3 | | | 62 | 253.6 | | |
| 1.905 | | 96 | 392.8 | | | 85 | 347.8 | | | 80 | 327.3 | | |
| 2.540 | 70.31 | 126 | 515.9 | 522.1 | 37.8 | 113 | 462.5 | 468.0 | 33.9 | 103 | 421.5 | 420.8 | 30.5 |
| 3.175 | | 155 | 634.9 | | | 135 | 552.8 | | | 120 | 491.3 | | |
| 3.810 | | 173 | 708.9 | | | 152 | 622.6 | | | 138 | 565.1 | | |
| 5.080 | 105.46 | 205 | 840.5 | 849.5 | 41.0 | 185 | 758.2 | 742.6 | 35.9 | 156 | 639.0 | 655.0 | 31.6 |
| 6.350 | | 242 | 992.9 | | | 203 | 832.3 | | | 178 | 729.4 | | |
| 7.620 | | 268 | 1100.1 | | | 230 | 943.4 | | | 206 | 844.6 | | |
| 10.160 | | 298 | 1223.9 | | | 282 | 1157.8 | | | 252 | 1034.1 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 20/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Medio - Alto | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

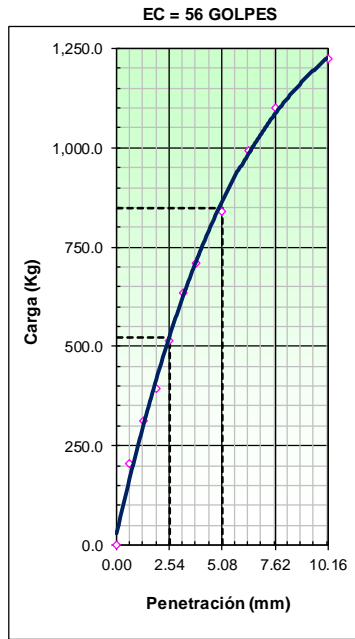


METODO DE COMPACTACION : ASTMD1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.182
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.00
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.073

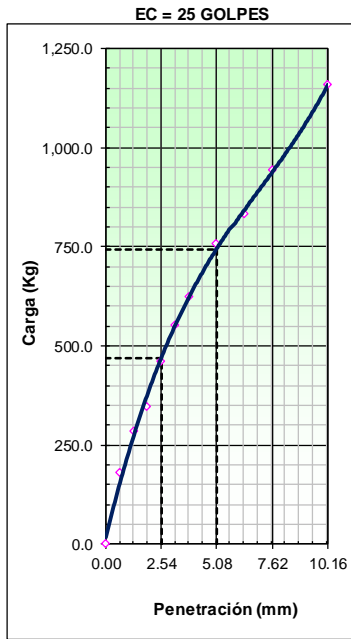
| | | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 37.8 | 0.2" : 41.0 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 33.5 | 0.2" : 35.4 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 33.5 (%)

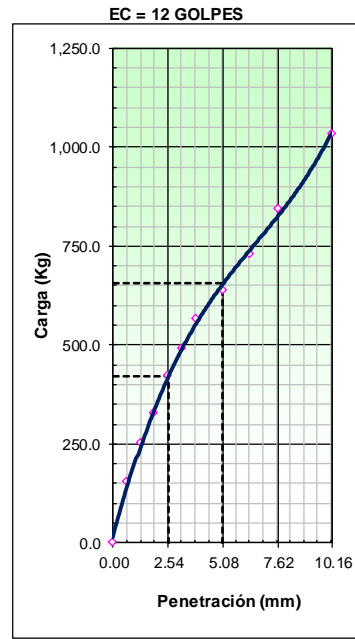
OBSERVACIONES:



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 37.8% |
| CBR (0.2") | 41.0% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 33.9% |
| CBR (0.2") | 35.9% |



| | |
|------------|-------|
| CBR (0.1") | 30.5% |
| CBR (0.2") | 31.6% |



M-A

0.40 % ADITIVO

NO SATURADO



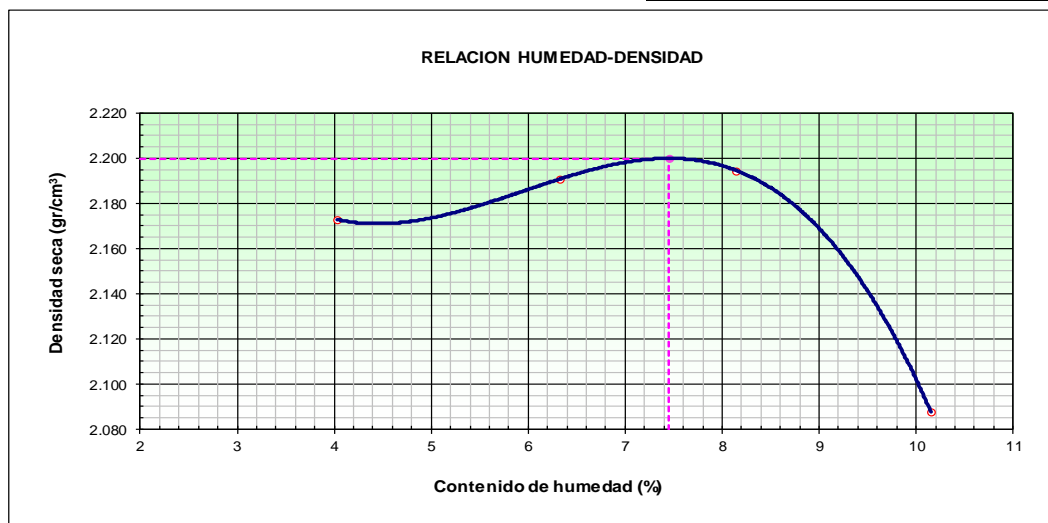
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 26/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Medio-Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 98.522 | 96.185 | 103.674 | 67.990 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 95.537 | 91.575 | 98.908 | 63.360 |
| Tara | (gr) | 21.590 | 23.151 | 39.624 | 17.397 |
| Peso de agua | (gr) | 2.99 | 4.61 | 4.77 | 4.63 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 73.95 | 68.42 | 59.28 | 45.96 |
| Contenido de agua | (%) | 4.04 | 6.74 | 8.04 | 10.07 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 89.549 | 83.271 | 107.243 | 75.112 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 87.556 | 79.969 | 102.196 | 69.946 |
| Tara | (gr) | 27.144 | 24.167 | 28.221 | 20.066 |
| Peso de agua | (gr) | 1.99 | 3.30 | 5.05 | 5.17 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 60.41 | 55.80 | 73.98 | 49.88 |
| Contenido de agua | (%) | 3.30 | 5.92 | 6.82 | 10.36 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 110.649 | 85.877 | 75.846 | 87.432 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 107.433 | 82.586 | 71.637 | 81.164 |
| Tara | (gr) | 27.454 | 22.991 | 20.665 | 18.653 |
| Peso de agua | (gr) | 3.22 | 3.29 | 4.21 | 6.27 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 79.98 | 59.60 | 50.97 | 62.51 |
| Contenido de agua | (%) | 4.02 | 5.52 | 8.26 | 10.03 |
| PROMEDIO | | 4.03 | 6.33 | 8.15 | 10.15 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11204.00 | 11350.00 | 11443.00 | 11287.00 | |
| Peso molde | gr | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4783.00 | 4929.00 | 5022.00 | 4866.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.260 | 2.329 | 2.373 | 2.300 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.03 | 6.33 | 8.15 | 10.15 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.173 | 2.191 | 2.195 | 2.088 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.200 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 7.45 |





| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 30/06/17 |
| | | Página: 1 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio - Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

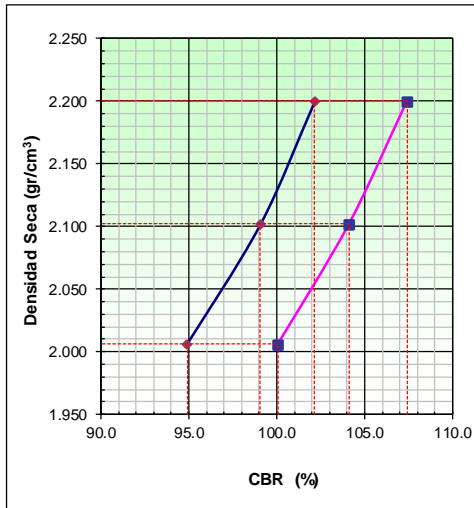
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11818.00 | | 11525.00 | | 11260.00 | |
| Peso de molde (g) | 6763.00 | | 6740.00 | | 6722.00 | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5055.00 | | 4785.00 | | 4538.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2138.22 | | 2118.79 | | 2104.92 | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.364 | | 2.258 | | 2.156 | |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 173.094 | | 170.580 | | 140.154 | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 162.921 | | 160.717 | | 132.266 | |
| Peso de tara (g) | 26.320 | | 28.232 | | 26.407 | |
| Peso de agua (g) | 10.173 | | 9.863 | | 7.888 | |
| Peso de suelo seco (g) | 136.601 | | 132.485 | | 105.859 | |
| Contenido de humedad (%) | 7.447 | | 7.445 | | 7.451 | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.200 | | 2.102 | | 2.006 | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 95 | 388.7 | | | 90 | 368.3 | | | 84 | 343.7 | | |
| 1.270 | | 185 | 758.2 | | | 172 | 704.8 | | | 166 | 680.1 | | |
| 1.905 | | 268 | 1100.1 | | | 251 | 1030.0 | | | 248 | 1017.6 | | |
| 2.540 | 70.31 | 343 | 1409.9 | 1410.2 | 102.1 | 340 | 1397.4 | 1367.6 | 99.1 | 325 | 1335.4 | 1310.3 | 94.9 |
| 3.175 | | 412 | 1695.6 | | | 402 | 1654.2 | | | 381 | 1567.1 | | |
| 3.810 | | 476 | 1961.3 | | | 461 | 1899.0 | | | 437 | 1799.3 | | |
| 5.080 | 105.46 | 530 | 2186.0 | 2224.3 | 107.4 | 523 | 2156.8 | 2155.5 | 104.1 | 502 | 2069.4 | 2071.6 | 100.0 |
| 6.350 | | 592 | 2444.5 | | | 572 | 2361.0 | | | 551 | 2273.5 | | |
| 7.620 | | 643 | 2657.5 | | | 620 | 2561.4 | | | 602 | 2486.2 | | |
| 10.160 | | 710 | 2938.0 | | | 693 | 2866.8 | | | 672 | 2778.9 | | |



| | | |
|--|--|--|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 30/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Medio - Alto | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

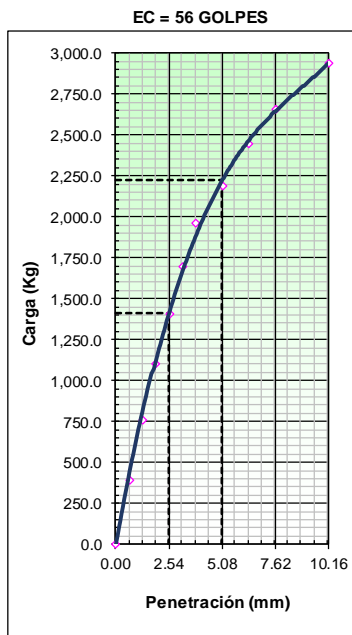


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.200
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.45
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.090

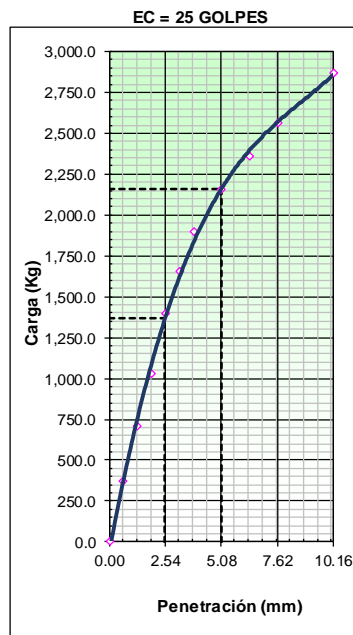
| | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 102.1 | 0.2" : 107.4 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 98.6 | 0.2" : 103.6 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **98.6 (%)**

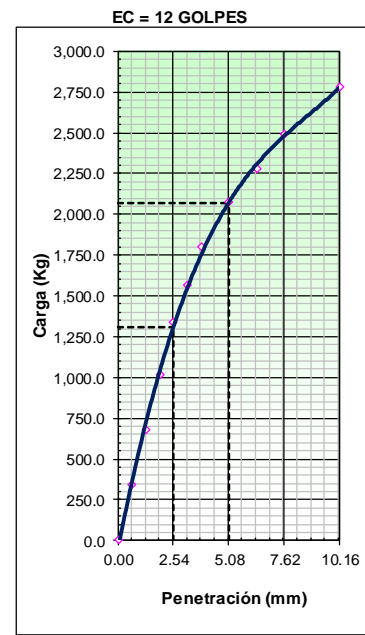
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 102.1%
CBR (0.2") 107.4%



CBR (0.1") 99.1%
CBR (0.2") 104.1%



CBR (0.1") 94.9%
CBR (0.2") 100.0%



M-A

0.60 % ADITIVO

NO SATURADO



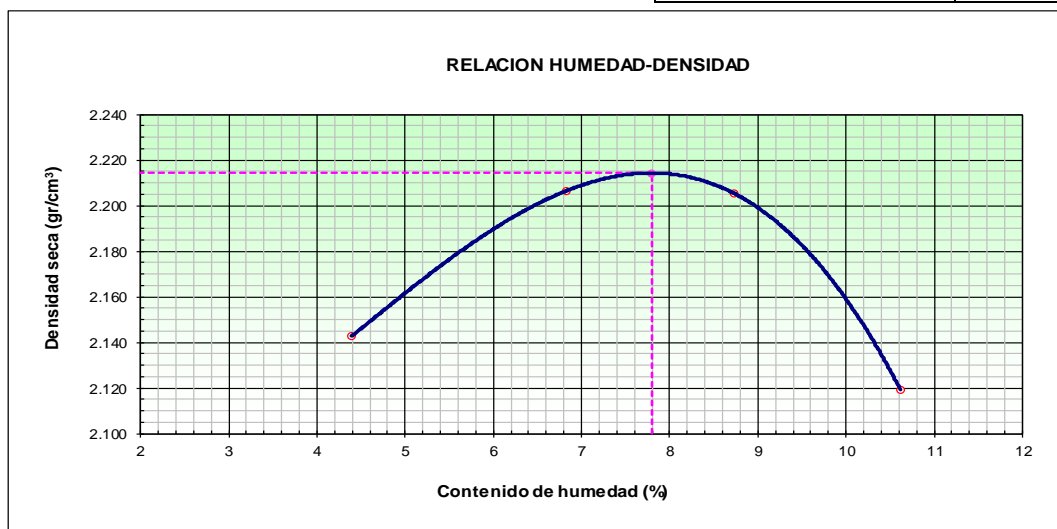
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 10/07/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Alto | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 96.258 | 98.543 | 99.157 | 88.416 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 93.256 | 93.852 | 93.445 | 82.360 |
| Tara | (gr) | 23.412 | 24.854 | 26.482 | 25.684 |
| Peso de agua | (gr) | 3.00 | 4.69 | 5.71 | 6.06 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 69.84 | 69.00 | 66.96 | 56.68 |
| Contenido de agua | (%) | 4.30 | 6.80 | 8.53 | 10.69 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 90.412 | 83.271 | 102.548 | 78.419 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 87.516 | 79.563 | 96.501 | 73.051 |
| Tara | (gr) | 25.189 | 26.413 | 27.364 | 23.587 |
| Peso de agua | (gr) | 2.90 | 3.71 | 6.05 | 5.37 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 62.33 | 53.15 | 69.14 | 49.46 |
| Contenido de agua | (%) | 4.65 | 6.98 | 8.75 | 10.85 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 96.480 | 85.877 | 95.682 | 96.106 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 93.519 | 81.986 | 89.958 | 89.048 |
| Tara | (gr) | 23.546 | 23.751 | 25.861 | 20.548 |
| Peso de agua | (gr) | 2.96 | 3.89 | 5.72 | 7.06 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 69.97 | 58.24 | 64.10 | 68.50 |
| Contenido de agua | (%) | 4.23 | 6.68 | 8.93 | 10.30 |
| PROMEDIO | | 4.39 | 6.82 | 8.74 | 10.61 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11154.00 | 11408.00 | 11495.00 | 11382.00 | |
| Peso molde | gr | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4733.00 | 4987.00 | 5074.00 | 4961.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 2.237 | 2.357 | 2.398 | 2.345 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.39 | 6.82 | 8.74 | 10.61 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.143 | 2.206 | 2.205 | 2.120 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.214 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 7.79 |





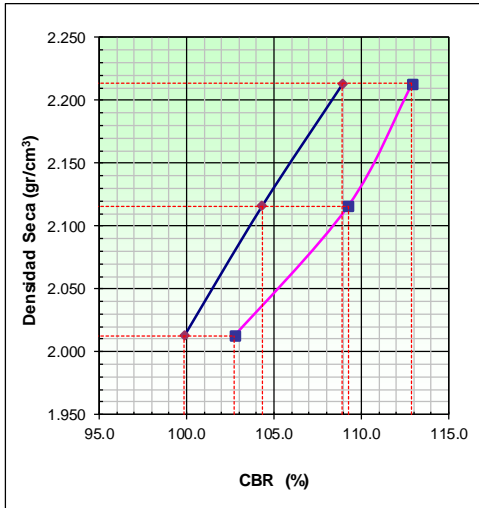
| Maxx-Seal 100 | | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 13/07/17 | |
|--|-------------|--|-------------|-------------------------------------|-------------|-----------------|--|
| | | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | | |
| Ubicación: Tangay Medio - Alto | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11848.00 | | 11503.00 | | 11396.00 | | |
| Peso de molde (g) | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 | | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5077.00 | | 4812.00 | | 4636.00 | | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 | | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.386 | | 2.281 | | 2.169 | | |
| Tara (Nº) | | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 126.930 | | 171.051 | | 108.237 | | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 119.931 | | 160.652 | | 102.472 | | |
| Peso de tara (g) | 30.058 | | 27.180 | | 28.439 | | |
| Peso de agua (g) | 6.999 | | 10.399 | | 5.765 | | |
| Peso de suelo seco (g) | 89.873 | | 133.472 | | 74.033 | | |
| Contenido de humedad (%) | 7.788 | | 7.791 | | 7.787 | | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.214 | | 2.116 | | 2.013 | | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 135 | 552.8 | | | 128 | 524.1 | | | 112 | 458.4 | | |
| 1.270 | | 191 | 782.9 | | | 182 | 745.9 | | | 202 | 828.2 | | |
| 1.905 | | 302 | 1240.4 | | | 256 | 1050.6 | | | 271 | 1112.4 | | |
| 2.540 | 70.31 | 383 | 1575.4 | 1503.8 | 108.9 | 365 | 1500.9 | 1440.2 | 104.3 | 332 | 1364.4 | 1378.8 | 99.9 |
| 3.175 | | 423 | 1741.2 | | | 435 | 1791.0 | | | 382 | 1571.3 | | |
| 3.810 | | 462 | 1903.1 | | | 472 | 1944.7 | | | 440 | 1811.8 | | |
| 5.080 | 105.46 | 562 | 2319.3 | 2337.5 | 112.9 | 556 | 2294.3 | 2261.9 | 109.2 | 508 | 2094.4 | 2127.6 | 102.7 |
| 6.350 | | 659 | 2724.5 | | | 602 | 2486.2 | | | 572 | 2361.0 | | |
| 7.620 | | 728 | 3013.5 | | | 652 | 2695.2 | | | 621 | 2565.6 | | |
| 10.160 | | 812 | 3366.4 | | | 729 | 3017.7 | | | 692 | 2862.6 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 13/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Medio - Alto | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

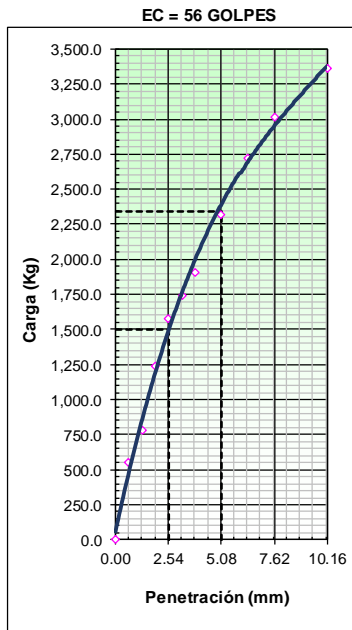


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.214
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.79
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.104

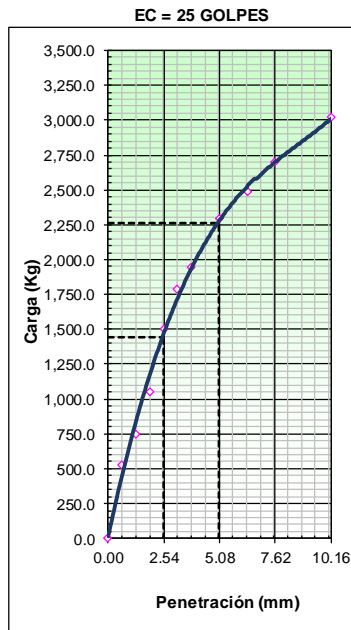
| | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 109.0 | 0.2" : 112.9 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 103.8 | 0.2" : 108.6 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 103.8 (%)

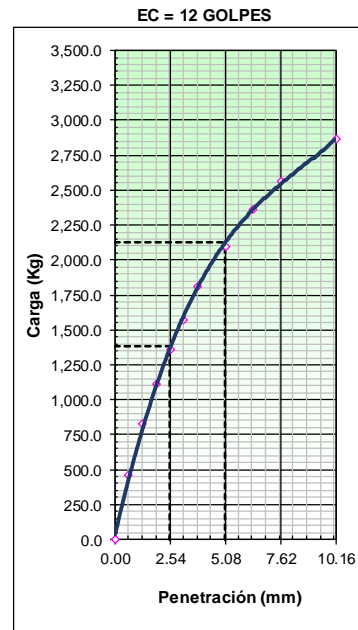
OBSERVACIONES:



| | |
|------------|--------|
| CBR (0.1") | 108.9% |
| CBR (0.2") | 112.9% |



| | |
|------------|--------|
| CBR (0.1") | 104.3% |
| CBR (0.2") | 109.2% |



| | |
|------------|--------|
| CBR (0.1") | 99.9% |
| CBR (0.2") | 102.7% |



M-B

SUELO SIN ADITIVO

SATURADO



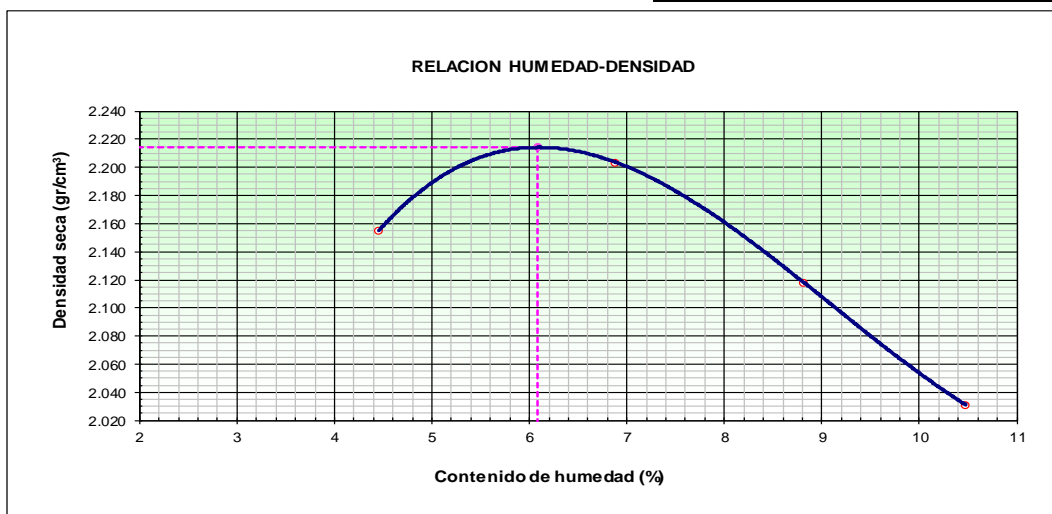
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 16/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| ARRIBA | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 103.521 | 92.856 | 116.524 | 124.856 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 100.112 | 88.749 | 109.191 | 115.715 |
| Tara | (gr) | 26.542 | 28.540 | 27.654 | 27.963 |
| Peso de agua | (gr) | 3.41 | 4.11 | 7.33 | 9.14 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 73.57 | 60.21 | 81.54 | 87.75 |
| Contenido de agua | (%) | 4.63 | 6.82 | 8.99 | 10.42 |
| CENTRO | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 73.526 | 96.761 | 117.669 | 94.349 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 71.655 | 92.291 | 110.248 | 88.057 |
| Tara | (gr) | 29.652 | 26.325 | 24.852 | 28.657 |
| Peso de agua | (gr) | 1.87 | 4.47 | 7.42 | 6.29 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 42.00 | 65.97 | 85.40 | 59.40 |
| Contenido de agua | (%) | 4.45 | 6.78 | 8.69 | 10.59 |
| ABAJO | | | | | |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 83.789 | 100.503 | 102.735 | 116.393 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 81.452 | 95.632 | 96.849 | 107.835 |
| Tara | (gr) | 26.985 | 26.541 | 29.631 | 25.753 |
| Peso de agua | (gr) | 2.34 | 4.87 | 5.89 | 8.56 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 54.47 | 69.09 | 67.22 | 82.08 |
| Contenido de agua | (%) | 4.29 | 7.05 | 8.76 | 10.43 |
| PROMEDIO | | 4.46 | 6.88 | 8.81 | 10.48 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11182.00 | 11402.00 | 11295.00 | 11166.00 | |
| Peso molde | gr | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4764.00 | 4984.00 | 4877.00 | 4748.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.251 | 2.355 | 2.305 | 2.244 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.46 | 6.88 | 8.81 | 10.48 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.155 | 2.204 | 2.118 | 2.031 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.214 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 6.08 |



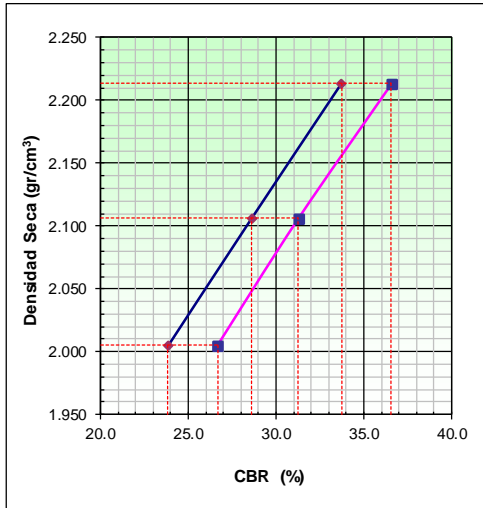


| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 23/06/17 | |
|--|--|----------|-------------|-------------------------------------|-----------------|----------|
| | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11767.00 | | 11405.00 | | 11306.00 |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 4996.00 | | 4714.00 | | 4546.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.348 | | 2.234 | | 2.127 |
| Tara (Nº) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 125.419 | | 113.062 | | 126.487 |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 119.795 | | 108.423 | | 120.615 |
| Peso de tara (g) | | 27.109 | | 32.183 | | 24.130 |
| Peso de agua (g) | | 5.624 | | 4.639 | | 5.872 |
| Peso de suelo seco (g) | | 92.686 | | 76.240 | | 96.485 |
| Contenido de humedad (%) | | 6.068 | | 6.085 | | 6.086 |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.214 | | 2.106 | | 2.005 |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|-------|------------|------|------------|-------|------------|------|
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 35 | 143.1 | | | 29 | 118.6 | | | 18 | 73.6 | | |
| 1.270 | | 60 | 245.4 | | | 50 | 204.5 | | | 39 | 159.5 | | |
| 1.905 | | 87 | 356.0 | | | 72 | 294.5 | | | 64 | 261.8 | | |
| 2.540 | 70.31 | 117 | 478.9 | 465.7 | 33.7 | 101 | 413.3 | 394.9 | 28.6 | 84 | 343.7 | 329.2 | 23.8 |
| 3.175 | | 138 | 565.1 | | | 117 | 478.9 | | | 98 | 401.0 | | |
| 3.810 | | 156 | 639.0 | | | 132 | 540.5 | | | 112 | 458.4 | | |
| 5.080 | 105.46 | 183 | 750.0 | 757.1 | 36.6 | 158 | 647.3 | 647.4 | 31.3 | 133 | 544.6 | 552.0 | 26.7 |
| 6.350 | | 208 | 852.9 | | | 180 | 737.7 | | | 153 | 626.7 | | |
| 7.620 | | 228 | 935.2 | | | 199 | 815.8 | | | 173 | 708.9 | | |
| 10.160 | | 269 | 1104.2 | | | 238 | 976.4 | | | 202 | 828.2 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 23/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

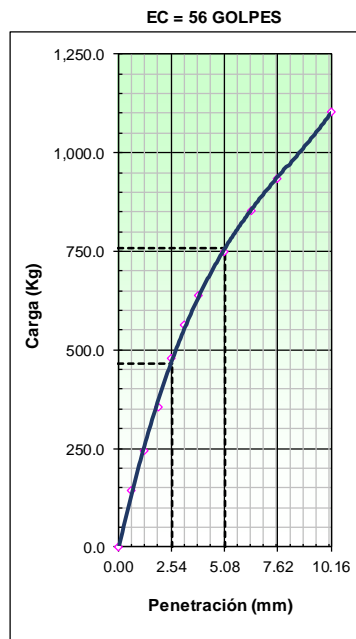


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.214
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.08
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.104

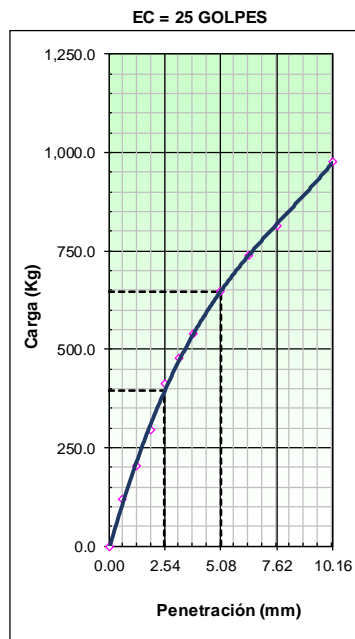
| | | | | |
|------------------------------|-------------|------|-------------|------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" | 33.8 | 0.2" | 36.6 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" | 28.5 | 0.2" | 31.1 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **28.5 (%)**

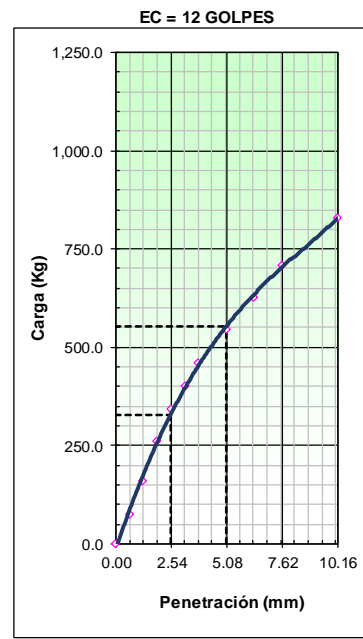
OBSERVACIONES:



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 33.7% |
| CBR (0.2") | 36.6% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 28.6% |
| CBR (0.2") | 31.3% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 23.8% |
| CBR (0.2") | 26.7% |



M-B

0.40 % ADITIVO

SATURADO



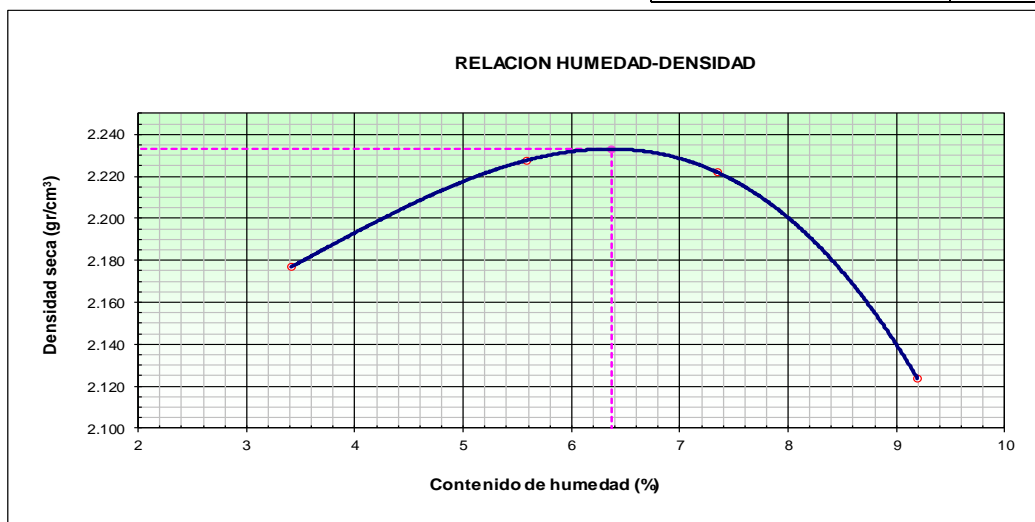
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 26/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 102.478 | 87.961 | 93.470 | 89.651 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 99.985 | 84.675 | 88.500 | 84.381 |
| Tara | (gr) | 23.412 | 25.456 | 21.583 | 25.739 |
| Peso de agua | (gr) | 2.49 | 3.29 | 4.97 | 5.27 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 76.57 | 59.22 | 66.92 | 58.64 |
| Contenido de agua | (%) | 3.26 | 5.55 | 7.43 | 8.99 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 93.605 | 95.730 | 101.673 | 92.413 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 91.363 | 92.087 | 96.500 | 86.685 |
| Tara | (gr) | 26.155 | 25.418 | 24.837 | 25.487 |
| Peso de agua | (gr) | 2.24 | 3.64 | 5.17 | 5.73 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 65.21 | 66.67 | 71.66 | 61.20 |
| Contenido de agua | (%) | 3.44 | 5.46 | 7.22 | 9.36 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 96.548 | 82.493 | 93.435 | 97.406 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 94.095 | 79.285 | 88.721 | 90.985 |
| Tara | (gr) | 25.108 | 23.470 | 24.793 | 21.460 |
| Peso de agua | (gr) | 2.45 | 3.21 | 4.71 | 6.42 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 68.99 | 55.82 | 63.93 | 69.53 |
| Contenido de agua | (%) | 3.56 | 5.75 | 7.37 | 9.24 |
| PROMEDIO | | 3.42 | 5.59 | 7.34 | 9.19 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11185.00 | 11398.00 | 11468.00 | 11328.00 | |
| Peso molde | gr | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4764.00 | 4977.00 | 5047.00 | 4907.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.251 | 2.352 | 2.385 | 2.319 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 3.42 | 5.59 | 7.34 | 9.19 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.177 | 2.228 | 2.222 | 2.124 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.233 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 6.37 |



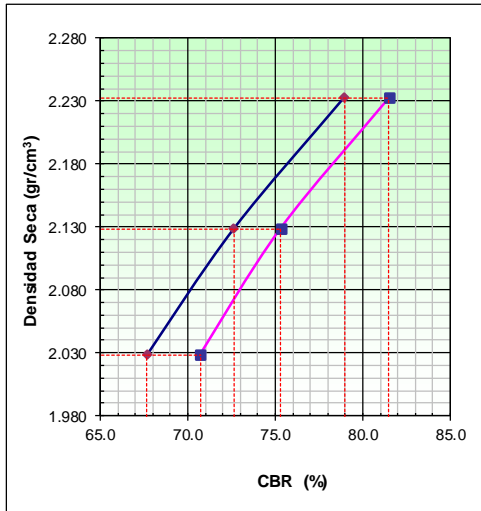


| | | | | | | |
|--|--|-----------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 05/07/17 | |
| | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | |
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11825.00 | | 11468.00 | | 11371.00 |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 5054.00 | | 4777.00 | | 4611.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.375 | | 2.264 | | 2.158 |
| Tara (Nº) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 153.472 | | 98.453 | | 92.476 |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 146.142 | | 94.142 | | 88.354 |
| Peso de tara (g) | | 31.057 | | 26.480 | | 23.739 |
| Peso de agua (g) | | 7.330 | | 4.311 | | 4.122 |
| Peso de suelo seco (g) | | 115.085 | | 67.662 | | 64.615 |
| Contenido de humedad (%) | | 6.369 | | 6.371 | | 6.379 |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.233 | | 2.129 | | 2.028 |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 89 | 364.2 | | | 76 | 310.9 | | | 68 | 278.1 | | |
| 1.270 | | 144 | 589.8 | | | 131 | 536.4 | | | 123 | 503.6 | | |
| 1.905 | | 208 | 852.9 | | | 192 | 787.0 | | | 177 | 725.3 | | |
| 2.540 | 70.31 | 267 | 1095.9 | 1089.7 | 78.9 | 247 | 1013.5 | 1002.7 | 72.6 | 232 | 951.7 | 934.0 | 67.7 |
| 3.175 | | 316 | 1298.2 | | | 287 | 1178.5 | | | 278 | 1141.3 | | |
| 3.810 | | 360 | 1480.2 | | | 333 | 1368.5 | | | 308 | 1265.2 | | |
| 5.080 | 105.46 | 402 | 1654.2 | 1687.6 | 81.5 | 373 | 1534.0 | 1559.1 | 75.3 | 353 | 1451.2 | 1463.9 | 70.7 |
| 6.350 | | 453 | 1865.8 | | | 414 | 1703.9 | | | 392 | 1612.7 | | |
| 7.620 | | 481 | 1982.1 | | | 450 | 1853.3 | | | 422 | 1737.1 | | |
| 10.160 | | 528 | 2177.6 | | | 487 | 2007.0 | | | 459 | 1890.7 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 05/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

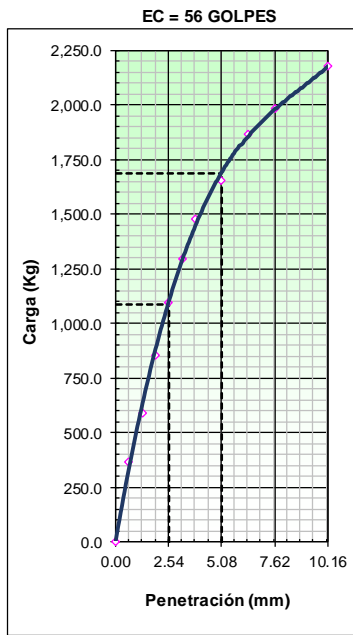


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.233
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.37
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.121

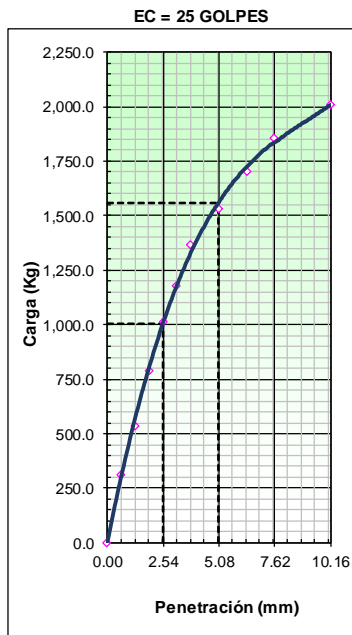
| | | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 78.9 | 0.2" : 81.5 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 72.2 | 0.2" : 74.9 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 72.2 (%)

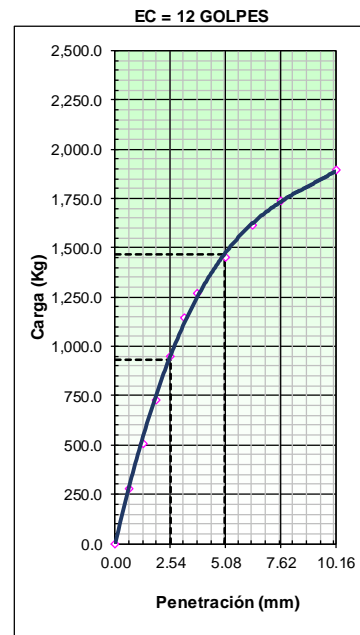
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 78.9%
 CBR (0.2") 81.5%



CBR (0.1") 72.6%
 CBR (0.2") 75.3%



CBR (0.1") 67.7%
 CBR (0.2") 70.7%



M-B

0.60 % ADITIVO

SATURADO



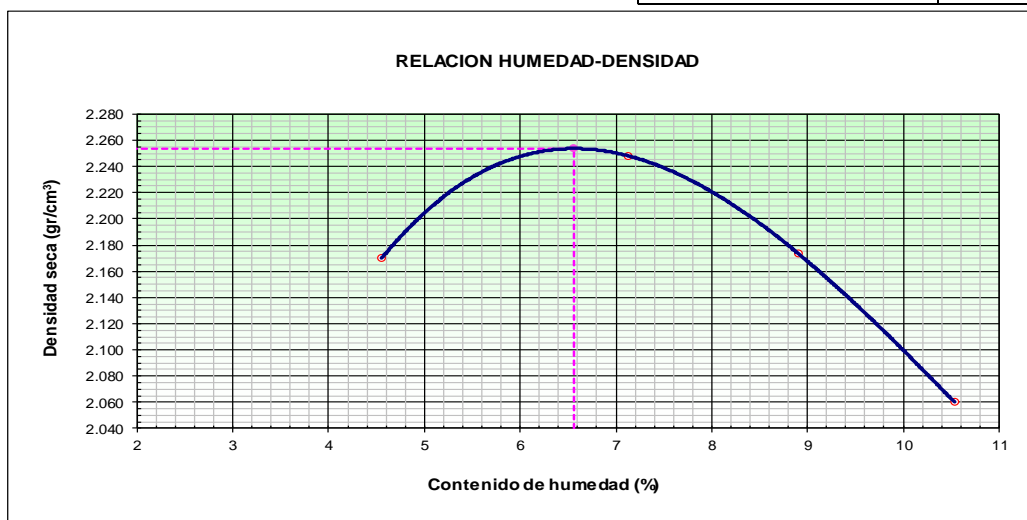
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 10/07/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | 3% | 5% | 7% | 9% |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 105.065 | 91.944 | 117.884 | 125.902 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 102.074 | 87.636 | 110.058 | 116.403 |
| Tara (gr) | 27.612 | 27.390 | 28.054 | 26.408 |
| Peso de agua (gr) | 2.99 | 4.31 | 7.83 | 9.50 |
| Peso del suelo seco (gr) | 74.46 | 60.25 | 82.00 | 90.00 |
| Contenido de agua (%) | 4.02 | 7.15 | 9.54 | 10.56 |
| CENTRO | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 74.184 | 96.761 | 117.669 | 94.349 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 72.123 | 92.199 | 110.505 | 87.917 |
| Tara (gr) | 27.188 | 27.873 | 26.936 | 26.726 |
| Peso de agua (gr) | 2.06 | 4.56 | 7.16 | 6.43 |
| Peso del suelo seco (gr) | 44.94 | 64.33 | 83.57 | 61.19 |
| Contenido de agua (%) | 4.59 | 7.09 | 8.57 | 10.51 |
| ABAJO | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara (gr) | 84.689 | 100.503 | 102.735 | 116.393 |
| Peso del suelo seco + tara (gr) | 82.229 | 95.448 | 96.435 | 108.745 |
| Tara (gr) | 27.855 | 27.191 | 28.188 | 27.685 |
| Peso de agua (gr) | 2.46 | 5.06 | 6.30 | 7.65 |
| Peso del suelo seco (gr) | 54.37 | 68.26 | 68.25 | 81.06 |
| Contenido de agua (%) | 4.52 | 7.41 | 9.23 | 9.43 |
| PROMEDIO | 4.56 | 7.12 | 8.90 | 10.53 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11219.00 | 11514.00 | 11427.00 | 11237.00 | |
| Peso molde | gr | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4801.00 | 5096.00 | 5009.00 | 4819.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 2.269 | 2.408 | 2.367 | 2.277 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.56 | 7.12 | 8.90 | 10.53 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.170 | 2.248 | 2.174 | 2.060 | |
| <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | | | | | | 2.254 |
| <i>Humedad óptima (%)</i> | | | | | | 6.56 |





| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 19/07/17 |
| | | Página: 1 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

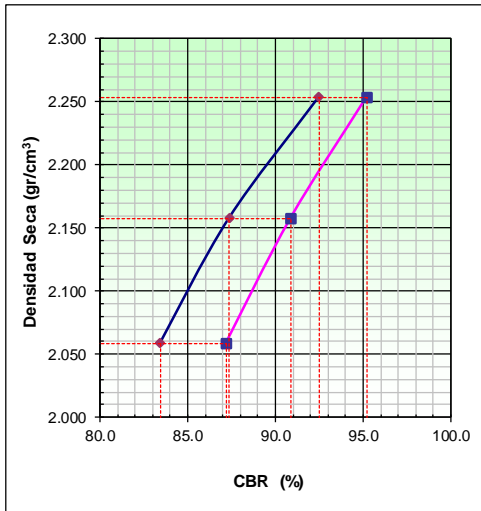
| Molde Nº | 1 | | 2 | | 3 | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | | 11879.00 | | 11542.00 | | 11448.00 |
| Peso de molde (g) | | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 |
| Peso del suelo húmedo (g) | | 5108.00 | | 4851.00 | | 4688.00 |
| Volumen del molde (cm ³) | | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | | 2.400 | | 2.299 | | 2.194 |
| Tara (Nº) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | | 98.107 | | 87.631 | | 96.418 |
| Peso suelo seco + tara (g) | | 93.603 | | 83.662 | | 92.212 |
| Peso de tara (g) | | 24.531 | | 23.189 | | 28.097 |
| Peso de agua (g) | | 4.504 | | 3.969 | | 4.206 |
| Peso de suelo seco (g) | | 69.072 | | 60.473 | | 64.115 |
| Contenido de humedad (%) | | 6.521 | | 6.563 | | 6.560 |
| Densidad seca (g/cm ³) | | 2.254 | | 2.158 | | 2.059 |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 1 | | | | MOLDE Nº 2 | | | | MOLDE Nº 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 110 | 450.2 | | | 102 | 417.4 | | | 93 | 380.5 | | |
| 1.270 | | 172 | 704.8 | | | 165 | 676.0 | | | 158 | 647.3 | | |
| 1.905 | | 240 | 984.6 | | | 225 | 922.8 | | | 218 | 894.0 | | |
| 2.540 | 70.31 | 312 | 1281.7 | 1276.7 | 92.5 | 291 | 1195.0 | 1206.2 | 87.4 | 280 | 1149.6 | 1151.9 | 83.4 |
| 3.175 | | 362 | 1488.5 | | | 346 | 1422.3 | | | 340 | 1397.4 | | |
| 3.810 | | 416 | 1712.2 | | | 398 | 1637.6 | | | 380 | 1563.0 | | |
| 5.080 | 105.46 | 479 | 1973.8 | 1970.9 | 95.2 | 459 | 1890.7 | 1881.8 | 90.9 | 435 | 1791.0 | 1805.6 | 87.2 |
| 6.350 | | 518 | 2136.0 | | | 498 | 2052.8 | | | 480 | 1977.9 | | |
| 7.620 | | 550 | 2269.3 | | | 537 | 2215.1 | | | 518 | 2136.0 | | |
| 10.160 | | 598 | 2469.5 | | | 571 | 2356.8 | | | 542 | 2236.0 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 19/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

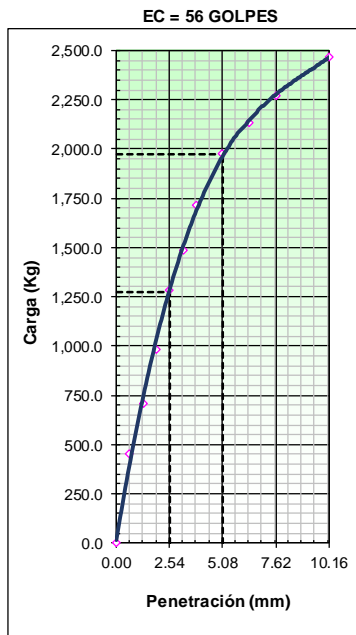


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.254
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.56
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.141

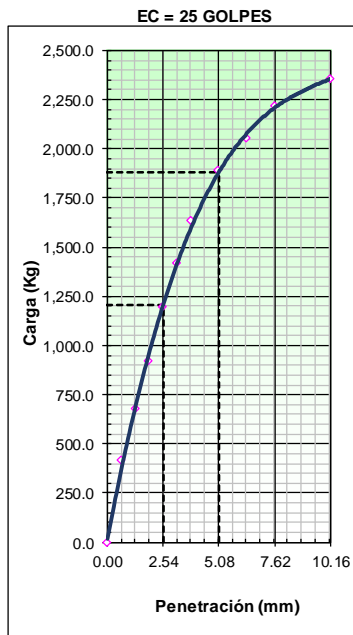
| | | |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 92.5 | 0.2" : 95.2 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 86.6 | 0.2" : 90.2 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **86.6 (%)**

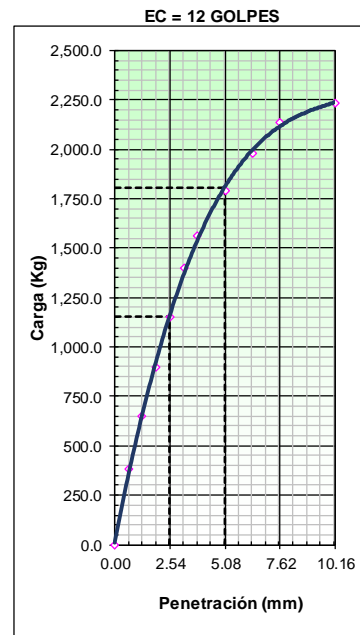
OBSERVACIONES:



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 92.5% |
| CBR (0.2") | 95.2% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 87.4% |
| CBR (0.2") | 90.9% |



| | |
|-------------------|-------|
| CBR (0.1") | 83.4% |
| CBR (0.2") | 87.2% |



M-B

SUELO SIN ADITIVO

NO SATURADO



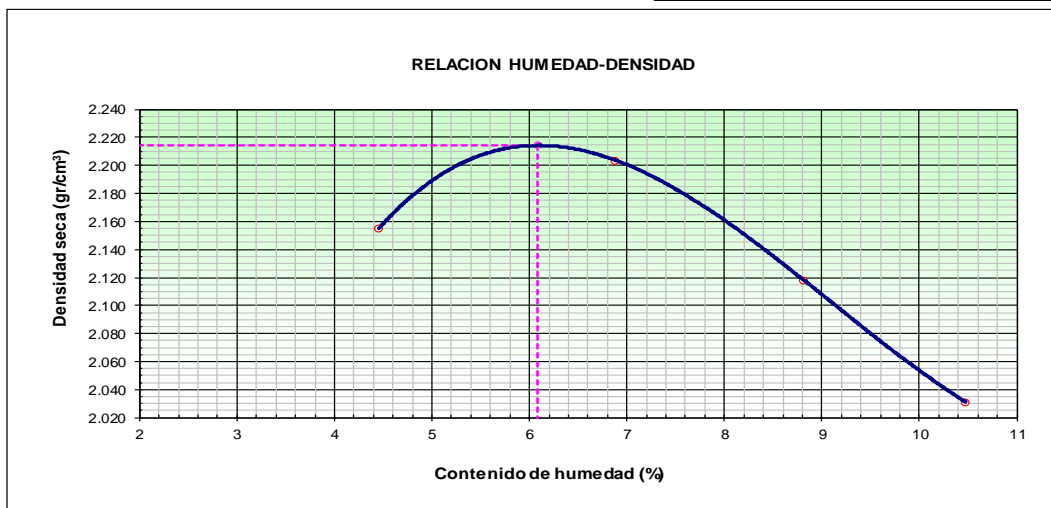
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 16/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 103.521 | 92.856 | 116.524 | 124.856 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 100.112 | 88.749 | 109.191 | 115.715 |
| Tara | (gr) | 26.542 | 28.540 | 27.654 | 27.963 |
| Peso de agua | (gr) | 3.41 | 4.11 | 7.33 | 9.14 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 73.57 | 60.21 | 81.54 | 87.75 |
| Contenido de agua | (%) | 4.63 | 6.82 | 8.99 | 10.42 |
| CENTRO | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 73.526 | 96.761 | 117.669 | 94.349 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 71.655 | 92.291 | 110.248 | 88.057 |
| Tara | (gr) | 29.652 | 26.325 | 24.852 | 28.657 |
| Peso de agua | (gr) | 1.87 | 4.47 | 7.42 | 6.29 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 42.00 | 65.97 | 85.40 | 59.40 |
| Contenido de agua | (%) | 4.45 | 6.78 | 8.69 | 10.59 |
| ABAJO | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 83.789 | 100.503 | 102.735 | 116.393 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 81.452 | 95.632 | 96.849 | 107.835 |
| Tara | (gr) | 26.985 | 26.541 | 29.631 | 25.753 |
| Peso de agua | (gr) | 2.34 | 4.87 | 5.89 | 8.56 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 54.47 | 69.09 | 67.22 | 82.08 |
| Contenido de agua | (%) | 4.29 | 7.05 | 8.76 | 10.43 |
| PROMEDIO | | 4.46 | 6.88 | 8.81 | 10.48 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11182.00 | 11402.00 | 11295.00 | 11166.00 | |
| Peso molde | gr | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4764.00 | 4984.00 | 4877.00 | 4748.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.251 | 2.355 | 2.305 | 2.244 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.46 | 6.88 | 8.81 | 10.48 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.155 | 2.204 | 2.118 | 2.031 | |
| | | | | | <i>Densidad máxima (gr/cm³)</i> | 2.214 |
| | | | | | <i>Humedad óptima (%)</i> | 6.08 |





| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 20/06/17 |
| | | Página: 1 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

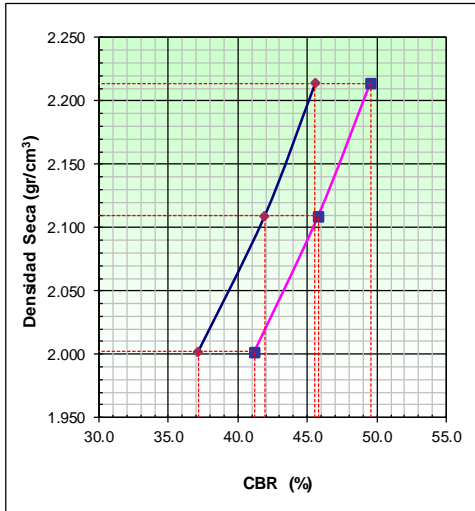
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
|--------------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11769.00 | | 11412.00 | | 11298.00 | |
| Peso de molde (g) | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 4998.00 | | 4721.00 | | 4538.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.349 | | 2.238 | | 2.123 | |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 115.486 | | 126.843 | | 147.209 | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 110.646 | | 121.065 | | 140.127 | |
| Peso de tara (g) | 31.058 | | 26.107 | | 23.603 | |
| Peso de agua (g) | 4.840 | | 5.778 | | 7.082 | |
| Peso de suelo seco (g) | 79.588 | | 94.958 | | 116.524 | |
| Contenido de humedad (%) | 6.081 | | 6.085 | | 6.078 | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.214 | | 2.109 | | 2.002 | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|------------|--------|------------|------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 44 | 179.9 | | | 39 | 159.5 | | | 35 | 143.1 | | |
| 1.270 | | 83 | 339.6 | | | 75 | 306.8 | | | 65 | 265.9 | | |
| 1.905 | | 114 | 466.6 | | | 108 | 442.0 | | | 95 | 388.7 | | |
| 2.540 | 70.31 | 156 | 639.0 | 629.1 | 45.6 | 140 | 573.3 | 578.9 | 41.9 | 127 | 520.0 | 512.7 | 37.1 |
| 3.175 | | 186 | 762.3 | | | 171 | 700.7 | | | 150 | 614.4 | | |
| 3.810 | | 215 | 881.7 | | | 198 | 811.7 | | | 175 | 717.1 | | |
| 5.080 | 105.46 | 250 | 1025.8 | 1026.0 | 49.5 | 233 | 955.8 | 948.3 | 45.8 | 209 | 857.0 | 852.6 | 41.2 |
| 6.350 | | 275 | 1128.9 | | | 259 | 1062.9 | | | 234 | 959.9 | | |
| 7.620 | | 305 | 1252.8 | | | 284 | 1166.1 | | | 261 | 1071.2 | | |
| 10.160 | | 342 | 1405.7 | | | 323 | 1327.2 | | | 298 | 1223.9 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 20/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

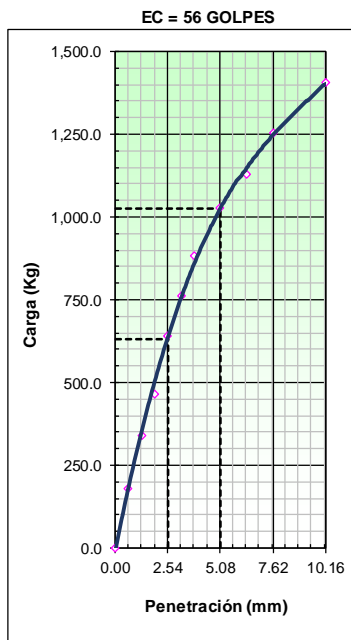


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.214
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.08
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.104

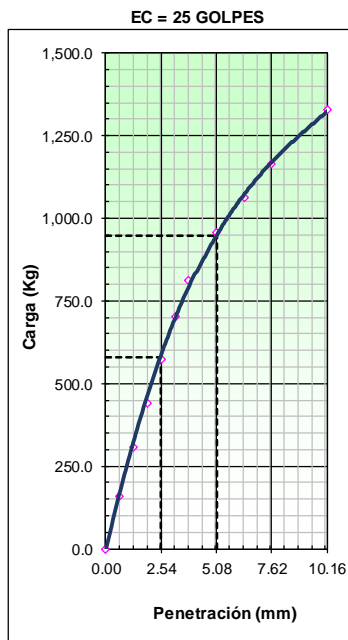
| | | |
|------------------------------|-------------|-------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 45.6 | 0.2" : 49.6 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 41.7 | 0.2" : 45.6 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 41.7 (%)

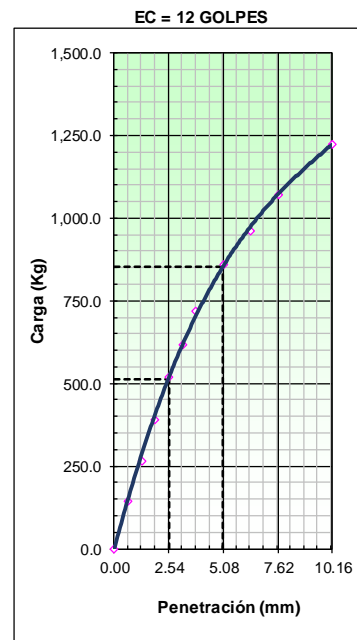
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 45.6%
 CBR (0.2") 49.5%



CBR (0.1") 41.9%
 CBR (0.2") 45.8%



CBR (0.1") 37.1%
 CBR (0.2") 41.2%



M-B

0.40 % ADITIVO

NO SATURADO



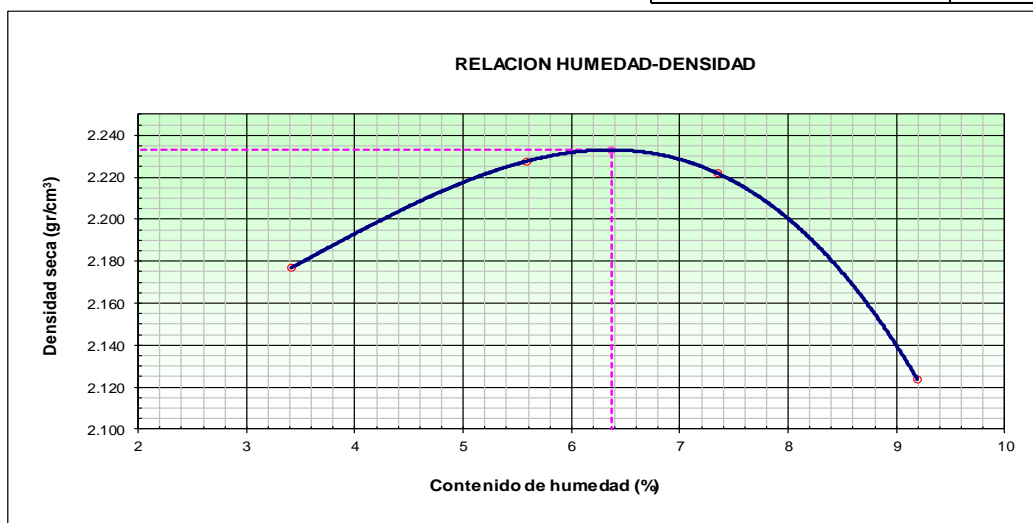
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 26/06/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 102.478 | 87.961 | 93.470 | 89.651 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 99.985 | 84.675 | 88.500 | 84.381 |
| Tara | (gr) | 23.412 | 25.456 | 21.583 | 25.739 |
| Peso de agua | (gr) | 2.49 | 3.29 | 4.97 | 5.27 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 76.57 | 59.22 | 66.92 | 58.64 |
| Contenido de agua | (%) | 3.26 | 5.55 | 7.43 | 8.99 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 93.605 | 95.730 | 101.673 | 92.413 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 91.363 | 92.087 | 96.500 | 86.685 |
| Tara | (gr) | 26.155 | 25.418 | 24.837 | 25.487 |
| Peso de agua | (gr) | 2.24 | 3.64 | 5.17 | 5.73 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 65.21 | 66.67 | 71.66 | 61.20 |
| Contenido de agua | (%) | 3.44 | 5.46 | 7.22 | 9.36 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 96.548 | 82.493 | 93.435 | 97.406 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 94.095 | 79.285 | 88.721 | 90.985 |
| Tara | (gr) | 25.108 | 23.470 | 24.793 | 21.460 |
| Peso de agua | (gr) | 2.45 | 3.21 | 4.71 | 6.42 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 68.99 | 55.82 | 63.93 | 69.53 |
| Contenido de agua | (%) | 3.56 | 5.75 | 7.37 | 9.24 |
| PROMEDIO | | 3.42 | 5.59 | 7.34 | 9.19 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11185.00 | 11398.00 | 11468.00 | 11328.00 | |
| Peso molde | gr | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | 6421.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4764.00 | 4977.00 | 5047.00 | 4907.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr | 2.251 | 2.352 | 2.385 | 2.319 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 3.42 | 5.59 | 7.34 | 9.19 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.177 | 2.228 | 2.222 | 2.124 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.233 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 6.37 |





| | | |
|--|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 30/06/17 |
| | | Página: 1 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

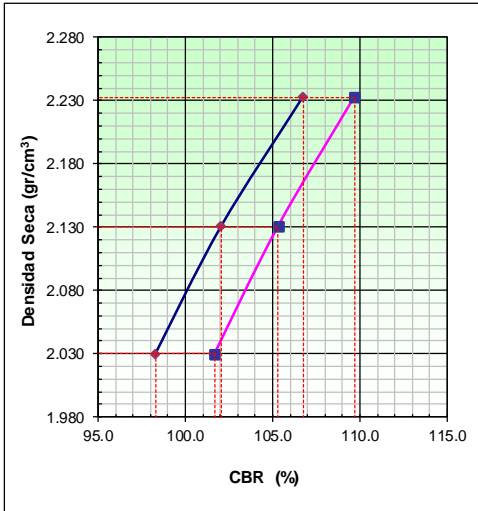
| Molde N° | 1 | | 2 | | 3 | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Capas N° | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa N° | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11841.00 | | 11542.00 | | 11268.00 | |
| Peso de molde (g) | 6763.00 | | 6740.00 | | 6722.00 | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5078.00 | | 4802.00 | | 4546.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2138.22 | | 2118.79 | | 2104.92 | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.375 | | 2.266 | | 2.160 | |
| Tara (N°) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 132.490 | | 98.416 | | 116.493 | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 126.285 | | 93.982 | | 111.194 | |
| Peso de tara (g) | 28.914 | | 24.362 | | 28.103 | |
| Peso de agua (g) | 6.205 | | 4.434 | | 5.299 | |
| Peso de suelo seco (g) | 97.371 | | 69.620 | | 83.091 | |
| Contenido de humedad (%) | 6.373 | | 6.369 | | 6.377 | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.233 | | 2.131 | | 2.030 | |

PENETRACION

| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE N° 1 | | | | MOLDE N° 2 | | | | MOLDE N° 3 | | | |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 107 | 437.9 | | | 102 | 417.4 | | | 95 | 388.7 | | |
| 1.270 | | 197 | 807.6 | | | 183 | 750.0 | | | 176 | 721.2 | | |
| 1.905 | | 281 | 1153.7 | | | 262 | 1075.3 | | | 258 | 1058.8 | | |
| 2.540 | 70.31 | 362 | 1488.5 | 1473.6 | 106.7 | 351 | 1442.9 | 1408.7 | 102.0 | 335 | 1376.8 | 1356.7 | 98.3 |
| 3.175 | | 426 | 1753.7 | | | 413 | 1699.8 | | | 391 | 1608.6 | | |
| 3.810 | | 485 | 1998.7 | | | 468 | 1928.1 | | | 447 | 1840.8 | | |
| 5.080 | 105.46 | 542 | 2236.0 | 2271.4 | 109.7 | 523 | 2156.8 | 2180.9 | 105.3 | 508 | 2094.4 | 2105.6 | 101.7 |
| 6.350 | | 605 | 2498.7 | | | 574 | 2369.4 | | | 558 | 2302.6 | | |
| 7.620 | | 656 | 2711.9 | | | 621 | 2565.6 | | | 598 | 2469.5 | | |
| 10.160 | | 718 | 2971.6 | | | 672 | 2778.9 | | | 652 | 2695.2 | | |



| | | |
|----------------------|--|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 30/06/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM |
| Ubicación: | Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |

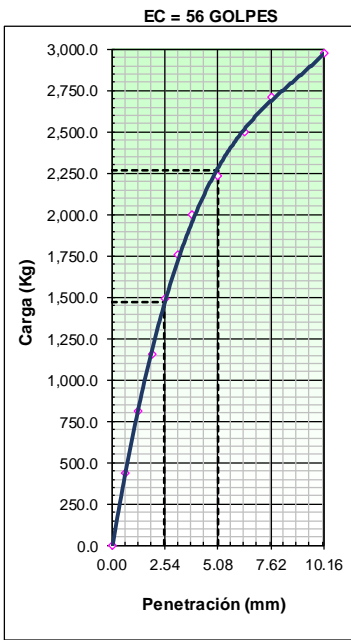


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.233
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.37
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.121

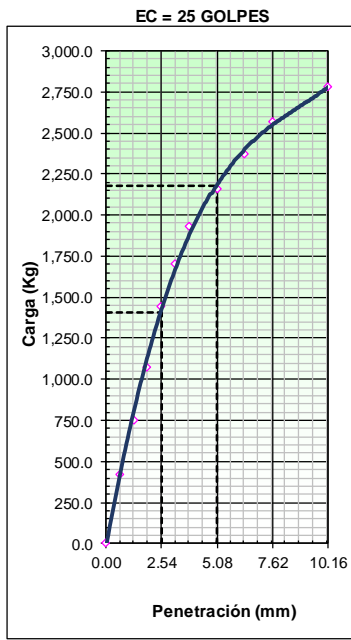
| | | |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 106.8 | 0.2" : 109.7 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 101.7 | 0.2" : 105.0 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **101.7 (%)**

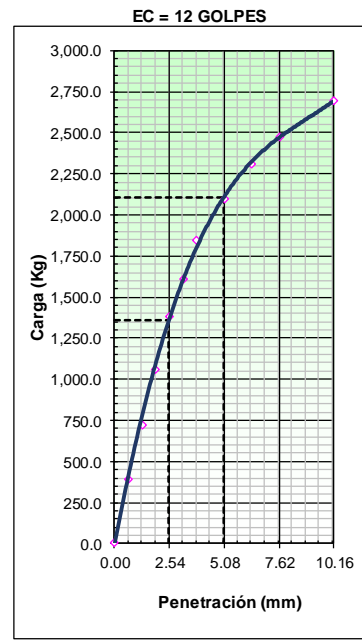
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 106.7%
CBR (0.2") 109.7%



CBR (0.1") 102.0%
CBR (0.2") 105.3%



CBR (0.1") 98.3%
CBR (0.2") 101.7%



M-B

0.60 % ADITIVO

NO SATURADO



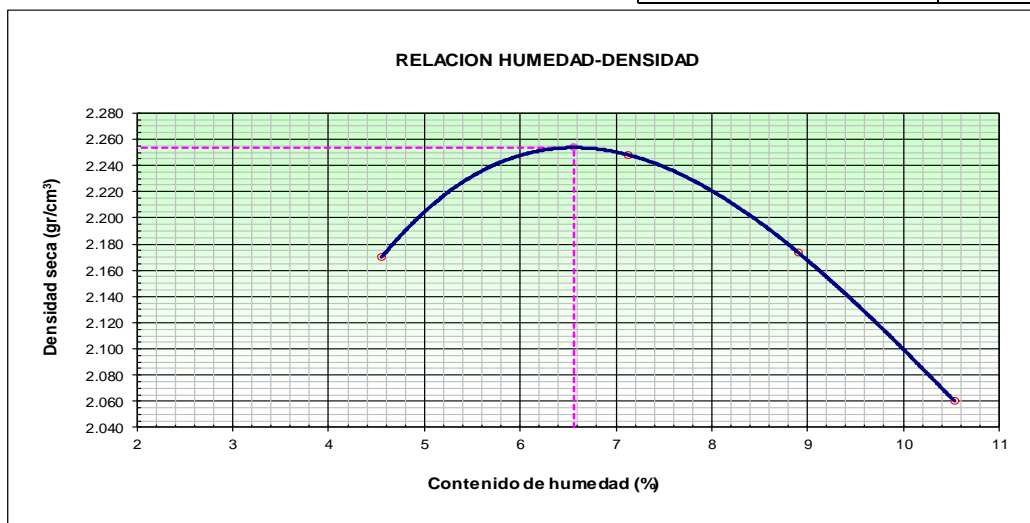
| | | |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Maxx-Seal 100 | ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115) | Fecha: 10/07/17 |
| | | Página: 1 de 1 |
| Proyecto: | ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | |
| Laboratorio: | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA | |
| Ubicación: | Tangay Bajo-Medio | Realizado Por : Denis S. y Johan L. |
| Descripción: | Arena mal graduada con limo con grava | |

CONTENIDO DE HUMEDAD POR MUESTRA

| | | 3% | 5% | 7% | 9% |
|----------------------------|------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| ARRIBA | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 105.065 | 91.944 | 117.884 | 125.902 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 102.074 | 87.636 | 110.058 | 116.403 |
| Tara | (gr) | 27.612 | 27.390 | 28.054 | 26.408 |
| Peso de agua | (gr) | 2.99 | 4.31 | 7.83 | 9.50 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 74.46 | 60.25 | 82.00 | 90.00 |
| Contenido de agua | (%) | 4.02 | 7.15 | 9.54 | 10.56 |
| CENTRO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 74.184 | 96.761 | 117.669 | 94.349 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 72.123 | 92.199 | 110.505 | 87.917 |
| Tara | (gr) | 27.188 | 27.873 | 26.936 | 26.726 |
| Peso de agua | (gr) | 2.06 | 4.56 | 7.16 | 6.43 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 44.94 | 64.33 | 83.57 | 61.19 |
| Contenido de agua | (%) | 4.59 | 7.09 | 8.57 | 10.51 |
| ABAJO | | | | | |
| | | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Peso del suelo húmedo+tara | (gr) | 84.689 | 100.503 | 102.735 | 116.393 |
| Peso del suelo seco + tara | (gr) | 82.229 | 95.448 | 96.435 | 108.745 |
| Tara | (gr) | 27.855 | 27.191 | 28.188 | 27.685 |
| Peso de agua | (gr) | 2.46 | 5.06 | 6.30 | 7.65 |
| Peso del suelo seco | (gr) | 54.37 | 68.26 | 68.25 | 81.06 |
| Contenido de agua | (%) | 4.52 | 7.41 | 9.23 | 9.43 |
| PROMEDIO | | 4.56 | 7.12 | 8.90 | 10.53 |

Método C

| Numero de Ensayo | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
| Peso suelo + molde | gr | 11219.00 | 11514.00 | 11427.00 | 11237.00 | |
| Peso molde | gr | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | 6418.00 | |
| Peso suelo húmedo compactado | gr | 4801.00 | 5096.00 | 5009.00 | 4819.00 | |
| Volumen del molde | cm ³ | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | 2116.01 | |
| Peso volumétrico húmedo | gr/cm ³ | 2.269 | 2.408 | 2.367 | 2.277 | |
| Recipiente N° | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Contenido de agua | % | 4.56 | 7.12 | 8.90 | 10.53 | |
| Peso volumétrico seco | gr/cm ³ | 2.170 | 2.248 | 2.174 | 2.060 | |
| | | | | | Densidad máxima (gr/cm ³) | 2.254 |
| | | | | | Humedad óptima (%) | 6.56 |



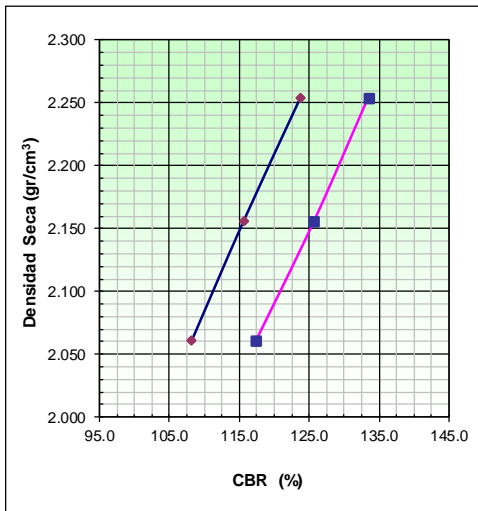


| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | | | | Fecha: 13/07/17 | |
|--|--|----------|-------------|-------------------------------------|-----------------|----------|
| | | | | | Página: 1 de 2 | |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | | | | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | | | | CLASF. (SUCS) : SP SM | | |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | | | | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | | | | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | | |
| Molde Nº | 60 | | 44 | | 52 | |
| Capas Nº | 5 | | 5 | | 5 | |
| Golpes por capa Nº | 56 | | 25 | | 12 | |
| Condición de la muestra | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g) | 11882.00 | | 11538.00 | | 11453.00 | |
| Peso de molde (g) | 6771.00 | | 6691.00 | | 6760.00 | |
| Peso del suelo húmedo (g) | 5111.00 | | 4847.00 | | 4693.00 | |
| Volumen del molde (cm ³) | 2127.92 | | 2109.66 | | 2137.05 | |
| Densidad húmeda (g/cm ³) | 2.402 | | 2.298 | | 2.196 | |
| Tara (Nº) | | | | | | |
| Peso suelo húmedo + tara (g) | 160.218 | | 131.198 | | 142.587 | |
| Peso suelo seco + tara (g) | 152.006 | | 124.794 | | 135.313 | |
| Peso de tara (g) | 26.724 | | 27.208 | | 24.518 | |
| Peso de agua (g) | 8.212 | | 6.404 | | 7.274 | |
| Peso de suelo seco (g) | 125.282 | | 97.586 | | 110.795 | |
| Contenido de humedad (%) | 6.555 | | 6.562 | | 6.565 | |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2.254 | | 2.156 | | 2.061 | |

| PENETRACION | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------------|-------------|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-------|-------------|--------|------------|-------|
| PENETRACION mm | CARGA STAND. kg/cm2 | MOLDE Nº 60 | | | | MOLDE Nº 44 | | | | MOLDE Nº 52 | | | |
| | | 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 | | |
| 0.635 | | 113 | 462.5 | | | 102 | 417.4 | | | 98 | 401.0 | | |
| 1.270 | | 211 | 865.2 | | | 198 | 811.7 | | | 184 | 754.1 | | |
| 1.905 | | 319 | 1310.6 | | | 297 | 1219.7 | | | 277 | 1137.2 | | |
| 2.540 | 70.31 | 423 | 1741.2 | 1708.1 | 123.7 | 392 | 1612.7 | 1596.0 | 115.6 | 368 | 1513.3 | 1493.4 | 108.2 |
| 3.175 | | 513 | 2115.2 | | | 476 | 1961.3 | | | 441 | 1815.9 | | |
| 3.810 | | 584 | 2411.1 | | | 555 | 2290.1 | | | 515 | 2123.5 | | |
| 5.080 | 105.46 | 658 | 2720.3 | 2762.6 | 133.4 | 616 | 2544.7 | 2602.3 | 125.7 | 582 | 2402.7 | 2430.1 | 117.4 |
| 6.350 | | 736 | 3047.1 | | | 696 | 2879.4 | | | 649 | 2682.6 | | |
| 7.620 | | 812 | 3366.4 | | | 771 | 3194.0 | | | 719 | 2975.8 | | |
| 10.160 | | 898 | 3728.8 | | | 853 | 3539.0 | | | 807 | 3345.4 | | |
| 12.700 | | 932 | 3872.4 | | | 892 | 3703.5 | | | 842 | 3492.7 | | |



| | | |
|--|--|-----------------|
| Maxx-Seal 100 | RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) | Fecha: 13/07/17 |
| | | Página: 2 de 2 |
| Proyecto: ESTABILIZACION CON POLIMERO MAXX SEAL 100 EN CARRETERA A C.P TANGAY | | |
| Laboratorio: UNIVERSIDAD LOS ANGELES DE CHIMBOTE | CLASF. (SUCS) : SP SM | |
| Ubicación: Tangay Bajo - Medio | CLASF. (AASHTO) : A-1-b | |
| Descripción: Arena mal graduada con limo con grava | Realizado Por : Denis S. y Johan L. | |

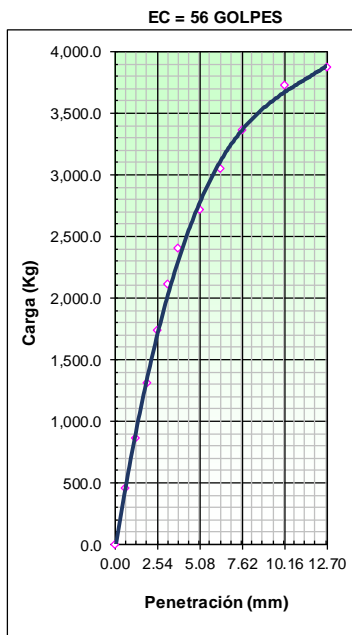


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.254
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.56
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.141

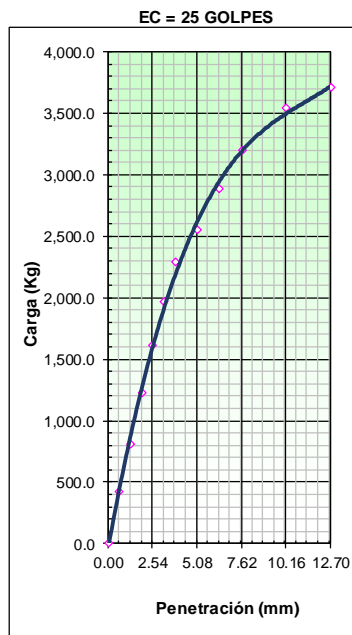
| | | |
|------------------------------|--------------|--------------|
| C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) | 0.1" : 123.7 | 0.2" : 133.4 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) | 0.1" : 114.4 | 0.2" : 124.4 |

RESULTADOS CBR a 1":
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 114.4 (%)

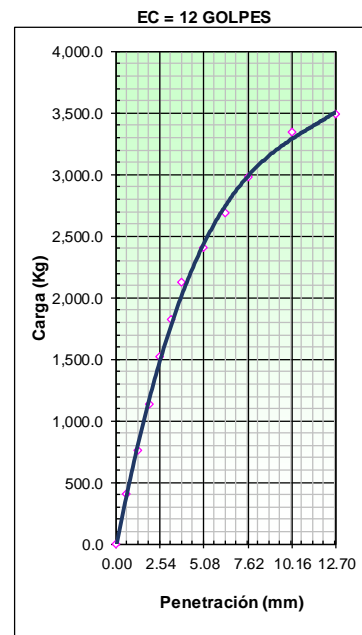
OBSERVACIONES:



CBR (0.1") 123.7%
 CBR (0.2") 133.4%



CBR (0.1") 115.6%
 CBR (0.2") 125.7%



CBR (0.1") 108.2%
 CBR (0.2") 117.4%



ANEXO N° 02:

PANEL FOTOGRAFICO



FOTO N°01 y N°02: Tipo de maquinarias agrícolas y camiones de carga que pasan por Tangay.



FOTO N°03: Presencia de polución debido al paso de camiones y vehículos en general.



FOTO N°04: Parte de la carretera de Tangay presenta enripiado.



FOTO N°05: Toma de muestra de suelo en Tangay Alto (Calicata N°1)



FOTO N°06: Toma de muestra de suelo en Tangay Alto (Calicata N°2)



FOTO N°07: Toma de muestra de suelo en Tangay Medio (Calicata N°3)



FOTO N°08: Toma de muestra de suelo en Tangay Medio (Calicata N°4)



FOTO N°09: Toma de muestra de suelo en Tangay Bajo (Calicata N°5)



FOTO N°10: Toma de muestra de suelo en Tangay Bajo (Calicata N°6)



FOTO N°11: Preparación para la granulometría de cada calicata.



FOTO N°12, N°13 y N°14: Cuarteo para tomar muestra representativa de cada calicata.

FOTO N°15: Tamizaje a mano para piedras mayores a tamiz N° 4





FOTO N°16: Tamizaje con equipo eléctrico para obtener curva granulométrica.



FOTO N°17, N°18 y N°19: Pesaje de suelo retenido en diferentes tamices.





FOTO N°20 y N°21: Granulometría por lavado de arenas finas para obtener una curva más real. Se observa el paso del agua a través de la malla del tamiz N°200



FOTO N°22: No se logró obtener los rollitos tal como pide el ensayo de límite plástico, debido a que carece de plasticidad.



FOTO N°23: No se logró obtener el límite líquido, dificultad al hacer ensayo con la copa Casa Grande. Presencia de arenas no plásticas.



FOTO N°24: Muestra de suelos de las calicatas N°1, N°2 y N°3 para formar la Muestra “A”



FOTO N°25: Muestra de suelos de las calicatas N°4, N°5 y N°6 para formar la Muestra “B”



FOTO N°26: Muestra representativa de Muestra “A” para obtener el contenido de humedad y la granulometría correspondiente.



FOTO N°27: Muestra representativa de Muestra “B” para obtener el contenido de humedad y la granulometría correspondiente.



FOTO N°28: Granulometría de la Muestra “A” y la Muestra “B” tal como se hicieron las calicatas.

FOTO N°29: Adicionamos el aditivo, según la cantidad teórica indicada, para realizar el ensayo de proctor modificado





FOTO N°30: Añadimos agua hasta tener 450 ml, en esta imagen el 9%, para ensayo de proctor modificado.



FOTO N°31 y N°32: Mezclamos con el suelo hasta homogenizar la muestra a ensayar. Compactamos el suelo en 5 capas dando 56 golpes con el martillo en caída libre.

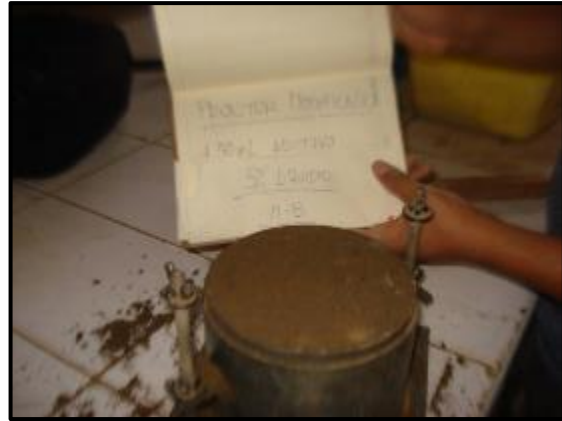
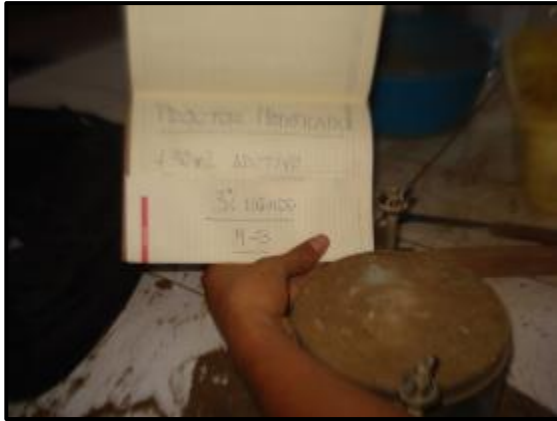


FOTO N°33, N°34, N°35 y N°36: PROCTOR MODIFICADO
Muestras de suelos al 3%, 5%, 7% y 9% de líquido (agua + aditivo) para obtener el óptimo contenido de humedad.



FOTO N°37: Peso de cada muestra de proctor modificado a diferentes contenidos de humedad.

FOTO N°38: Toma de 3 muestras para obtener mediante el promedio el contenido de humedad de cada proctor.



FOTO N°39 y N°40: 30 ml de aditivo para ensayo CBR. Se le Añade agua hasta el óptimo contenido de humedad obtenido en ensayo de Proctor Modificado





FOTO N°41: Es importante dividir la muestra en 5 capas casi exactas para obtener un buen resultado.



FOTO N°42: Compactamos el suelo en 5 capas a razón de 12, 25 y 56 golpes con el martillo.



FOTO N°43: Moldes CBR de la Muestra “A” listo para penetración.



FOTO N°44: Moldes CBR de la Muestra “B” listo para penetración.

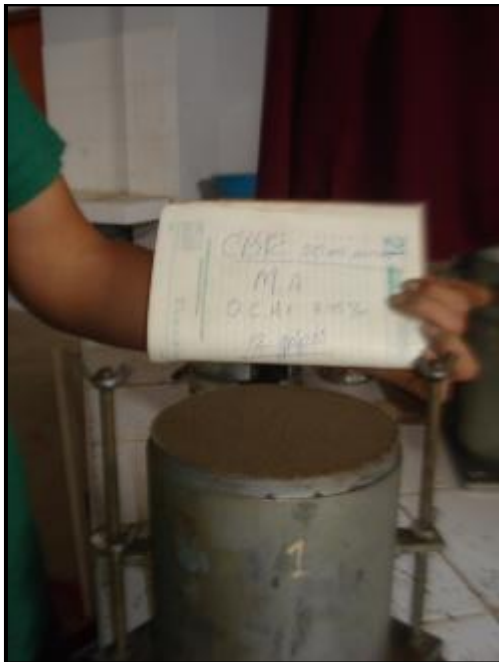


FOTO N°45: CBR; Muestra “A”
O.C.H. = 7.45%, 12 golpes



FOTO N°46: CBR; Muestra “B”
O.C.H. = 6.56%, 56 golpes.
Nótese la poca cantidad restante del suelo.



FOTO N°47 y N°48: Muestras CBR sumergidas totalmente por un periodo de 96 horas. No presenta expansión.



FOTO N°49 y N°50: Calibración y puesta en cero de los diales tanto de carga como de penetración



FOTO N°51 y N°52: Ensayo de suelo CBR listo para la penetración.



FOTO N°53: Toma de datos durante el ensayo para obtener CBR de cada muestra.



FOTO N°54: Muestra “A” tras el ensayo de CBR, sin aditivo.



FOTO N°55: Muestra “B” tras el ensayo de CBR, con 30ml de aditivo.



FOTO N°56, N°57 y N°58: Muestra “A” con 20 ml de aditivo, tras el ensayo CBR a 12, 25 y 56 golpes.