

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**INFLUENCIA DEL POLÍMERO EVA RECICLADO EN EL
PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA
CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE
SAN JUAN - LAREDO – PERÚ**

PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTOR: CARRANZA ZAVALA JULIO MIGUEL
GUZMAN SÁNCHEZ VICTOR ALEXANDER

ASESOR: ING. REBAZA SÁNCHEZ EIREN

TRUJILLO – PERÚ

2019

ACREDITACIONES

TÍTULO:

“INFLUENCIA DEL POLÍMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO – PERÚ”

DESARROLLADO POR:

Br. Carranza Zavala Julio Miguel

Br. Guzmán Sánchez Víctor Alexander

APROBADO POR:

ING. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS

CIP: 3689

PRESIDENTE

ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS

CIP: 9133

SECRETARIO

ING. CARMEN L. GELDRES SANCHEZ

CIP: 80599

VOCAL

ING. EIREN J. REBAZA SANCHEZ

CIP: 75984

ASESOR

DEDICATORIA

A Liliana y Miguel, mis padres, por todo su esfuerzo, apoyo y soporte en mi vida; y sobre todo por ser los únicos mentores en mi desarrollo profesional.

A mis hermanos: Blanca por ser un ejemplo de superación en los momentos más difíciles, Sandra por sus consejos y guía durante mi formación profesional, David, por ser el principal motivo y la fortaleza para superarme cada día.

Además, a mis familiares y amigos que influyeron a que este trabajo se haga realidad.

CARRANZA ZAVALA JULIO MIGUEL

Esta tesis está dedicada principalmente a mis padres, Wilfredo Guzmán Varela e Isabel Sánchez Avalos por haberme inculcado los mejores valores, por haber batallado con vigor y haberme respaldado día a día incondicionalmente en cada paso que di desde el primer día que elegí estudiar esta hermosa carrera.

También quiero dedicarles unas líneas a mis familiares, Aydee, Herlinda, Corina y Segundo por cada palabra de aliento, consejos y oraciones que me permitían seguir luchando por alcanzar esta meta.

GUZMÁN SANCHEZ VÍCTOR ALEXANDER

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme acompañado y guiado en mi formación profesional, por ser mi mejor aliado en las dificultades y por darme salud y fortaleza para el cumplimiento de mis objetivos.

A mi alma mater, por permitirme titularme con éxito en la carrera profesional de Ingeniería Civil.

A mi asesor: Eiren Rebaza Sánchez, por su valiosa orientación en la elaboración de la presente tesis.

Al programa de asesoramiento de Tesis (PADT) por el asesoramiento académico constante y a la plana de docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la UPAO por sus sabias enseñanzas.

A mi tío, Manuel Carranza, quien me motivó a estudiar esta hermosa carrera y que me brindó su valiosa ayuda y orientación en desarrollo profesional.

CARRANZA ZAVALA JULIO MIGUEL

A Dios por haberme guiado por el camino correcto, por brindarme salud y un espíritu luchador que me han permitido levantarme de cada tropiezo y seguir en la lucha de cumplir cada objetivo y meta que me tracé.

A la facultad de Ingeniería Civil, por haberme brindado las herramientas y los conocimientos que hoy me permiten alcanzar un nuevo logro.

A mi asesor: Eiren Rebaza Sánchez, por el arduo seguimiento en cada paso de la elaboración de nuestra tesis.

GUZMÁN SANCHEZ VÍCTOR ALEXANDER

RESUMEN

La presente investigación evalúa el impacto que genera la utilización del polímero reciclado EVA en un suelo arenoso. Este polímero se obtuvo de un proceso de reciclaje de calzado de verano o sandalias, para luego ser pulverizado en una máquina rematadora y finalmente tamizado en laboratorio para obtener un polvo como material estabilizante. Con la aplicación del polímero se evalúa incorporar como posible estabilizante de suelos que genere un aumento en la resistencia de los suelos finos arenosos.

Se realizaron ensayos de laboratorio como: granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR empleando un porcentaje de polímero reciclado equivalente al 3% del peso del suelo.

Las pruebas se realizaron en laboratorio de suelos y se usó las Normas Técnicas Peruanas para cada ensayo realizado. Estas pruebas fueron realizadas a un estrato de suelo arenoso que se obtuvo mediante la extracción de una calicata ubicada en la vía de acceso al Centro Poblado Pampas de San Juan, Distrito Laredo, Provincia de Trujillo.

En evaluación de resultados se aprecia que el uso del polímero EVA reciclado logra un incremento en la capacidad de soporte del suelo arenoso equivalente al 5%, mejorando sus propiedades y resistencia del estrato en mención. Si bien para ese trabajo se utilizó un 3% de polímero, se recomienda realizar ensayos de laboratorio previo a su utilización como alternativa de estabilización, para determinar el porcentaje óptimo del polímero a emplear para lograr una mayor resistencia deseada en el suelo.

Con esta estabilización proponemos reutilizar y reciclar un tipo de calzado para generar un aumento de porcentaje de CBR en el suelo, fomentando el uso de una alternativa ecológica y económica de emplear; así como una guía a futuras investigaciones de estabilización.

ABSTRACT

The present investigation evaluates the impact generated by the use of recycled EVA polymer in a sandy soil. This polymer was obtained from a process of recycling summer shoes or sandals, to be pulverized in a finishing machine and finally sieved in the laboratory to obtain a powder as a stabilizing material. With the application of the polymer it is evaluated to incorporate as a possible soil stabilizer that generates an increase in the resistance of fine sandy soils.

Laboratory tests were carried out such as granulometry, moisture content, Modified Proctor, CBR using a percentage of recycled polymer equivalent to 3% of the weight of the soil.

The tests were carried out in the soil laboratory and the Peruvian Technical Standards were used for each test carried out. These tests were carried out on a stratum of sandy soil obtained through the extraction of a pits located in the access road to the Pampas de San Juan Town Center, Laredo District, Trujillo Province.

In evaluation of results it is appreciated that the use of recycled EVA polymer achieves an increase in the support capacity of sandy soil equivalent to 5%, improving its properties and resistance of the stratum in question. Although a 3% polymer was used for this work, it is recommended to carry out laboratory tests prior to its use as a stabilization alternative, to determine the optimum percentage of the polymer to be used to achieve a greater resistance in the soil.

With this stabilization we propose to reuse and recycle a type of footwear to generate an increase in the percentage of CBR in the soil, encouraging the use of an ecological and economic alternative to use; as well as a guide to future stabilization research.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, ponemos a vuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: “INFLUENCIA DEL POLÍMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO – PERÚ”.

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, así como algunas experiencias para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con vuestras sugerencias y recomendaciones este trabajo pueda mejorarse y contribuir a la difusión de la investigación de nuestra universidad.

Trujillo, Febrero del 2019

Br. Carranza Zavala Julio Miguel

Br. Guzmán Sánchez Víctor Alexander

MIEMBROS DEL JURADO

ING. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS

CIP: 3689

PRESIDENTE

ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS

CIP: 9133

SECRETARIO

ING. CARMEN L. GELDRES SANCHEZ

CIP: 80599

VOCAL

ING. EIREN J. REBAZA SANCHEZ

CIP: 75984

ASESOR

ÍNDICE GENERAL

ACREDITACIONES	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.1.2. Delimitación del problema	2
1.1.3. Formulación del Problema.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación del estudio	3
II. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1. Antecedentes del estudio	3
2.2. Marco teórico.....	7
2.2.1. SUBRASANTE	7
2.2.2. TIPOS BÁSICOS DE SUELOS.....	8
2.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE	9
2.2.4. REGISTROS DE EXCAVACIÓN	10
2.2.5. ESTABILIZACION.....	11
2.2.6. TIPOS DE ESTABILIZACION DE SUELOS.....	12
2.2.6.1. Estabilización Mecánica (Compactación)	12
2.2.6.2. Estabilización por sustitución de suelos	13
2.2.6.3. Estabilización por calor y calcinación.....	13
2.2.6.4. Estabilización por Medios Eléctricos	14
2.2.6.5. Estabilización por drenaje.....	14
2.2.6.6. Estabilización química.....	15
2.2.7. POLIMERO EVA.....	17
2.2.8. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	18

2.2.8.1.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	18
2.2.8.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	19
2.2.8.3.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	19
2.2.8.3.1.	CLASIFICACIÓN SUCS	20
2.2.8.4.	PROCTOR MODIFICADO	22
2.2.8.5.	RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)	22
2.2.8.6.	ESTUDIO DE TRÁFICO	23
2.3.	Marco conceptual.....	24
2.4.	Sistema de Hipótesis.....	26
2.4.1.	General.....	26
2.4.2.	Variables	26
III.	METODOLOGIA EMPLEADA.....	28
3.1.	Tipo y nivel de investigación	28
3.2.	Población y muestra de estudio.....	28
3.3.	Diseño de Investigación.....	31
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación.....	31
3.5.	Procesamiento y análisis de datos.....	32
	DESARROLLO DE INVESTIGACION	33
I.	CALCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL	33
II.	OBTENCIÓN DEL POLIMERO EVA RECICLADO.....	35
III.	RECOLECCIÓN DE MUESTRA	38
IV.	CONTENIDO DE HUMEDAD.....	40
V.	GRANULOMETRIA	44
VI.	PROCTOR MODIFICADO.....	50
VII.	CBR (RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA)	66
IV.	PRESENTACION DE RESULTADOS.....	82
4.1.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	82
4.1.1.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO ARENOSO.....	82
4.1.2.	DENSIDAD MÁXIMA SECA Y OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.....	83
4.1.3.	COMPARACIÓN ENTRE LOS VALORES DE CBR DEL SUELO NATURAL CON EL SUELO CON ADICIÓN DE POLÍMERO EVA RECICLADO.....	84
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	86
	CONCLUSIONES.....	88
	RECOMENDACIONES	88
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Clasificación de subrasante.....	8
TABLA N° 02: Número Calicatas para la Exploración de Suelos.....	10
TABLA N° 03: Número Calicatas para la Exploración de Suelos.....	11
TABLA N° 04: Propiedades de la goma de EVA.....	18
TABLA N° 05: Clasificación de subrasante.....	25
TABLA N° 06: Cuadro de Operacionalización de variables.....	27
TABLA N° 07: Cálculo de Índice Medio Diario Anual.....	33
TABLA N° 08: Presupuesto de la obtención del Polímero EVA reciclado.....	37
TABLA N°09: Datos de ensayo de Contenido de Humedad.....	42
TABLA N°10: Resultados de ensayo de Contenido de Humedad.....	44
TABLA N°11: Análisis granulométrico de suelo arenoso.....	48
TABLA N°12: Recolección de datos Proctor Modificado para muestra sin polímero.....	59
TABLA N°13: Recolección de datos Proctor Modificado para muestra con polímero.....	60
TABLA N°14: Resultados para ensayo Proctor Modificado para muestra sin polímero.....	62
TABLA N°15: Resumen ensayo Proctor Modificado sin polímero.....	63
TABLA N°16: Resultados para ensayo Proctor Modificado para muestra con polímero.....	64
TABLA N°17: Resumen ensayo Proctor Modificado con polímero.....	65
TABLA N°18: Datos y resultados del ensayo CBR del estrato arenoso sin polímero.....	77
TABLA N°19: Datos y resultados del ensayo CBR del estrato arenoso + 3% de polímero EVA reciclado.....	80
TABLA N°20: Características Físicas y Mecánicas del suelo.....	82
TABLA N°21: CBR y máxima densidad seca.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.....	21
FIGURA N° 02: Mapa Político del Perú.....	29
FIGURA N° 03: Mapa del Departamento de La Libertad.....	29
FIGURA N° 04: Mapa Provincial de Trujillo.....	29
Figura N° 05: Vista Satelital de la carretera de acceso al centro poblado Pampas de San Juan.....	30
FIGURA N° 06: Cálculo de la distancia de la carretera de acceso al centro poblado Pampas de San Juan.....	30
FIGURA N° 07: Sandalias de goma EVA recicladas.....	35
FIGURA N° 08: Lijado de las sandalias en la rematadora de calzado.....	36
FIGURA N° 09: Tamizado del polímero EVA reciclado por la malla N° 30.....	37
FIGURA N° 10: Calicata ubicada en la vía de acceso a Pampas de San Juan.....	38
FIGURA N° 11: Toma de medidas de la calicata.....	39
FIGURA N° 12: Excavación manual de calicata.....	39
FIGURA N° 13: Extracción de la muestra de suelo en sacos.....	40
FIGURA N° 14: Calculo de la cantidad de material a usar	41
FIGURA N° 15: Secado de muestra en horno.....	41
FIGURA N° 16: Peso de la muestra seca.....	42
FIGURA N° 17: Secado de muestra e horno.....	45
FIGURA N° 18: Cuarteo de muestra seca.....	46
FIGURA N° 19: Tamizado de muestra en laboratorio.....	46
FIGURA N° 20: Cantidad de muestra retenida en tamices utilizados.....	47
GRÁFICO N° 01: Curva Granulométrica Abertura vs Porcentaje que Pasa.....	49
FIGURA N° 21: Tamizado de la muestra por la malla N° 40.....	51
FIGURA N° 22: Registro de los pesos de los moldes utilizados.....	52
FIGURA N° 23: Cálculo de dimensiones de los moldes para calcular su volumen.....	52
FIGURA N° 24: Tamizado del polímero por la malla # 30.....	53
FIGURA N° 25: Mezclado de la muestra sin polímero.....	53
FIGURA N° 26: Mezclado de la muestra con polímero.....	54
FIGURA N° 27: Proceso de compactación.....	55
FIGURA N° 28: Registro de los pesos del molde más muestra.....	56
FIGURA N° 29: Extracción del espécimen del molde.....	56

FIGURA N° 30: Registro de pesos del espécimen del molde.....	57
FIGURA N° 31: Secado de los especímenes en horno.....	58
GRÁFICO N° 02: Densidad seca vs. Contenido de Humedad (Muestra sin polímero).....	63
GRÁFICO N° 03: Densidad seca vs. Contenido de Humedad (Muestra con polímero).....	65
FIGURA N° 32: Secado de la muestra en horno.....	67
FIGURA N° 33: Peso de los moldes cilíndricos de 6” con base.....	67
FIGURA N° 34: Armado del equipo de compactación.....	68
FIGURA N° 35: Colocado del papel filtro para evitar adherencia con el disco espaciador.....	68
FIGURA N° 36: Polvo EVA obtenido por tamizado con la malla #30.....	69
FIGURA N° 37: Mezcla del suelo con agua.....	69
FIGURA N° 38: Mezclado de suelo, agua y polímero EVA en polvo.....	70
FIGURA N° 39: División de la muestra en partes.....	70
FIGURA N° 40: Proceso de compactación de muestra.....	71
FIGURA N° 41: Registro de peso de los de los moldes.....	72
FIGURA N° 42: Extracción del disco espaciador del molde de compactación.....	73
FIGURA N° 43: Colocación de la placa perforada con el vástago y las pesas.....	73
FIGURA N° 44: Colocación del deformímetro.....	74
FIGURA N° 45: Sumergido de los moldes de CBR.....	75
FIGURA N° 46: Ensayo de penetración.....	76
GRÁFICO N° 04: Ensayo CBR del estrato arenoso sin polímero.....	78
GRÁFICO N° 05: Ensayo CBR del estrato arenoso + 3% de polímero EVA.....	81
GRÁFICO N° 06: Densidad máxima seca del suelo arenoso.....	83
GRÁFICO N° 07: Óptimo contenido de humedad del suelo arenoso.....	84

GRÁFICO N° 08: CBR del suelo Arenoso..... 85
GRÁFICO N° 09: CBR máximo del suelo Arenoso..... 85

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

1.1.1. Descripción de la realidad problemática

Las vías de transporte hoy en día en el Perú solo están pavimentadas un 20 % del total, “se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente” (García, 2012). Estas capas son;

Subrasante, es la que corresponde al terreno de fundación; sub base, capa de material seleccionado que se coloca encima de la subrasante; base, capa de material pétreo, puede ser mezcla con cemento, mezcla bituminosa o piedra triturada que se coloca encima de la sub – base; capa de rodamiento, la que se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa o de concreto. (Apuntes Ingeniería Civil, 2011, párr.5.)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013, p. 23): “Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$ ” sin embargo, cuando el suelo, “debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un $CBR < 6\%$ (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos” (MTC, 2013, p. 23) por otro lado, al tener una subrasante pobre o inadecuada, no se podrá diseñar el espesor de las capas o estratos, ya que ésta interviene en dicho diseño, por ser la capa dónde reposan las demás capas y además por recibir sus esfuerzos. Además, al tener una Subrasante pobre o inadecuada, el pavimento se verá desprotegido provocando algunos deterioros como. Grietas y fisuras, que tiene como una de sus causas la “baja capacidad de soporte de la subrasante” (Miranda, 2010, p. 18). Ahuellamiento, el cual “ocurre principalmente debido a una deformación permanente

en alguna de las capas del pavimento o de la subrasante” (Miranda, 2010, p. 21), y éste se da “debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas por no ser correctamente compactada” (Miranda, 2010, p. 22). Separación de la junta longitudinal, este daño se ve evidenciado en pavimentos rígidos, a causa de un “desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante” (Miranda, 2010, p. 28).

1.1.2. Delimitación del problema

Estudiar la estabilización de la subrasante del centro poblado Pampas de San Juan mediante ensayos a calicatas en los laboratorios de la UPAO y KINSA GEOLABS S.A.C.

Aumentar el CBR y determinar el impacto del polímero reciclado EVA en un suelo arenoso del centro poblado de Pampas de San Juan.

1.1.3. Formulación del Problema

¿Cómo influye el uso del polímero sintético EVA en el porcentaje de CBR de un suelo natural o sub-rasante arenoso del centro poblado de Pampas de San Juan?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la influencia del polímero sintético EVA reciclado en el porcentaje de CBR de un suelo natural o sub-rasante arenoso del centro poblado de Pampas de San Juan.

1.2.2. Objetivos Específicos

Determinar la densidad seca máxima del suelo en estado natural y estabilizado con polímero EVA reciclado.

Determinar el óptimo contenido de humedad del suelo en estado natural y estabilizado con polímero EVA reciclado.

Determinar el aumento de porcentaje de CBR en base a una cantidad de polímero EVA reciclado equivalente al 3% del peso total de la muestra de suelo.

1.3. Justificación del estudio

Esta investigación es importante, en razón de que es necesario estudiar las vías urbanas y carreteras de acceso del centro poblado de Pampas de San Juan mediante calicatas para mejorar la estabilidad y aumentar la capacidad de soporte del suelo; por ello es imprescindible mejorar la base o pilar de una estructura vial; a través de una técnica de estabilización química factible, ecológica y económica; para lo cual se requiere la modificación del suelo con la adición de elementos como el polímero EVA, esta tecnología ofrece mejorar los materiales del sitio y crear una base y sub base sólida y fuerte para un futuro proyecto de pavimentación; por lo que presentarán mayores ventajas que otros polímeros reciclados en nuestro medio, en las carreteras y caminos a nivel nacional, siempre y cuando se use de acuerdo con preparación y aplicación adecuada. De esta manera generaremos una nueva alternativa de estabilización y pautas para futuras investigaciones.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

- Antecedente 1: Cavero Varas y Moreno Layza (2017). “Estudio de la aplicación de estabilizante para mejorar la compactación de la carretera no pavimentada Simbal - La Cuesta”, con el objetivo principal de mejorar la compactación y generar el aumento de la capacidad de resistencia (CBR) en la carretera Simbal – La Cuesta mediante la estabilización con la aplicación de un producto químico, para lo cual se desarrolló una estabilización química mediante muestras de suelo y el estabilizante, las cuales se analizaron en laboratorio, para luego estabilizar y compactar la carretera de Simbal – La Cuesta. La investigación tuvo como resultados un incremento en los resultados de los ensayos en 11% en el material con aditivo en comparación al material sin aditivo, aumento del valor soporte relativo y resistencia en un 25%

e incremento en la máxima densidad seca hasta 3.5% en el material con en comparación al material sin aditivo, y una disminución en el óptimo contenido de humedad del afirmado granular hasta un 23% en el material con aditivo en comparación al material sin aditivo. El principal aporte al trabajo de investigación es que empela una estabilización química en una carretera no pavimentada en nuestro medio local; ya que actualmente no se desarrollan ese tipo de estabilizaciones nuestro medio.

- Antecedente 2: Ravines Merino (2010). “Pruebas con productos enzimáticos como agente estabilizador de suelos para carreteras, Universidad de Piura, Piura”, se propuso estabilizar el suelo de Piura con el producto químico Perma-Zyme 22X, para lo cual se realizó solo ensayos en laboratorio con la muestra de suelo y el nuevo agente estabilizador aplicado en la muestra de suelo; llegando a los siguientes resultado: Aumento del valor soporte relativo y de la resistencia se ve reflejado en el aumento de 200% en los ensayos de prueba de CBR de la muestra estabilizada en comparación de la muestra sin aditivo. Los mejores resultados se evidenciaron en aquellas probetas en la cuales se trabajó con mayor cantidad de aditivo y con la condición de 72 horas de secado antes de colocarlas en la poza de curado. Los resultados de CBR coinciden con los resultados de las pruebas hechas por el MTC, lo que confiere una mayor credibilidad a la investigación. El principal aporte al trabajo de investigación es que sirvió como guía en los diferentes ensayos que se realizó a la muestra con aditivo con el fin de medir el porcentaje de CBR en el laboratorio y probar la efectividad del nuevo estabilizante en la mejora de la carretera de la ciudad de Piura.
- Antecedente 3: Ramos Hinojosa (2014). “Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras Paucará, Huancavelica”. El objetivo principal es mejorar la subrasante de baja capacidad

portante adicionando polímeros reciclados en carreteras, para lo cual se seleccionó los tramos críticos con el método de la observación. Se escogieron dos tramos, para cada tramo se realizaron calicatas para poder obtener información, de las dos calicatas por tramo se seleccionó solo uno, el más desfavorable según los ensayos básicos realizados en el laboratorio, para luego ser analizados y ver el comportamiento ante la adición en diferentes porcentajes de polímeros reciclados, para luego ser comparado con métodos establecidos por el MTC. La investigación llego a los siguientes resultados: El primer tramo con la adición de los PR se logró incrementar el CBR a más de 6% como especifica la norma para suelos de subrasante, mientras que en el segundo tramo se incrementó a 4.8% siendo menor de lo normado, por tal razón se utilizó otro método de estabilización como es el suelo -cal, obteniendo así un suelo cuyo CBR es de 16.9%. El principal aporte al trabajo de investigación es una guía en los ensayos para el desarrollo de la investigación ya que mencionan el procedimiento detallado, instrumentos, equipos y accesorios en cada uno de sus ensayos que realizan a la muestra de suelo con y sin aditivo.

- Antecedente 4: Romero Romero y Suñac Vilca (2016). “Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la urb. San Judas Chico – Cusco”, se propuso realizar una comparación de la capacidad portante y densidad máxima de un suelo estabilizado con polímero adhesivo natural en muestras de suelo adicionando con 0.5%, 1%, 2% y 3% de polímero frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco, para lo cual se realizaron ensayos de laboratorio para determinar la capacidad de soporte y densidad seca con la muestra de suelo; pero con diferentes cantidades de polímero adicionado. La investigación llego a los siguientes resultados: El estrato arenoso al ser adicionado en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% con polímero adhesivo

natural aumenta sus propiedades de compactación así como también su capacidad de soporte con respecto a un suelo de estrato arcilloso que al ser adicionado con polímero adhesivo natural en 0.5%,1% y 2% disminuye con respecto al arenoso, La densidad máxima de los estratos arcillosos y arenosos naturales disminuyen con respecto a la densidad máxima de los estratos arcillosos y arenosos adicionados con 0.5%,1%, 2% y 3% de polímero adhesivo natural. Se observó que el contenido de humedad en el estrato arcilloso disminuye progresivamente, mientras que en el estrato arenoso se observa una dispersión de resultados iguales para los porcentajes de 0.5% y 2%, teniendo mayor contenido de humedad los porcentajes de 1% y 3% sin superar al natural. El principal aporte a este trabajo de investigación es que sirvió como un modelo de proyecto guía en la estabilización de suelos arenoso con productos químicos.

- Antecedente 5: Choque Sánchez (2012). “Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas”, cuyo objetivo principal fue estabilizar aplicando dos aditivos químicos (Cloruro de Calcio y producto en base a enzimas), como alternativas de solución, in situ de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, al tipo de suelo y de dos variables determinantes para su aplicación respectiva: El Índice de plasticidad y el porcentaje de finos que pasan la malla N°200, para lo cual se construyeron dos sectores de prueba sujetas a las mismas condiciones de clima, condiciones geométricas de tráfico vehicular y tipo de suelo. A cada sector se le aplicó un aditivo químico in situ y se determinó el impacto en el suelo. Sus principales resultados fueron que en todos los sectores evaluados se pudo observar que hubo una progresiva formación de baches, siendo la severidad moderada común en todos los sectores. El sector con cloruro de calcio se deterioró inicialmente mucho más rápido con respecto a los demás. El sector con enzimas tuvo poca severidad alta a pesar de tener más presencia de baches. Esta

investigación sirvió como una fuente de información teórica sobre el tema de estabilización.

2.2. Marco teórico

2.2.1. SUBRASANTE

“La subrasante es la capa superficial terminada de una carretera a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno), sobre la cual se colocará la estructura de pavimento.” (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, pág. 12). Para este diseño, desde el punto de vista del suelo de fundación se evaluará las propiedades mecánicas, físicas y químicas en laboratorio.

Según afirma Montejo (2002) que:

Existe suelos que resulta dificultoso cuyas características le obligan al ingeniero, enfrentar y tomar posibles decisiones como:

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.
- Eliminar el material insatisfactorio, reemplazándolo por otros de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente cumpliendo los requisitos deseados o al menos que la calidad obtenida sea la deseada.

Las propiedades importantes para analizar la subrasante son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad, CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión). (Menéndez, 2013).

TABLA N° 01: Clasificación de subrasante

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013

Se considerará aptos aquellos suelos que presenten un CBR mayor o igual a 6%, de ser los resultados menores a este se procederá al desecho de dicho material y a su posterior reemplazo, o a su estabilización. (Ravines Merino, 2010).

2.2.2. TIPOS BÁSICOS DE SUELOS

- Suelos gravosos (grava): Son partículas minerales solidas de diámetro comprendidas entre 2 mm a 7-10 cm o mayor (piedras), son muy permeables y sus componentes se observan a simple vista, son muy abundantes, pueden afectar a las propiedades del suelo y dificultar su manejo.
- Suelos arenosos (arena): Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.1 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados. La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí por lo que son permeables y aparecen de manera individualizada (a simple vista).
- Suelos limosos (limo): Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm, tienen capacidad de retención de agua mayor que las arenas, pero menor que las arcillas, sus componentes ya no se reconocen a simple vista, su

composición química es semejante a la de la arena. Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción.

- Suelos arcillosos (arcilla): Es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original está compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a 2 μm y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales.

(Braja, 2001)

2.2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Con el fin de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro se determinará según la tabla N°2.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, sí se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

TABLA N° 02: Número Calicatas para la Exploración de Suelos

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (M)	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS	OBSERVACIÓN
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido 	
Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 4 calicatas x km. 	
Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 3 calicatas x km. 	
Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 2 calicatas x km. 	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 1 calicata x km. 	

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

2.2.4. REGISTROS DE EXCAVACIÓN

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata, número de muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada una de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (Mr) o ensayos de CBR para correlacionarlos con

ecuaciones de Mr, la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

TABLA N° 03: Número Calicatas para la Exploración de Suelos

TIPO DE CARRETERA	N° MR Y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

2.2.5. ESTABILIZACION

Es el proceso de combinar o mezclar materiales con el suelo para mejorar sus propiedades. El proceso puede incluir la mezcla entre diversos tipos de suelos para alcanzar una graduación deseada (estabilización mecánica) o la mezcla de suelo con aditivos disponibles en el mercado (estabilización física y/o química), que puedan mejorar su graduación, textura o plasticidad.

El principal fin de la estabilización es aumentar la resistencia mecánica, haciendo que el suelo presente mayor trabazón entre partículas y asegurado que las condiciones de humedad del suelo varíen dentro de los rangos adecuados para producir un aumento en su resistencia y estabilidad a largo plazo; es decir durabilidad. (Unidad de Investigación de la Universidad de Costa Rica, 2008).

Casos que justifican una estabilización:

- Suelo de subrasante desfavorable o muy arenoso o muy arcilloso.
- Materiales para base o subbase en el límite de las especificaciones.
- Condiciones de humedad.
- Cuando se necesite una base de calidad superior, como en una autopista.

(Bada, 2016, pág. 16)

2.2.6. TIPOS DE ESTABILIZACION DE SUELOS

2.2.6.1. Estabilización Mecánica (Compactación)

Se define como un método de mejoramiento de las propiedades de los suelos a partir de ejercer una acción mecánica de corta duración de manera repetitiva sobre una masa de suelo parcialmente saturado, para ésta acción se utilizan equipos llamados compactadores, los cuales tienen como fin lograr aumentar la resistencia al corte. (Ravines Merino, 2010).

Al compactar un suelo se obtiene:

- Mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo.
- Mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales por lo tanto inestabilidad de la estructura.
- Disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y por último ocasionará una disminución de los asentamientos.

Entre los procedimientos de estabilización mecánica tenemos:

- Amasado: Se suele usar rodillos de pata de cabra, se utilizan para suelos finos cohesivos.
- Impactos de carga: Se utilizan pisones 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 utilizan la acción de amasado con el peso estático.
 - Vibración: Se usan los rodillos vibratorios para ayudar al reacomodo de las partículas.
 - Métodos mixtos: Es la combinación de los anteriores procedimientos.
- (Ravines Merino, 2010).

2.2.6.2. Estabilización por sustitución de suelos

En esta alternativa una cierta profundidad del suelo de fundación es retirada y remplazado por material de préstamo.

Cuando se use este tipo de estabilización, puede presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada a cierta profundidad. Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, se autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación. En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo.

(MTC, 2008).

2.2.6.3. Estabilización por calor y calcinación

Es de tipo térmico, se realiza a temperaturas elevadas, superiores a los 400°C que calcinan el suelo. Esta técnica consiste en pasar gases a temperaturas cercanas a 000°C por ductos o vacíos dentro del suelo, la distribución de la temperatura depende de la porosidad

del suelo y la temperatura de los gases inyectados. (Alva Hurtado, Ugaz Palomino, & Tupia Córdova, 2000).

A temperaturas tan altas ocurren cambios irreversibles en la estructura cristalina de los minerales de arcilla. Estas alteraciones se ven reflejadas en las propiedades físicas que obviamente sufrirán modificaciones sustanciales como el índice plástico, el cual tiende a disminuir de manera notoria; la capacidad de absorción del agua también varía al igual que la expansividad y la compresibilidad las cuales disminuirán. (Ravines Merino, 2010).

2.2.6.4. Estabilización por Medios Eléctricos

La más conocida es la electroósmosis, que es la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a una muestra de suelo fino con exceso de humedad, esto produce que el agua se traslade desde el ánodo (electrodo positivo) hasta el cátodo (electrodo negativo); el caudal que fluye a través de la muestra de suelo en las condiciones anteriormente expuestas es proporcional al potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado. Con este método se ha observado un aumento de resistencia al corte y a la compresión simple de los suelos finos (arcillosos). (Ravines Merino, 2010).

2.2.6.5. Estabilización por drenaje

Consiste en un drenaje superficial y desagüe subterráneo. Se colocan sistemas de canalizaciones y tubos subterráneos que captan el agua y la sacan de la zona en que se sitúa la estructura; de tal manera que se pueda canalizar el agua proveniente de cualquier dirección a través de éstos canales y cunetas; alejándola de la zona de la obra. El fin es evitar impactos negativos de las aguas sobre la estabilidad, durabilidad y transitabilidad de la carretera. (Ravines Merino, 2010).

2.2.6.6. Estabilización química

Se usa por la adición de agentes estabilizantes químicos específicos; comúnmente se usa cemento, cal, asfalto, cemento portland, entre otros. 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. (Ravines Merino, 2010).

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.

(Gamica Anguas, 2002).

Estabilización química de los Suelos Empleando Nuevas Tecnologías

Para esta nueva tecnología tenemos tres tipos distintos de estabilización. Si leemos con detenimiento los tres se centran en la capacidad de intercambio de las partículas de los elementos. (Di Rado R., Fabre E., & Miño, 2000).

- Estabilización iónica

Aplicada a suelos finos. El principio básico es un fuerte intercambio iónico entre el agente estabilizador con las partículas de arcilla mineral, de esta forma se desplaza el agua de adsorción ocupando el espacio iónico vacante, así se bloquea la capacidad de adsorción de agua de las partículas activas del suelo responsables del hinchamiento y la pérdida de su

capacidad soporte. Las partículas libres de las cargas electrostáticas que las mantenían separadas y del agua que las rodeaba se acercan y aglomeran pudiendo aumentar la capacidad de carga por fricción entre partículas y lograr una mayor densidad por compactación. El resultado final óptimo debería consistir en una estabilización más permanente. (Ravines Merino, 2010)

- Estabilización con enzimas orgánicas

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. (Ravines Merino, 2010).

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. (Ravines Merino, 2010)

- Estabilización con Polímeros

Los polímeros son macromoléculas (resultado de la unión de un gran número de moléculas pequeñas de un mismo tipo o de diferentes tipos), generalmente orgánicos llamados monómeros; pueden estar formadas por más de un tipo de monómero, éstas se denominan homopolímeros o estar formados por más de un tipo de monómeros denominándose copolímeros. Las maneras de unión de las unidades estructurales de los polímeros tanto naturales como artificiales pueden ser en varias direcciones, así se pueden obtener polímeros lineales o en más de una dirección dando lugar a los polímeros reticulares tridimensionales.

Generalmente los polímeros a utilizar en las distintas industrias son los polímeros sintéticos, que son aquellos creados por el hombre. El uso de éstos en las carreteras tiene como fin de aumentar la estabilidad de los agregados y reducir la dispersión de las arcillas.

Los polímeros actúan como agentes catalíticos de intercambio iónico sobre la fracción activa de las arcillas reduciendo el potencial electrostático de las partículas, quitándoles la capacidad para absorber agua. Con el objetivo que al final el suelo tenga una mayor capacidad de carga y una estabilización permanente.

Existen muchos polímeros sintéticos como son los plásticos, cauchos y materiales fibrosos. La estabilización con estos productos tiene el mismo fin que otras técnicas de estabilización: estabilizar e impermeabilizar el suelo para que sean aptos para su uso vial.

(Ravines Merino, 2010)

2.2.7. POLIMERO EVA

El etilvinilacetato (más conocido como EVA) es el copolímero de etileno y acetato de vinilo. Se trata de un polímero que se acerca a los elastómeros en cuanto a la suavidad y flexibilidad, sin embargo,

puede ser procesado al igual que los termoplásticos, por lo que este tipo de materiales recibe el nombre de elastómero termoplástico. El material tiene propiedades de adhesión, resistencia a bajas temperaturas, resistencia al estrés-cracking, presenta también una excelente estabilidad térmica y tiene buenas propiedades de barrera a humedad, y resistencia a la radiación UV.

Aplicaciones:

Suelas, fondos, entresuelas, sandalias, zapatos, zapatillas, rodados, etc.

(Tecnología de los Plásticos, 2012)

TABLA N° 04: Propiedades de la goma de EVA

Propiedad	Norma	Unidad	Valor
Densidad	ISO 845	kg/m ³	33±5
Resistencia a la tracción	ISO 1798	kPa	>190
Resistencia a la compresión	ISO 3386/1	kPa	12
deflexión 10%			>28
deflexión 25%			>70
deflexión 50%			

Fuente: Internet

2.2.8. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.2.8.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

La cantidad de contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

(Bowles, 1981).

2.2.8.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El estudio de las propiedades de los suelos, se fundamenta en que las propiedades mecánicas dependen directamente de la distribución de las partículas constituyentes según sus tamaños.

El objetivo principal es determinar la distribución de las partículas en función de su tamaño, de una muestra representativa de suelo de grano grueso, mediante un ensayo granulométrico por tamizado. (FYJJ Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2015).

2.2.8.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La clasificación de los suelos es un indicador de las propiedades físico mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como subrasante es la clasificación de AASHTO M-145: las primeras variables son: La granulometría y la plasticidad en términos generales, un suelo conforme a su granulometría se clasifica así: (Iturbide, 2002)

- Grava: De un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta el tamiz N° 10 (2mm)
- Arena Gruesa: De un tamaño menor a 2 mm hasta el tamiz N° 40 (0.425 mm)
- Limos y Arcillas: Tamaños menores de 0.075 mm

Un suelo fino es el que tiene más del 35% que pasa el tamiz N°200 (0.075 mm), los cuales clasifican como A (4, 5, 6, 7). Dos suelos considerados finos que tengan granulometrías similares, pueden llegar a tener propiedades diferentes dependiendo de su plasticidad, cualidad que se analiza en el suelo que pasa el tamiz N° 40; dichas propiedades de plasticidad, se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son: (Iturbide, 2002)

- Límite Líquido (LL): Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado a un estado semilíquido.
- Límite Plástico (LP): Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.

Índice de plasticidad (IP): Es la diferencia entre el LL y LP, que nos indica la capacidad del material.

2.2.8.3.1. CLASIFICACIÓN SUCS

El sistema divide los suelos en dos grupos principales, gruesos y finos, en función del pasante por el tamiz n° 200. Los suelos de grano grueso se dividen en gravas y arenas según el pasante por el tamiz n°4. Estas gravas o arenas, a su vez, se clasifican dependiendo del porcentaje de finos que presentan (% del pasante por el tamiz n°200) en limpias y sucias.

(Márquez, 2006).

FIGURA N° 01: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN									
DIVISIÓN MAYOR			NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO					
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL, PUEDE USARSE 1/5 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	<p>DETERMINAR LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO: Arcilla: Menor del 5%, O - Arena: Entre 5% y 12%, C - Grava: Mayor que 12%, G - Grava que representa más de 75% de los sólidos totales.</p> <p>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u: mayor de 4 COEFICIENTE DE CURVATURA C_c: entre 1 y 3 $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontones que requieren el uso de símbolos dobles.</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. de símbolos dobles.</p> <p>$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3.</p> <p>No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontones que requieren el uso de símbolos dobles.</p> <p>LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. de símbolos dobles.</p>				
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos					
			GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo					
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla					
			SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos					
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos					
			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.					
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.					
			SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 @ Las partículas de 0.075 mm de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arcillosos o arcillosos ligeramente plásticos.	<p>G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad</p> <p>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</p>
							CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.								
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos máxicos o diatomáceos, más elásticos.							
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.							
	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.							
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	p	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.							

Fuente: Crespo Vilalaz (Mecanica de Suelos y Cimentaciones)

Este sistema de clasificación considera símbolos para denominar los distintos tipos de suelos. Los suelos toman la denominación del material que más abunda en su constitución. Denomina materiales granulares a aquellos que tienen partículas de tamaño mayor a 0.075mm – mala #200 y denomina materiales finos a los de menor tamaño. También se consideran en grupos distintos los suelos finos orgánicos y la turba.

2.2.8.4. PROCTOR MODIFICADO

Se llama compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, esfuerzo-deformación y disminuir la compresibilidad de los mismos; por lo general el proceso implica una reducción de los vacíos.

Esto se logra mediante un molde de volumen dado y un pistón de 10Lb. que cae libremente desde una altura de 18", determinar un contenido óptimo de humedad para el cual se alcanza la máxima densidad seca a una determinada energía de compactación. (FYJJ Laboratorio de Mecánica de Suelos, 2015)

2.2.8.5. RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)

Ensayo conocido como CBR, que son las iniciales en inglés (California Bearing Ratio). Se expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro de suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida. El CBR de un suelo varía con su compactación, su contenido de humedad al compactar y el contenido de humedad cuando se ensaya.

Se determina la resistencia al esfuerzo cortante por punzonado de los materiales granulares compactados. Dicha resistencia para las mismas condiciones de carga y penetración en el material granular compactado.

(Bowles, 1981)

Este método establece el procedimiento para determinar un índice de resistencia de los suelos, conocido como Razón de Soporte de California (CBR). El ensaye se realiza normalmente a suelos compactados en laboratorio, con la humedad óptima y niveles de energía variables.

Este método se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de suelos de sub-rasante, como también de materiales empleados en

la construcción de terraplenes, subbases, bases y capas de rodadura granulares.

No obstante que originalmente el método fue diseñado para evaluar el soporte de suelos de tamaño máximo 3/4" (19 mm), el ensayo es aplicable a todos aquellos suelos que contengan una cantidad limitada de material que pasa por el tamiz de 50 mm (2") y es retenido en el tamiz de 19 mm (3/4").

(Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, 2011)

2.2.8.6. ESTUDIO DE TRÁFICO

- Cálculo del Índice Medio Diario

El tráfico medio diario no viene a ser otra cosa que el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor de un año, dividido entre el número de días del periodo.

Resultados obtenidos a partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma. En el siguiente cuadro se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación diaria para cada sentido y total en ambos sentidos.

- Cálculo del tráfico Medio Diario Semanal

El Promedio de Tráfico Diario Semanal o Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se obtiene a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = \frac{5VDL + 2VFS}{7}$$

En donde:

VDL: Volumen promedio en un día laborales

VFS: Volumen promedio en un día fin de semana (sábado y domingo)

- Factores de Corrección

Dado que el flujo vehicular se ha realizado en una muestra de un periodo de una semana y requiriéndose estimar el comportamiento anualizado del tránsito, para determinar el IMDA, resulta necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

Factores de corrección Promedio para Vehículos Ligeros y Pesados (2014 - 2015)

F.C. VEHÍCULOS LIGEROS= 0.86191603410232

F.C. VEHÍCULOS PESADOS= 0.906233464083799

Fuente: Unidades Peaje PVN

Elaboración: OGPP

- Calculo Del Tráfico Medio Diario Anual (IMDA)

El IMDA (Índice Medio Diario Anual) es obtenido a partir del IMDS (Índice Medio Diario Semanal) y del Factor de Corrección Estacional (FC).

$$IMDA = IMDS \times FC$$

Donde:

MDS: Índice Medio Diario Semanal.

FC: Factor de Corrección Estacional.

2.3. Marco conceptual

- ESTABILIZACIÓN

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 y 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. (SNIP – Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

- CBR

El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0,1” ó 0,2” de penetración, expresada en porcentaje en su respectivo valor estándar. Además permite obtener un número de la relación soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo obtenido del ensayo de compactación Proctor.

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

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

(Ravines Merino, 2010)

TABLA N° 05: Clasificación de subrasante

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013

- SUBRASANTE

Es el suelo de fundación (suelo natural libre de vegetación y compactado) en el que se apoya todo el paquete estructural. Este material puede ser tanto granular como afirmado, empedrados u

otras carpetas granulares, seleccionados o cribados, producto de cortes y extracciones de canteras. (Ravines Merino, 2010).

- POLIMERO EVA

El nombre EVA, proviene del producto Etileno Vinil Acetato y también es conocido como goma EVA o Fomi, éste es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo. Este material presenta buenas propiedades de protección, firmeza a bajas temperaturas, resistencia a las fisuras por tensión, propiedades impermeables y resistencia a la radiación ultravioleta.

El Etileno Vinil Acetato es usado en muchas industrias para fabricar diversos artículos como son:

- Sandalias
- Llaveros
- Juguetes
- Material escolar
- Gorras
- Viseras

(Quiminet, 2012)

2.4. Sistema de Hipótesis

2.4.1. General

Si estabilizo con 3% de polímero EVA reciclado la subrasante del Centro Poblado Pampas de San Juan en base de calicatas, entonces el porcentaje de CBR incrementará hasta un 5%.

2.4.2. Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Polímero EVA reciclado

Se mide: gr.

VARIABLE DEPENDIENTE:

CBR (Resistencia del suelo a un esfuerzo cortante)

Se mide: Porcentaje (%)

¿Cómo se mide?: Mediante el Ensayo Proctor

TABLA N° 06: Cuadro de Operacionalización de variables

Variable	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Polímero Eva	Porcentaje del peso del suelo expresado en gramos	Gr.	NTP 339.127: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. NTP 339.141: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizado una energía modificada (2,700 kn-m/m ³ (56,000 pie-lbf/pie ³)).
CBR	Número CBR	Porcentaje (%)	NTP 339.145: Método de ensayo CBR (Relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

- Tipo:

Aplicada

- Nivel:

Descriptivo, ya que se mide, analiza y determina las propiedades y características de las muestras del suelo en estado natural, y además de las muestras estabilizadas con polímero reciclado EVA de las calicatas extraídas, a través del ensayo del CBR.

3.2. Población y muestra de estudio

Ubicación Política

- ✓ Departamento: La Libertad
- ✓ Provincia: Trujillo
- ✓ Distrito: Laredo
- ✓ Región Geográfica: Costa

Localización de la Investigación a Nivel Regional, Provincial y Distrito



FIGURA N° 02: Mapa Político del Perú



FIGURA N° 03: Mapa del Departamento de La Libertad

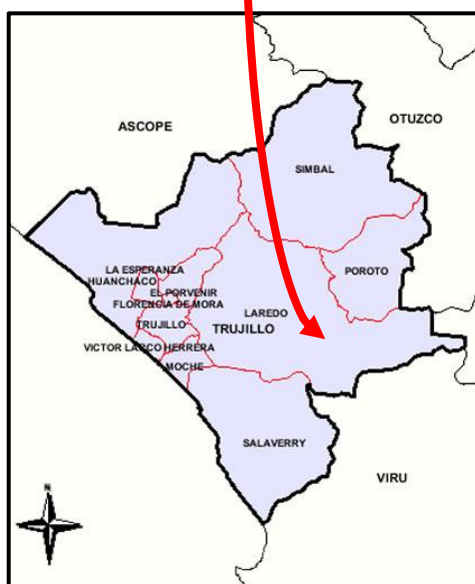


FIGURA N° 04: Mapa Provincial de Trujillo

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 05: Vista Satelital de la carretera de acceso al centro poblado Pampas de San Juan



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 06: Cálculo de la distancia de la carretera de acceso al centro poblado Pampas de San Juan



Fuente: Elaboración Propia

Coordenada Inicial (Km 00 + 000): 8°07'47.2"S 78°56'45.1"W

Coordenada Final (Km 00 + 906.56): 8°07'56.1"S 78°56'19.2"W

Distancia Total: 906.56 m

- Población

Subrasante del centro Poblado de pampas de San Juan, distrito de Laredo, Provincia de Trujillo.

- Muestra
Calicatas extraídas de la subrasante del centro Poblado de Pampas de San Juan, distrito de Laredo, Provincia de Trujillo.

3.3. Diseño de Investigación

Es un diseño de investigación Experimental – Cuasi experimental, debido a que se analizan dos grupos, la muestra de suelo en condiciones naturales y la muestra estabilizada con polímero reciclado EVA, con el objetivo de determinar la influencia del polímero reciclado EVA en el porcentaje de CBR de las muestras.

G.E.: O₁ X O₂

Dónde:

G.E: Grupo experimental

O1: Porcentaje de CBR de la muestra de suelo antes de estabilizarlo

X: Polímero Reciclado EVA

O2: Porcentaje de CBR de la muestra de suelo después de estabilizarlo

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

- Técnicas:

- Ensayos en laboratorio de mecánica de suelos y ensayos en campo.
- Observación directa e Inspección visual, acompañado del Registro Fotográfico.

- Instrumentos:

- NTP 339.127: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

- NTP 339.141: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizado una energía modificada (2,700 kn-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)).
- NTP 339.145: Método de ensayo CBR (Relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorio.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

La información adquirida después de analizar y procesar los datos obtenidos en el laboratorio de suelos, se desarrollará en el programa Excel para ver las tendencias del progreso que se tiene al compactar la muestra cuando se le hace uso de la aplicación de una dosificación con polímero reciclado EVA, lo que nos dará una perspectiva nítida para alcanzar nuestros objetivos.

Se usaron normas y manuales tales como: Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2013 y el Manual de Carreteras Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

DESARROLLO DE INVESTIGACION

I. CALCULO DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL

TABLA N° 07: Cálculo de Índice Medio Diario Anual

Día	Fecha	Horario	Sentido	Moto Lineal	Autos	Camionetas	Combis	Camión Unitario
Sábado	10-Nov-2018	8:00 a. m. – 11:00 a. m. 3:00 p. m. – 6:00 p. m.	Entrada	30	46	8	4	1
			Salida	30	44	8	4	1
			Ambos	60	90	16	8	2
Domingo	11-Nov-2018		Entrada	25	48	7	3	0
			Salida	24	45	5	3	0
			Ambos	49	93	12	6	0
Lunes	12-Nov-2018		Entrada	23	44	6	3	2
			Salida	22	42	6	3	2
			Ambos	45	86	12	6	4
Martes	13-Nov-2018		Entrada	26	42	5	2	1
			Salida	20	42	4	2	1
			Ambos	46	84	9	4	2
Miércoles	14-Nov-2018	Entrada	18	44	6	1	1	
		Salida	16	44	5	1	1	

			Ambos	34	88	11	2	2
Jueves	15-Nov-2018		Entrada	15	45	5	1	0
			Salida	14	43	4	1	0
			Ambos	29	88	9	2	0
Viernes	16-Nov-2018		Entrada	16	45	7	1	1
			Salida	15	45	5	1	1
			Ambos	31	90	12	2	2
VEHÍCULO				Moto Lineal	Autos	Camionetas	Combis	Camión Unitario
IMDS				21	45	6	2	1
F.C.				0.8619			0.9062	
IMDA				18	39	5	2	1
				18	47			

II. OBTENCIÓN DEL POLIMERO EVA RECICLADO

i. Equipos y herramientas

- Rematadora de calzado
- Bolsa plástica pequeña
- Saco recolector
- Escoba y recogedor de mano
- Tamiz #30
- Bandeja

ii. Procedimiento

- Con la colaboración de amigos y familiares se recolectó seis (6) pares de sandalias de goma EVA.

FIGURA N° 07: Sandalias de goma EVA recicladas



Fuente: Elaboración propia

- Luego se procedió a sacar los sujetadores de plástico de las sandalias de goma EVA y en seguida con ayuda de la rematadora de calzado se lijó con cuidado cada par de sandalia generando partículas muy pequeñas que se almacenó en un saco recolector mientras que las partículas que quedaban en la superficie se recogieron con ayuda de la escoba y recogedor de mano.

FIGURA N° 08: Lijado de las sandalias en la rematadora de calzado



Fuente: Elaboración propia

- Con ayuda de la malla #30 se tamizó el polímero EVA pulverizado con ayuda de la rematadora, con el fin de obtener partículas homogéneas y uniformes que puedan mezclarse con el espécimen de arena.

FIGURA N° 09: Tamizado del polímero EVA reciclado por la malla N° 30



Fuente: Elaboración propia

TABLA N° 08: Presupuesto de la obtención del Polímero EVA reciclado

Insumo	Costo (S/.)
Alquiler de rematadora de calzad (1hora)	10.00
Movilidad	12.00
TOTAL	22.00

Fuente: Elaboración propia

III. RECOLECCIÓN DE MUESTRA

i. Herramientas

- Pico
- Palana
- Wincha
- Barreta

ii. Procedimiento

- Habiendo tomado la distancia de la trocha carrozable ubicada en Pampas de San Juan, distrito de Laredo, y habiendo obtenido una distancia de 906.56 m se procedió a hacer 1 calicata aproximadamente en la mitad de la trocha carrozable.

FIGURA N° 10: Calicata ubicada en la vía de acceso a Pampas de San Juan



Fuente: Elaboración propia

- Para la excavación de la calicata, primero se trazó un cuadrado de 1 m².

FIGURA N° 11: Toma de medidas de la calicata



Fuente: Elaboración propia

- Luego con ayuda del pico se removió la superficie del terreno para en seguida con ayuda de la palana ir excavando hasta llegar a una profundidad de 1.5 m.

FIGURA N° 12: Excavación manual de calicata



Fuente: Elaboración propia

- En un costal se almacenó aproximadamente 80 kg para luego ser llevado al laboratorio de la UPAO y al laboratorio KINSA GROUP.

FIGURA N° 13: Extracción de la muestra de suelo en sacos



Fuente: Elaboración propia

IV. CONTENIDO DE HUMEDAD

i. Equipos y herramientas

- Balanza de precisión
- Horno
- Guantes de cuero
- Bandeja de metal

ii. Procedimiento

- De la muestra total, se tomó un porcentaje representativo para luego pesarlo en la balanza de precisión junto con la tara.

FIGURA N° 14: Calculo de la cantidad de material a usar



Fuente: Elaboración propia

- Una vez tomado el peso de la tara y la muestra, con ayuda de los guantes de cuero colocamos la muestra en el horno a 100° C por 24 horas.

FIGURA N° 15: Secado de muestra en horno



Fuente: Elaboración propia

- Pasada las 24 horas se retiró la muestra del horno y pesamos nuevamente en la balanza de precisión.


FIGURA N° 16: Peso de la muestra seca



Fuente: Elaboración propia

iii. Registro de datos

TABLA N°09: Datos de ensayo de Contenido de Humedad

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
		
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998)		
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN – LAREDO PERÚ"	
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	
MUESTRA:	SUELO ARENOSO	
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UPAO	
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZÁN SÁNCHEZ Victor Alexander	
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998)		
	1	2
RECIPIENTE	1	2
PESO SUELO HUMEDO + RECIP. (gr.)	22588	9716
PESO SUELO SECO + RECIP. (gr.)	22379	9649
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)	1316	1114

Fuente: Elaboración Propia

iv. Cálculo

$$W(\%) = \left(\frac{W_w}{W_s} \right) * 100$$

Donde:

- W = Contenido de humedad.
- Ww = Peso del agua presente en la masa de suelo (obtenido de la diferencia entre suelo húmedo menos suelo seco)
- Ws = Peso del suelo seco.

$$W(\%) = \left(\frac{209}{21063} \right) * 100$$


$$W(\%) = 0.99 \%$$

$$W(\%) = \left(\frac{79}{8523} \right) * 100$$

$$W(\%) = 0.93 \%$$

v. Tablas

TABLA N°10: Resultados de ensayo de Contenido de Humedad

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998)		
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"	
ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD	
MUESTRA:	SUELO ARENOSO	
LUGAR:	LABORATORIO DE LA UPAO	
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZÁN SÁNCHEZ Victor Alexander	

CONTENIDO DE HUMEDA (NTP 339.127:1998)		
RECIPIENTE	1	2
PESO SUELO HUMEDO + RECIP. (gr.)	22588	9716
PESO SUELO SECO + RECIP. (gr.)	22379	9637
PESO DEL RECIPIENTE (gr.)	1316	1114
CANTIDAD DE AGUA (gr.)	209	79
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	21063	8523
% HUMEDAD	0.99	0.93
% HUMEDAD PROM.	0.96	

Fuente: Elaboración Propia

V. GRANULOMETRIA

i. Equipos y herramientas

- Juego de Tamices ASTM: #4, #10, #20, #30, #40, #60, #100, #200 y base.
- Balanza de precisión
- Bandeja de metal
- Guantes de cuero
- Horno

- Cucharas

ii. Procedimiento

- Se secó la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en el horno.

FIGURA N° 17: Secado de muestra e horno



Fuente: Elaboración propia

- Se tomó aproximadamente 5 kg de la muestra de suelo para ser tamizada por la malla 3/8 “, donde pasó todo el material ya que nuestra muestra de suelo es un material fino, y procedemos a cuartear la muestra.

FIGURA N° 18: Cuarteo de muestra seca



Fuente: Elaboración propia

- Se escogió 1200 g de muestra para ser tamizada aproximadamente alrededor de 15 minutos.

FIGURA N° 19: Tamizado de muestra en laboratorio



Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a pesar la cantidad de material retenida en cada tamiz y se anotaron los resultados de los pesos obtenidos.

FIGURA N° 20: Cantidad de muestra retenida en tamices utilizados.



Fuente: Elaboración propia

iii. Registro de datos

TABLA N°11: Análisis granulométrico de suelo arenoso

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL (NTP 400.012)						
TESIS: INFLUENCIA DEL POLÍMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO – PERÚ						
MUESTRA: SUELO ARENOSO						
FECHA: 12/10/2018						
LUGAR: LABORATORIO PABELLON G - UPAO						
RESPONSABLES: JULIO MIGUEL CARRANZA ZAVALA VÍCTOR ALEXANDER GUZMÁN SÁNCHEZ						
MALLA	ABERTURA DE TAMIZ	PESO RET	% RET	% RET ACUM	% PASA	
N° 4	4.75	19.5	1.63	1.625	98.375	
N° 10	2.36	59.2	4.93	6.558	93.442	
N° 20	2	89.6	7.47	14.025	85.975	
N° 30	1.18	26.1	2.18	16.200	83.800	
N° 40	0.85	26.5	2.21	18.408	81.592	
N° 60	0.425	822.2	68.52	86.925	13.075	
N° 100	0.15	144.6	12.05	98.975	1.025	
N° 200	0.075	10.4	0.87	99.842	0.158	
RECIP	BASE	1.9	0.16	100.000	0.000	
TOTAL		1200	100			

Fuente: Elaboración Propia

iv. Cálculo

$$\%Ret = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

$$\%Pasa = 100\% - \%Ret\ Acum$$

$$\%Grava = \%Ret\ Acum\ \#4 = 1.625\%$$

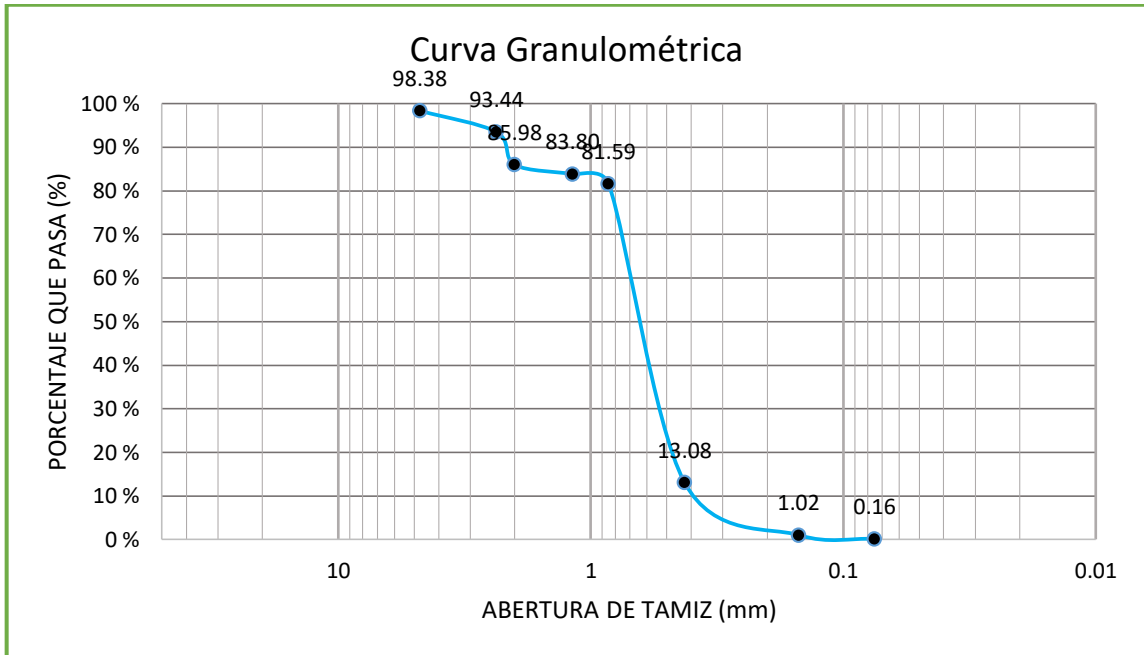
$$\%Arenas = \%Pasa\ \#4 - \%Finos = 98.375 - 0.158\% = 98.217\%$$

$$\%Finos = \%Pasa\ \#200 = 0.158\%$$

**SUELO ARENOSO
(S)**

v. Gráfico

GRÁFICO N° 01: Curva Granulométrica Abertura vs Porcentaje que Pasa



Fuente: Elaboración Propia

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

Cu= Coeficiente de uniformidad

D₁₀= Diámetro correspondiente al 10% de finos en la curva.

D₆₀= Diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva.

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

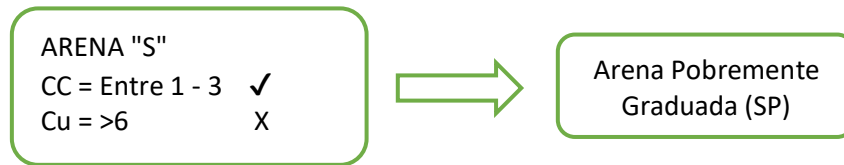
Cc= Coeficiente de curvatura

D₁₀= Diámetro correspondiente al 10% de finos en la curva.

D₃₀= Diámetro correspondiente al 30% de finos en la curva.

D₆₀= Diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva.

D ₁₀ = 0.38	Cu= 1.82
D ₃₀ = 0.54	Cc= 1.11
D ₆₀ = 0.69	



vi. Análisis de la Prueba

- ✓ Con el análisis granulométrico se determinó que el suelo contiene un 98.217% de arena en sus partículas.
- ✓ Según los cálculos determinamos que es una arena pobrementemente graduada (SW).
- ✓ Para este ensayo se utilizó el juego de tamices empleados para el ensayo según norma ASTM - 422.

VI. PROCTOR MODIFICADO

i. Equipos y herramientas

- Molde de 4 pulgadas de 101.6 mm de diámetro interior promedio, una altura de 116.4 mm y un volumen de 944 cm³
- Plato base del molde
- Collar de extensión del molde
- Pistón manual
- Balanza de precisión
- Horno
- Guantes de cuero
- Regla recta
- Tamiz N° 4
- Recipientes
- Bandejas

ii. Procedimiento

- Haciendo uso del tamiz N° 4, se procedió a tamizar la muestra obtenida en campo, teniendo como resultado que menos del 20 % fue retenido en éste tamiz, por lo tanto, se optó por elegir el procedimiento A, según la NTP 339 – 141/1999.

FIGURA N° 21: Tamizado de la muestra por la malla N° 40



Fuente: Elaboración propia

- Separamos alrededor de 10 kg de la muestra para el ensayo con polímero EVA mientras que 15 Kg para el ensayo sin el polímero EVA, luego se escogieron de 4 a 5 sub muestras, para el ensayo con polímero EVA y sin polímero EVA, respectivamente, las cuales fueron necesarias para obtener los puntos en la gráfica de los cuales según su línea de tendencia formaron una curva en forma de S (por ser una arena) luego se identificó el pico de la curva para obtener su máxima densidad.
- En las bandejas se separaron las sub muestras previamente pesadas al igual que los moldes que se usaron de 4 pulgadas. También se registró su volumen de los moldes mediante el vernier digital.

FIGURA N° 22: Registro de los pesos de los moldes utilizados



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 23: Cálculo de dimensiones de los moldes para calcular su volumen



Fuente: Elaboración propia

- Para realizar el ensayo de Proctor Modificado con el polímero EVA, se tamizó el polímero por la malla #30, luego se utilizó una cantidad de polímero equivalente al 3% del peso total de la muestra.

FIGURA N° 24: Tamizado del polímero por la malla # 30



Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a mezclar cada sub muestra con cantidades de agua que variaron 2 % (3%, 5%, 7% y 9%, para la muestra con el polímero EVA y 3%, 5%, 7%, 9% y 11%, para la muestra sin el polímero EVA), con el objetivo de obtener en los cálculos el óptimo contenido de humedad.

FIGURA N° 25: Mezclado de la muestra sin polímero



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 26: Mezclado de la muestra con polímero



Fuente: Elaboración propia

- Luego de haber mezclado cada sub muestra con su porcentaje de agua respectivo se procedió a compactar el material dentro del molde, la compactación se realizó de la siguiente manera: 5 capas del mismo grosor a 25 golpes por cada capa, teniendo en cuenta que la caída del pistón sea la máxima posible y al término de la quinta capa, ésta sobrepasó el borde del molde, pero sin exceder los 6mm.

FIGURA N° 27: Proceso de compactación



Fuente: Elaboración propia

- Luego de haber terminado de compactar el material, se procedió a retirar el collarín del molde para luego con ayuda de una regla recta enrazar el material a nivel del borde del molde y pesarlo en la balanza.

FIGURA N° 28: Registro de los pesos del molde más muestra



Fuente: Elaboración propia

- Con ayuda de una espátula se retiró el espécimen del molde.

FIGURA N° 29: Extracción del espécimen del molde



Fuente: Elaboración propia

- Se eligió 4 recipientes previamente pesados, para colocar una porción de cada sub muestra y pesarlos nuevamente.

FIGURA N° 30: Registro de pesos del espécimen del molde



Fuente: Elaboración propia

- Luego se colocó las muestras dentro del horno por 24 horas con el objetivo de hallar el contenido de humedad.

FIGURA N° 31: Secado de los especímenes en horno



Fuente: Elaboración propia

iii. Registro de datos

TABLA N°12: Recolección de datos Proctor Modificado para muestra sin polímero

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
					
PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)					
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"				
ENSAYO:	PROCTOR MODIFICADO SIN POLIMERO				
MUESTRA:	SUELO ARENOSO				
LUGAR:	KINSA GEOLABS SAC				
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZÁN SÁNCHEZ Victor Alexander				
DENSIDAD HUMEDA					
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO COMPACTADO (gr)	3517.3	3560	3545	3586.3	3609.5
PESO MOLDE (gr)	1829.2	1861	1829.2	1829.2	1861
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	172	166.5	174.32	194.8	161.6
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	167.7	159.9	165.5	180.6	148
PESO DE LA TARA (gr)	25	24.6	39.2	23	25.1

Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°13: Recolección de datos Proctor Modificado para muestra con polímero

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
				
PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)				
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"			
ENSAYO:	PROCTOR MODIFICADO CON POLIMERO			
MUESTRA:	SUELO ARENOSO			
LUGAR:	KINSA GEOLABS SAC			
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZÁN SÁNCHEZ Víctor Alexander			
DENSIDAD HUMEDA				
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO HÚMEDO COMPACTADO (gr)	3562.8	3503.7	3581.9	3600.3
PESO MOLDE (gr)	1861	1861	1829.2	1829.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	152.6	167.7	198	151.3
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	146.4	158.9	185.1	138.8
PESO DE LA TARA (gr)	22.4	24.9	39.2	24.6

Fuente: Elaboración Propia

iv. Fórmulas

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_i + d_{ii})^2}{(16)(10^3)}$$

Donde:

V = volumen del molde, cm³

h = promedio de altura, mm

d_i = promedio del diámetro superior, mm

d_{ii} = promedio del diámetro inferior, mm

$1/10^3 =$ constante de conversión mm^3 a cm^3

$$Pm = (Mt - Mmd)/V$$

Donde:

Pm = densidad húmeda (gr/cm^3)

h = promedio de altura, mm

Mt = peso suelo húmedo compactado (gr)

Mmd = peso molde (gr)

V = volumen del molde, cm^3

$$W(\%) = \left(\frac{Ww}{Ws} \right) * 100$$

Donde:

- W = Contenido de humedad.
- Ww = Peso del agua presente en la masa de suelo (obtenido de la diferencia entre suelo húmedo menos suelo seco)
- Ws = Peso del suelo seco.

$$Pd = Pm \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

Donde:

Pd = densidad seca (gr/cm^3)

Pm = densidad húmeda (gr/cm^3)

W = Contenido de humedad.

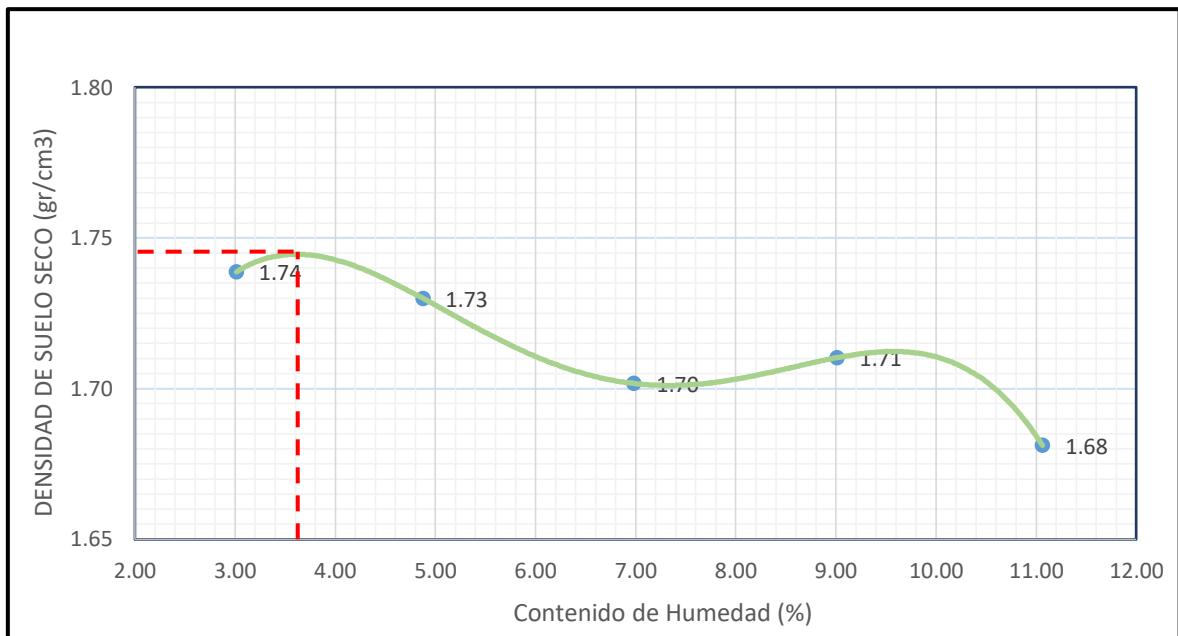
v. Tablas y Gráficos

TABLA N°14: Resultados para ensayo Proctor Modificado para muestra sin polímero

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
					
PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)					
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"				
ENSAYO:	PROCTOR MODIFICADO SIN POLIMERO				
MUESTRA:	SUELO ARENOSO				
LUGAR:	KINSA GEOLABS SAC				
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZÁN SÁNCHEZ Victor Alexander				
DENSIDAD HUMEDA					
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO COMPACTADO (gr)	3517.3	3560	3545	3586.3	3609.5
PESO MOLDE (gr)	1829.2	1861	1829.2	1829.2	1861
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	942.46	936.45	942.46	942.46	936.45
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO (gr/cm3)	1.79	1.81	1.82	1.86	1.87
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	172	166.5	174.32	194.8	161.6
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	167.7	159.9	165.5	180.6	148
PESO DE LA TARA (gr)	25	24.6	39.2	23	25.1
PESO SUELO SECO (gr)	142.7	135.3	126.3	157.6	122.9
PESO DEL AGUA (gr)	4.3	6.6	8.82	14.2	13.6
HUMEDAD (%)	3.01	4.88	6.98	9.01	11.07
DENSIDAD SECA					
DENSIDAD DE SUELO SECO (gr/cm3)	1.74	1.73	1.70	1.71	1.68

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 02: Densidad seca vs. Contenido de Humedad (Muestra sin polímero)



Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°15: Resumen ensayo Proctor Modificado sin polímero

RESUMEN					
Método :	A	D molde (pulg) :	4"	MDS (gr/cm³) :	1.745
N° Golpes :	25	V molde (cc) :	942.26 - 936.45	OCH (%) :	3.62
N° Capas :	5				

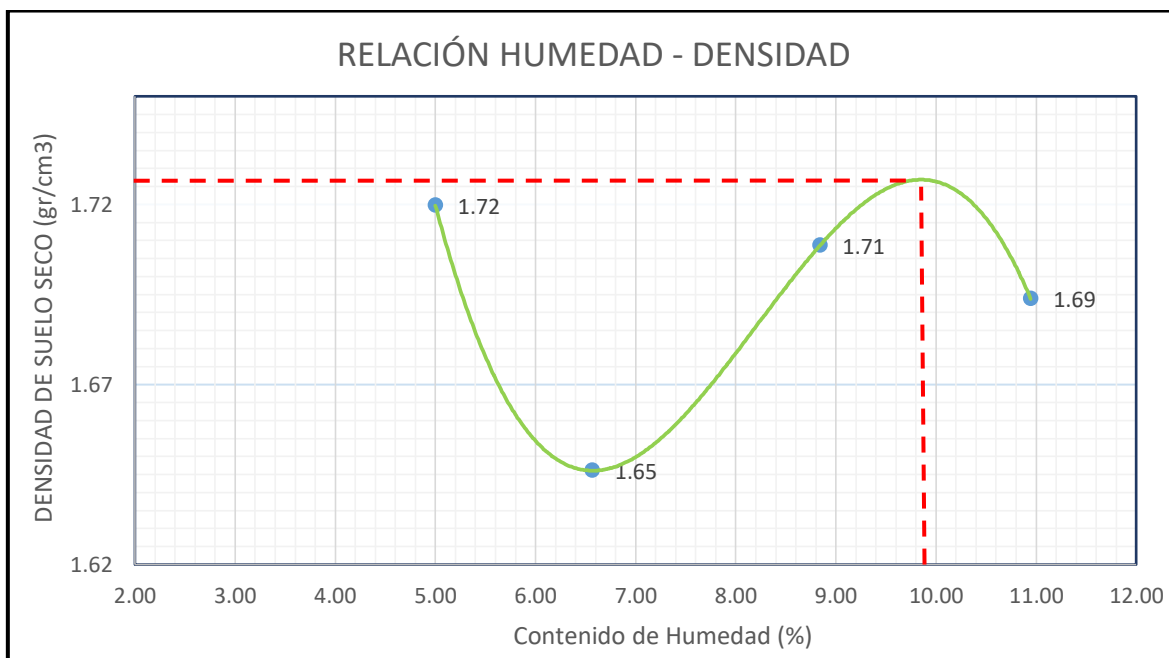
Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°16: Resultados para ensayo Proctor Modificado para muestra con polímero

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO				
FACULTAD DE INGENIERIA				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999)				
TESIS:	"INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"			
ENSAYO:	PROCTOR MODIFICADO CON POLIMERO			
MUESTRA:	SUELO ARENOSO			
LUGAR:	KINSA GEOLABS SAC			
RESPONSABLES:	CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZMÁN SÁNCHEZ Victor Alexander			
DENSIDAD HUMEDA				
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO HÚMEDO COMPACTADO (gr)	3562.8	3503.7	3581.9	3600.3
PESO MOLDE (gr)	1861	1861	1829.2	1829.2
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	942.46	936.45	942.46	942.46
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO (gr/cm3)	1.81	1.75	1.86	1.88
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				
RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO SUELO HÚMEDO + TARA (gr)	152.6	167.7	198	151.3
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	146.4	158.9	185.1	138.8
PESO DE LA TARA (gr)	22.4	24.9	39.2	24.6
PESO SUELO SECO (gr)	124	134	145.9	114.2
PESO DEL AGUA (gr)	6.2	8.8	12.9	12.5
HUMEDAD (%)	5.00	6.57	8.84	10.95
DENSIDAD SECA				
DENSIDAD DE SUELO SECO (gr/cm3)	1.72	1.65	1.71	1.69

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 03: Densidad seca vs. Contenido de Humedad (Muestra con polímero)



Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°17: Resumen ensayo Proctor Modificado con polímero

RESUMEN					
Método :	A	D molde (pulg) :	4"	MDS (gr/cm³) :	1.726
N° Golpes :	25	V molde (cc) :	942.26 - 936.45	OCH (%) :	9.82
N° Capas :	5				

Fuente: Elaboración Propia

vi. Análisis de la Prueba

- Para el ensayo sin polímero, la máxima densidad seca es de 1.745, mientras que el óptimo contenido de humedad es de 3.62%.
- Para el ensayo con polímero, la máxima densidad seca es de 1.726, mientras que el óptimo contenido de humedad es de 9.82%.

VII. CBR (RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA)

i. Equipos y herramientas

- Máquina de carga
- Molde cilíndrico de (Diám=6")
- Disco espaciador
- Apisonador
- Vástago de metal
- Pesas
- Pistón de penetración
- Dial de deformación
- Depósitos
- Balanza
- Tamices
- Papel Filtro
- Tina llena de agua
- Horno de secado
- Guantes

ii. Procedimiento

- La muestra y los especímenes se prepararon con los procedimientos dados en la norma NTP 339.141. Se secaron en total unos 40 kilos. De los cuales 20 kg fueron para el ensayo CBR sin polímero y los otros 20 kilos fueron para el ensayo CBR con polímero.

FIGURA N° 32: Secado de la muestra en horno



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 33: Peso de los moldes cilíndricos de 6" con base



Fuente: Elaboración propia

- Se armó el equipo de compactación (base, molde, collarín y ajuste de tornillos), el cual se apoyó en una superficie firme sin deformaciones ni pendientes.

FIGURA N° 34: Armado del equipo de compactación



Fuente: Elaboración propia

- Se introdujo el disco espaciador en la placa base y se colocó el papel filtro sobre la parte superior del disco, con la finalidad que el suelo no se adhiriera al disco durante el ensayo de compactación.

FIGURA N° 35: Colocado del papel filtro para evitar adherencia con el disco espaciador



Fuente: Elaboración propia

- Se tamizo el polímero con la malla #30 para obtener un polvo sin impurezas ni retazos de sandalia.

FIGURA N° 36: Polvo EVA obtenido por tamizado con la malla #30



Fuente: Elaboración propia

- Se realizó dos veces el ensayo CBR: el primero para la muestra sin polímero y la otra para la muestra con polímero. Se mezcló el suelo con agua – suelo con agua y polímero. La cantidad de agua a utilizar se determinó mediante el ensayo proctor, donde se determinó el óptimo contenido de humedad a utilizar.

FIGURA N° 37: Mezcla del suelo con agua



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 38: Mezclado de suelo, agua y polímero EVA en polvo



Fuente: Elaboración propia

- Una vez mezclado, se dividió la muestra de material (4500 gr), obtenida con el paso anterior, en 5 partes para adicionarlo al molde en diferentes capas tanto para la muestra sin polímero/con polímero.

FIGURA N° 39: División de la muestra en partes



Fuente: Elaboración propia

- Se compactó la muestra con 10, 25 y 56 golpes.

FIGURA N° 40: Proceso de compactación de muestra



Fuente: Elaboración propia

- Luego se retiró el collarín y se enrasó la muestra al mismo nivel de la parte superior del molde por medio de una regla. Resanar con poco material algunos agujeros que pueden haberse desarrollado en la superficie al enrasar.
- Se retiró el collarín y se pesó (placa base, molde muestra, collarín).

FIGURA N° 41: Registro de peso de los de los moldes



Fuente: Elaboración propia

- Se extrajo el disco espaciador y se dio la vuelta al molde. Cuando se invirtió el molde se colocó encima del espécimen compactado la placa base de metal (la cual tiene aproximadamente 28 huecos). Además, se colocaron las pesas metálicas anulares y ranuradas.

FIGURA N° 42: Extracción del disco espaciador del molde de compactación



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 43: Colocación de la placa perforada con el vástago y las pesas



Fuente: Elaboración propia

- Se calibro el deformímetro y se colocó con un trípode encima del collarín del molde.

FIGURA N° 44: Colocación del deformímetro



Fuente: Elaboración propia

- Se sumergió la muestra en un recipiente con agua hasta que el molde quede totalmente cubierto de agua.

FIGURA N° 45: Sumergido de los moldes de CBR



Fuente: Elaboración propia

- Se dejó drenar el agua inclinando la muestra a unos 45° durante 15 min.

iii. Registro de datos

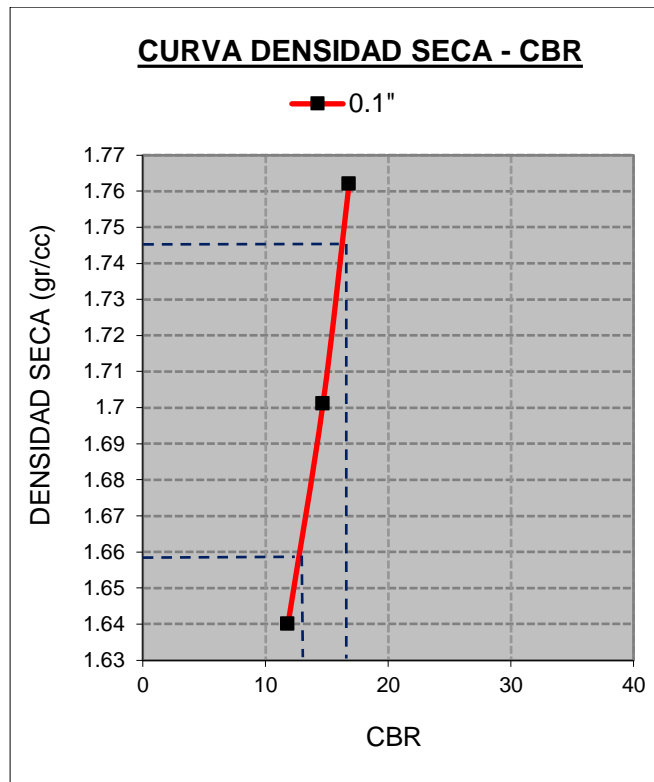
TABLA N°18: Datos y resultados del ensayo CBR del estrato arenoso sin polímero

COMPACTACION	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/N° Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	10850	10995	10793	10979	10675	10860
Peso del Molde (g.)	7063	7063	7077	7077	7063	7063
Peso de la Muestra húmeda	3787	3932	3716	3902	3612	3797
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2124	2124	2124	2124	2124	2124
Densidad húmeda (g./cm³)	1.783	1.851	1.750	1.837	1.701	1.788
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	498.5	465.3	478.4	489.6	492.7	467.3
Muestra seca + Tara (g.)	485.7	449.3	466.2	472	479.9	450.5
Peso del Agua (g.)	12.8	16	12.2	17.6	12.8	16.8
Peso de la Tara (g.)	130.1	131.9	132	130	131.9	130
Muestra Seca (g.)	355.6	317.4	334.2	342	348	320.5
Contenido de Humedad (%)	3.60	5.04	3.65	5.15	3.68	5.24
DENSIDAD SECA (g./cm³)	1.721	1.762	1.688	1.747	1.640	1.699

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	0.64	0.025	40.3	2.1	37.3	1.93	27.9	1.44
	1.27	0.05	95.1	4.9	82.6	4.27	43.9	2.27
	1.91	0.075	180.0	9.3	147.6	7.63	127.1	6.57
	2.54	0.1	259.0	13.4	221.6	11.46	169.3	8.75
	3.81	0.15	280.1	14.5	267.5	13.83	210.4	10.88
	5.08	0.2	348.8	18	338.6	17.5	272.9	14.11
	6.35	0.25	456.2	23.6	416.0	21.50	312.5	16.16
	7.62	0.3	515.8	26.7	456.9	23.61	352.6	18.22
	12.7	0.5	585.7	30.3	498.2	25.76	393.0	20.31
EXPANSION	NO EXPANSIVO							

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 04: Ensayo CBR del estrato arenoso sin polímero



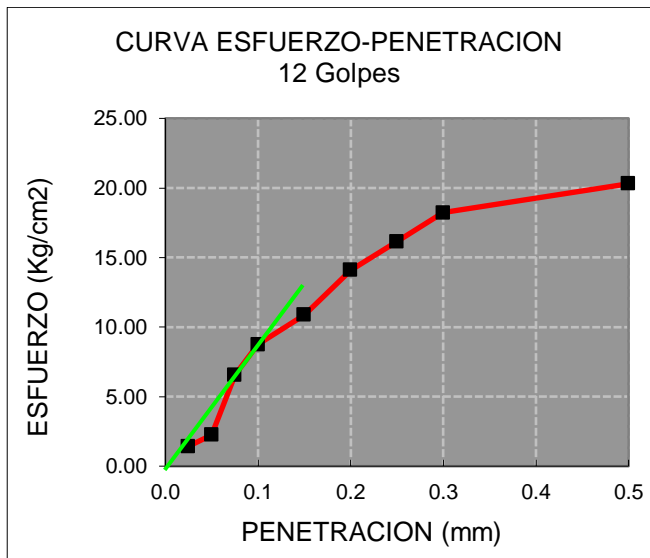
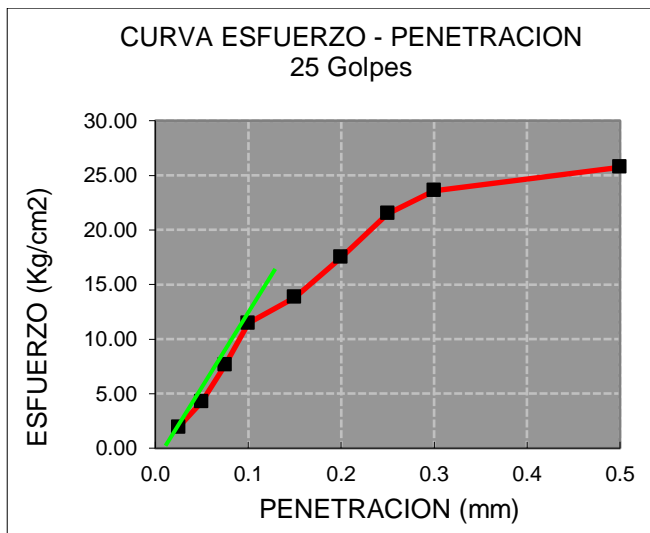
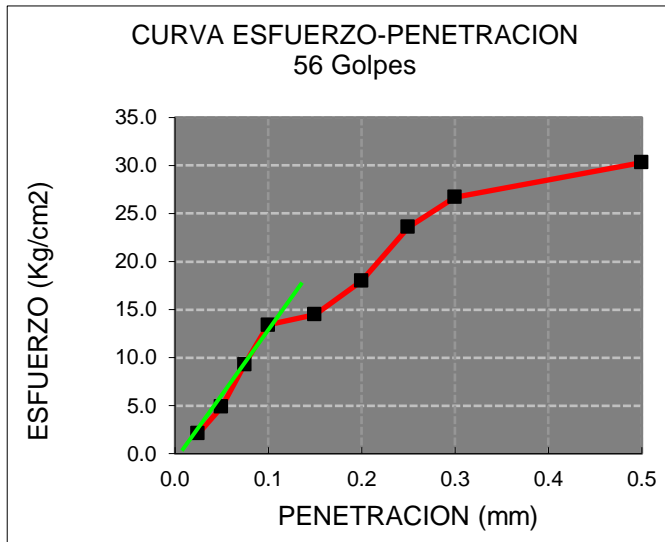
Fuente: Elaboración Propia

N° GOLPES		56.00	25	12
CBR (%)	2.54mm(0.1")	16.81	14.68	11.83

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA MAXIMA	1.745 (g/cm3)
HUMEDAD ÓPTIMA	3.62 (%)
95% DSM	1.658 (g/cm3)

RESULTADOS DEL ENSAYO C,B.R	
PENETRACION	0.1"
VALOR CBR AL 100% DSM	17(%)
VALOR CBR AL 95% DSM	13(%)

CUADRO PARA CURVA	
DENSIDAD	CBR
1.762	16.81
1.701	14.68
1.64	11.83



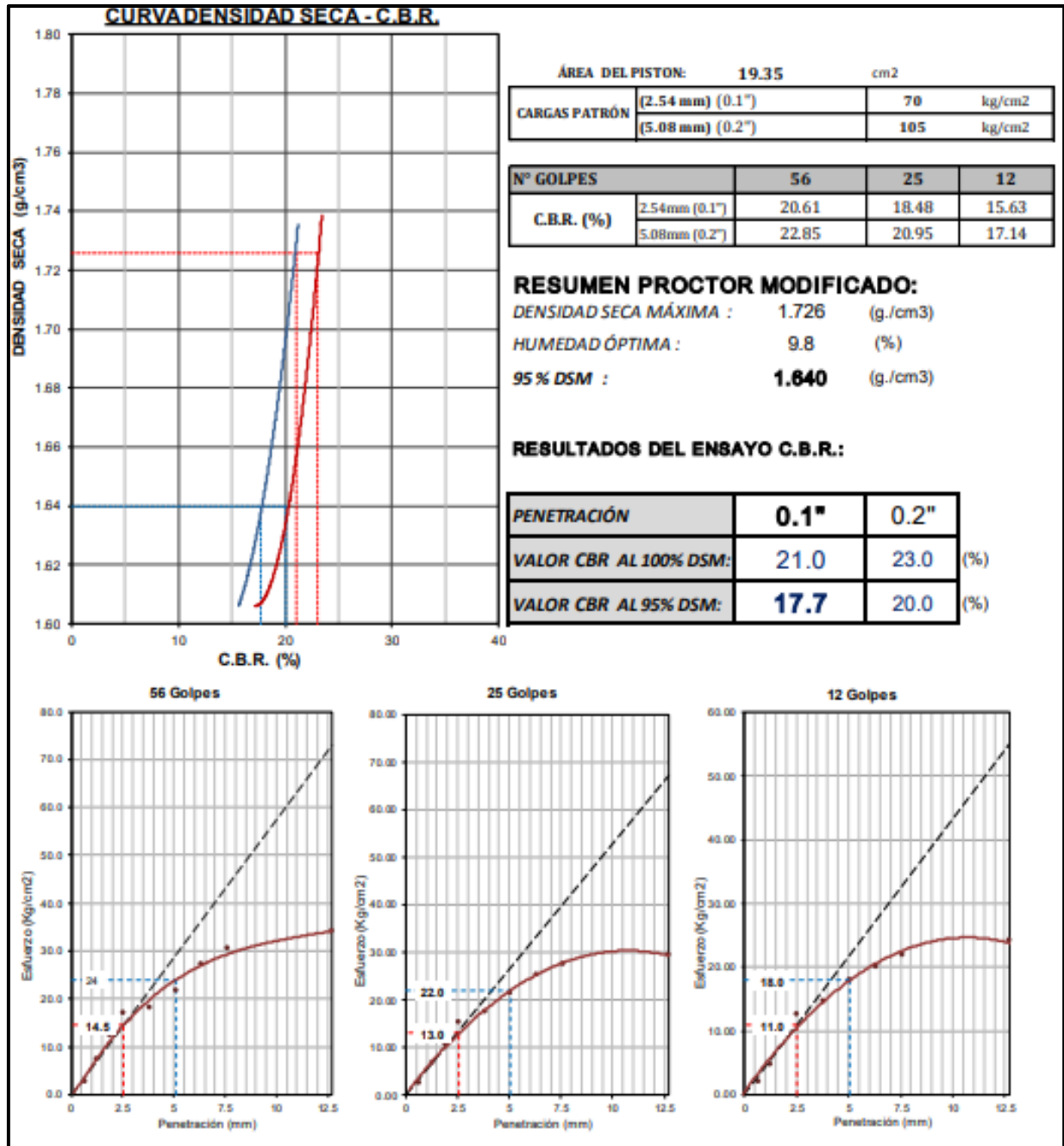
Fuente: Elaboración Propia

TABLA N°19: Datos y resultados del ensayo CBR del estrato arenoso + 3% de polímero EVA reciclado

COMPACTACIÓN		MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3		
CONDICIÓN		SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	
Número de Capas/N° Golpes		5/56		5/25		5/12		
Muestra húmeda + Molde (g.)		12581.0	12693.5	12391.0	12545.0	12302.0	12456.0	
Peso del Molde (g.)		8611.3	8611.3	8540.6	8540.6	8562.7	8562.7	
Peso de la Muestra húmeda (g.)		3969.7	4082.2	3850.4	4004.4	3739.3	3893.3	
Volumen de la Muestra (cm ³)		2109.2	2110.2	2120.0	2121.0	2121.0	2122.0	
Densidad húmeda (g/cm ³)		1.882	1.935	1.816	1.888	1.763	1.835	
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)								
Tara N°		5	6	8	4	2	1	
Muestra húmeda + Tara (g.)		514.50	455.90	458.30	469.00	491.40	457.10	
Muestra seca + Tara (g.)		480.30	423.20	429.20	433.50	459.10	422.60	
Peso del Agua (g.)		34.20	32.70	29.10	35.50	32.30	34.50	
Peso de la Tara (g.)		130.10	131.90	132.00	128.60	128.80	130.00	
Muestra Seca (g.)		350.20	291.30	297.20	304.90	330.30	292.60	
Contenido de Humedad (%)		9.77	11.23	9.79	11.64	9.78	11.79	
DENSIDAD SECA (g/cm ³)		1.715	1.739	1.654	1.691	1.606	1.641	
EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	Fecha	Tie m p o	Le c t u r a	Hin c h a m.	Le c t u r a	Hin c h a m.	Le c t u r a	Hin c h a m.
		(h o r a s)	d i a l	(mm)	d i a l	(mm)	d i a l	(mm)
					NO EXPANSIVO			
ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	0.64	0.025	53.7	2.8	50.9	2.63	41.4	2.14
	1.27	0.050	141.6	7.3	129.0	6.67	90.3	4.67
	1.91	0.075	240.0	12.4	207.6	10.73	187.0	9.67
	2.54	0.100	332.4	17.2	295.2	15.26	242.8	12.55
	3.81	0.150	353.5	18.3	341.0	17.63	283.9	14.68
	5.08	0.200	422.4	21.8	412.1	21.30	346.4	17.91
	6.35	0.250	529.7	27.4	489.5	25.30	386.1	19.96
	7.62	0.300	589.2	30.5	530.3	27.41	426.0	22.02
12.7	0.500	659.0	34.1	571.8	29.56	466.5	24.11	

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 05: Ensayo CBR del estrato arenoso + 3% de polímero EVA



Fuente: Elaboración Propia

IV. PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO ARENOSO

TABLA N°20: Características Físicas y Mecánicas del suelo

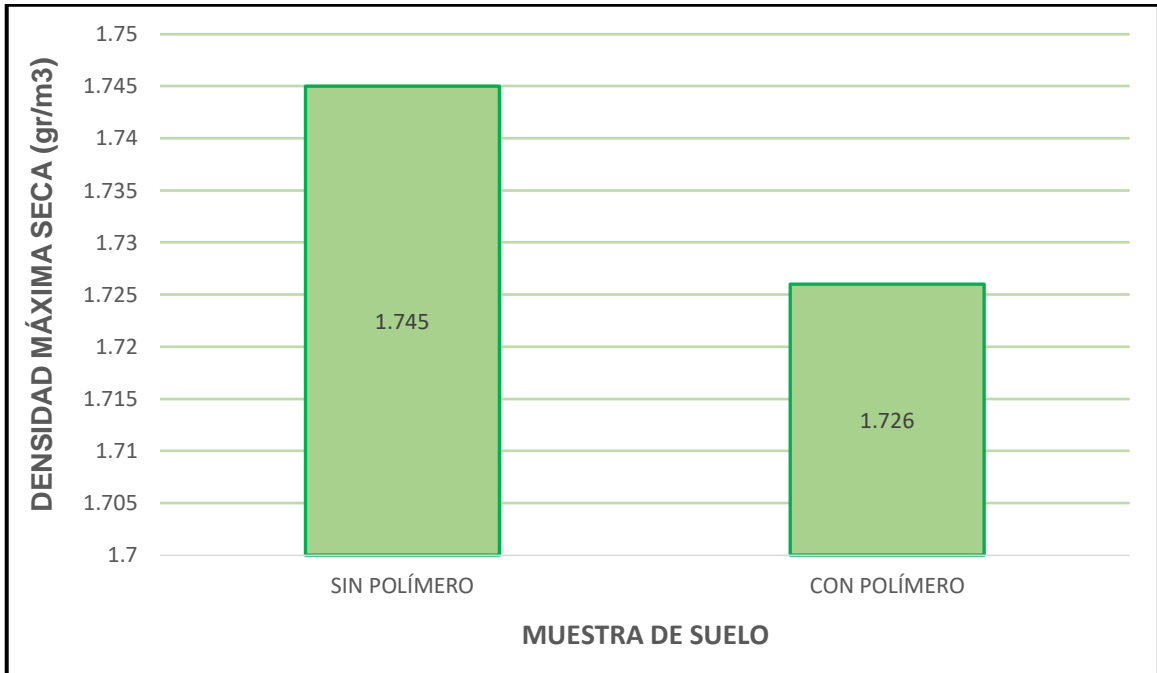
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS – MECÁNICAS	SUELO SIN POLÍMERO	SUELO CON POLÍMERO
LIM. LIQUÍDO	-	-
LIM. PLÁSTICO	-	-
IND. PLÁSTICO	-	-
HUMEDAD NATURAL	0.96 %	0.96 %
M.D.S.	1.745	1.726
O.C.H.	3.62	9.82
CBR AL 95% M.D.S.	13 %	17.7 %
CLASIFICACION SUCS	SP	SP

Fuente: Elaboración propia

Según los ensayos de CBR se logró un aumento de 4.7% en nuestra muestra de suelo. Este suelo tanto en estado natural y estabilizado con polímero se encuentra en la categoría de subrasante buena según la clasificación que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

4.1.2. DENSIDAD MÁXIMA SECA Y OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

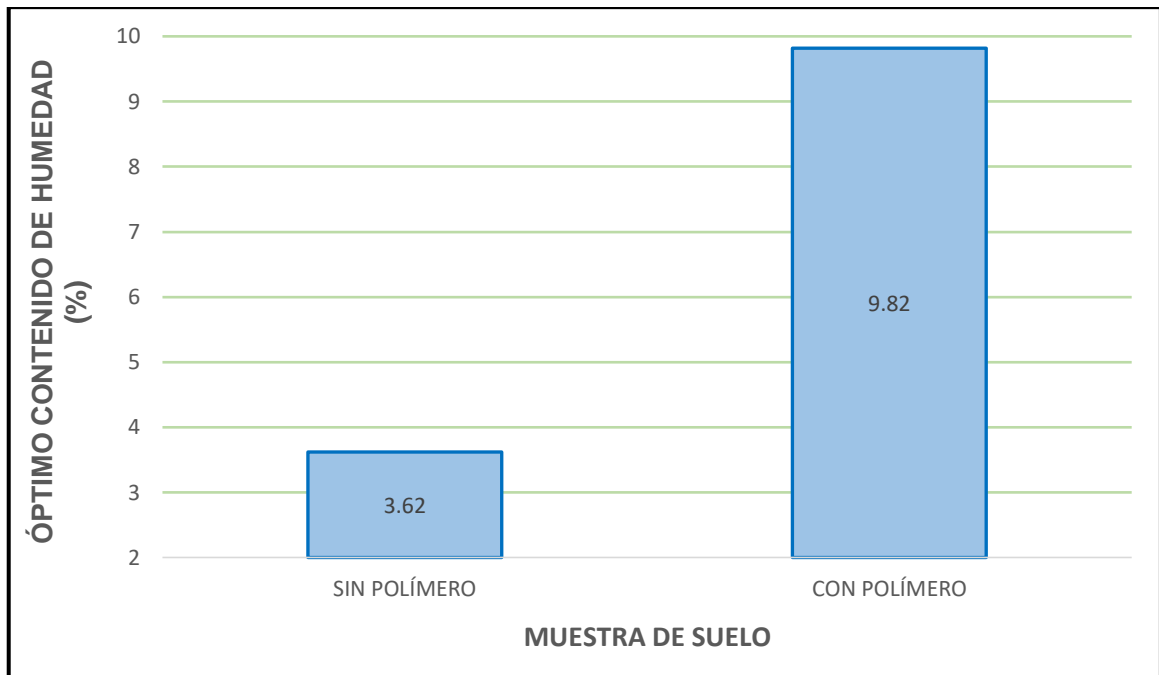
GRÁFICO N° 06: Densidad máxima seca del suelo arenoso



Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar que al adicionar 3% de polímero EVA reciclado, la densidad máxima seca dio un resultado equivalente a 1.726 gr/cm³, esta variación de densidad.

GRÁFICO N° 07: Óptimo contenido de humedad del suelo arenoso



Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar que al adicionar 3% de polímero EVA reciclado, el óptimo contenido de humedad varió de 3.62% a 9.82% lo que significa que el polímero genera cierta plasticidad al suelo.

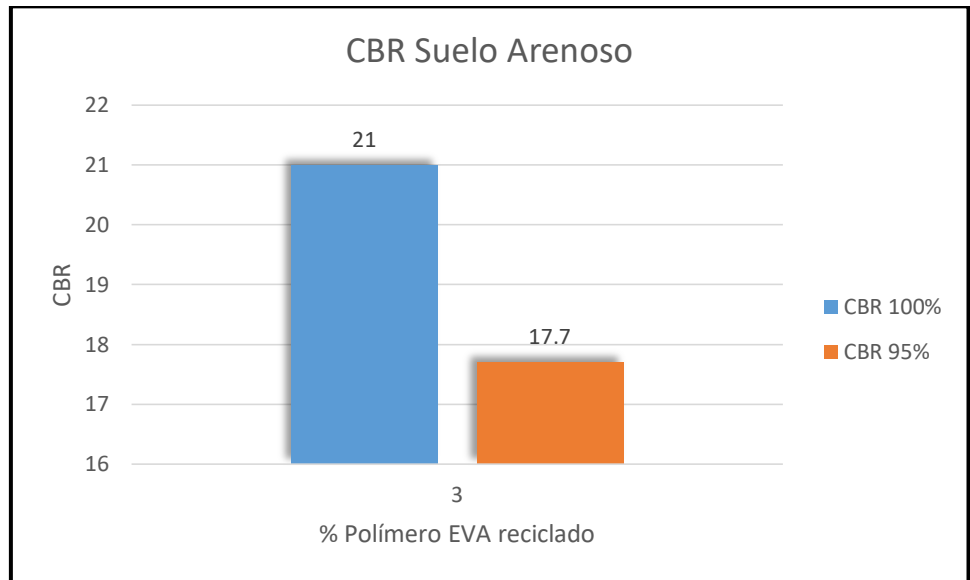
4.1.3. COMPARACIÓN ENTRE LOS VALORES DE CBR DEL SUELO NATURAL CON EL SUELO CON ADICIÓN DE POLÍMERO EVA RECICLADO

TABLA N°21: CBR y máxima densidad seca

SUELO ARENOSO	CBR al 100% DSM	DSM (gr/cm ³)	CBR al 95% DSM	DSM (gr/cm ³)
Natural	15	1.745	13	1.658
3% polímero EVA reciclado	21	1.726	17.7	1.64

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 08: CBR del suelo Arenoso



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 09: CBR máximo del suelo Arenoso.



Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo como mayor valor de CBR del suelo arenoso un equivalente a 17.7, el cual fue obtenido al añadir 3% de polímero EVA reciclado.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **¿La densidad máxima del suelo arenoso natural varia con respecto a la densidad máxima del suelo arenoso con polímero?**

La densidad máxima del suelo arenoso natural arrojó un resultado de 1.745 mientras que la densidad máxima del suelo arenoso con polímero arrojó un resultado de 1.726, de esta manera podemos observar que la variación fue de 0.019 gr/cm³.

- **¿El óptimo contenido de humedad del suelo arenoso natural varia con respecto al óptimo contenido de humedad del suelo arenoso con polímero?**

El óptimo contenido de humedad del suelo arenoso natural fue de 3.62%, sin embargo, el óptimo contenido de humedad del suelo arenoso con polímero fue de 9.82%, esta variación de 6.2% se debe a que de acuerdo a las propiedades físicas del polímero EVA reciclado, éste genera cierta plasticidad al suelo.

- **¿Qué criterio se tomó para determinar el porcentaje de polímero EVA reciclado?**

El porcentaje de polímero EVA reciclado fue tomado de acuerdo a la cantidad de muestra que se usaron para los ensayos de proctor modificado (2.5kg) y de CBR (6.7kg) mientras que para los ensayos de proctor modificado se usó alrededor de 0.075 kg de polímero EVA reciclado, para el ensayo de CBR se usó alrededor de 0.201 kg de polímero EVA reciclado.

- **¿Qué parámetro se consideró para realizar el estudio de investigación en un suelo ARENOSO?**

Se optó por realizar la investigación en un suelo arenoso porque los estudios realizados en este tipo de suelo son limitados ya que en su mayoría el suelo arenoso posee un CBR aceptable, debido a esto se

buscó medir la influencia del polímero EVA reciclado en este tipo de suelos.

- **¿Por qué motivo se optó utilizar el 3% de polímero EVA reciclado respecto a la muestra de suelo arenoso?**

Se optó por utilizar el 3% de polímero EVA reciclado para establecer un antecedente con esta cantidad de polímero y determinar su influencia en el ensayo de CBR, además no se optó por una cantidad mayor ya que debido a sus propiedades físicas del polímero EVA reciclado, a grandes cantidades genera una impermeabilidad que no permite que el suelo arenoso y el agua se mezclen.

CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que con un 3% de polímero sintético EVA reciclado genera un aumento de 4.7% en el CBR del suelo arenoso de Pampas de San Juan.
- ✓ Se determinó que la densidad seca máxima del suelo en estado natural fue de 1.745, mientras que en la muestra estabilizada con polímero fue de 1.726, disminuyendo debido a que el polímero genera una reacción impermeable en el suelo durante el proceso de compactación.
- ✓ Se determinó que el óptimo contenido de humedad del suelo en estado natural fue de 3.62% y en suelo estabilizado con polímero fue de 9.82%, debido a que el polímero genera cierta plasticidad al suelo.
- ✓ Se determinó que el polímero sintético EVA reciclado optimizó las propiedades mecánicas de suelo arenoso de Pampas de San Juan.
- ✓ Se planteó una alternativa ecológica de estabilización química en un suelo arenoso usando el polímero EVA mediante el reciclado de calzado de verano ya que es un producto de uso masivo y de factible obtención en cantidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos de CBR con distintas cantidades de polímero EVA reciclado para obtener el máximo incremento de porcentaje de CBR en un suelo arenoso pobremente graduado.
- Se sugiere realizar proyectos de investigación con el mismo polímero EVA reciclado aplicado a suelos arcillosos ya que son los que comúnmente poseen menos porcentaje de CBR.
- Se recomienda realizar estos estudios de investigación en equipos para ensayos de CBR que presenten mantenimiento y calibración constante en laboratorio certificados.

- Se sugiere realizar investigaciones de estabilización de suelos usando materiales ecológicos y económicos para tener más alternativas de productos estabilizantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS




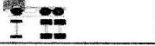
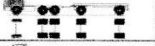

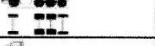










- Braja, M. (2001). Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica. California: Thomson Learning.
- Cavero, J. & Moreno, E. (2017). Estudio de la aplicación de Estabilizante para mejorar la Compactación de la Carretera no Pavimentada Simbal - La Cuesta (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Choque Sánchez, H. (2012). Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de rodadura en carreteras no pavimentadas. (Tesis de pregrado). Universidad de Ingeniería, Lima, Perú.
- Comité Técnico de Normalización (1998). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. (NTP 339.127)
- Comité Técnico de Normalización (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012).
- Comité Técnico de Normalización (1999). Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizado una energía modificada (2,700 kn-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)) (NTP 339.141).
- Comité Técnico de Normalización (1999). Método de ensayo CBR (Relación de soporte de california) de suelos compactados en laboratorio (NTP 339.145).
- Jordán A. (2006). Manual de Edafología de la Universidad de Sevilla. España.
- Juárez, E & Rico, A. (2005). Mecánica de Suelos: Fundamentos de la Mecánica de Suelos (Tomo I). México: Limusa S.A.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). Pautas Metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y

evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Perú.

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC. (2013). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2013. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC. (2014) Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.
- Ramos, G. (2014). Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Ravines, M. (2010). Pruebas con productos enzimáticos como agente estabilizador de suelos para carreteras (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Romero, R, & Sañac, C. (2016): Evaluación comparativa mediante la Capacidad de soporte y Densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para sub rasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco. (Tesis de pregrado) Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.

ANEXOS

CONTEO VEHICULAR

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
		
TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"		
RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel GUZMÁN SÁNCHEZ Víctor Alexander		
LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO CONTEO VEHICULAR		
Hora inicio conteo : <u>10:00 am</u> LUNES Hora termino conteo : <u>11:00 am</u>		
TIPO DE VEHÍCULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal	III I	6
Automovil	III	5
Camionetas de 2 Ejes/4 Liantas	II	2
Combis		-
C2	 1	1
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		19



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Victor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 11:00 am
 Hora termino conteo : 12:00 pm MARTES

TIPO DE VEHÍCULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal	11	2
Automovil	11	3
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas	1	1
Combis		-
C2	1	1
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		7



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Victor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 11:00 am
 Hora termino conteo : 12:00 pm **MIÉRCOLES**

TIPO DE VEHÍCULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal		4
Automovil		4
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas		1
Combis		1
C2		-
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		10



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Víctor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 11:00 am
 Hora termino conteo : 12:00 pm **JUEVES**

TIPO DE VEHÍCULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal	111	3 ✓
Automovil	1111	4 ✓
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas	1	1 ✓
Combis	11	2 ✓
C2		-
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		10



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Victor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 10:00 am
 Hora termino conteo : 11:00 am

VIERNES

TIPO DE VEHICULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal	///	3
Automovil		5
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas		1
Combis		1
C2		1
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		11



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Victor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 11:00 am
 Hora termino conteo : 12:00 pm **SABADO**

TIPO DE VEHÍCULO		CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal			4
Automovil			4
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas			2
Combis			2
C2			1
C2R2			-
C3			-
C3R2			-
C3R3			-
C4			-
C4R3			-
Otros camiones de 6 ejes o más			-
T2-S2			-
T2-S3			-
T2Se2			-
T2Se3			-
T3S2			-
T3S3			-
Otros trailers de 6 ejes o más			-
B2			-
B3-1			-
B4-1			-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS			13



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DEL POLIMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO PERÚ"

RESPONSABLES: CARRANZA ZAVALA Julio Miguel
 GUZMÁN SÁNCHEZ Víctor Alexander

LUGAR: CARRETERA DE ACCESO AL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN
 DISTRITO DE LAREDO - PROVINCIA DE TRUJILLO
 CONTEO VEHICULAR

Hora inicio conteo : 11:00 am
 Hora termino conteo : 12:00 pm DOMINGO.

TIPO DE VEHÍCULO	CONTEO	CANTIDAD
Moto Lineal		3
Automovil		4
Camionetas de 2 Ejes/4 Llantas		2
Combis		1
C2		-
C2R2		-
C3		-
C3R2		-
C3R3		-
C4		-
C4R3		-
Otros camiones de 6 ejes o más		-
T2-S2		-
T2-S3		-
T2Se2		-
T2Se3		-
T3S2		-
T3S3		-
Otros trailers de 6 ejes o más		-
B2		-
B3-1		-
B4-1		-
TOTAL VEHÍCULOS CONTABILIZADOS		10

ENSAYO CBR DE SUELO CON POLÍMERO

GRÁFICAS - C.B.R.

TESIS : * INFLUENCIA DEL POLÍMERO EVA RECICLADO EN EL PORCENTAJE DEL CBR EN LA SUBRASANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO POBLADO PAMPAS DE SAN JUAN - LAREDO - PERÚ*

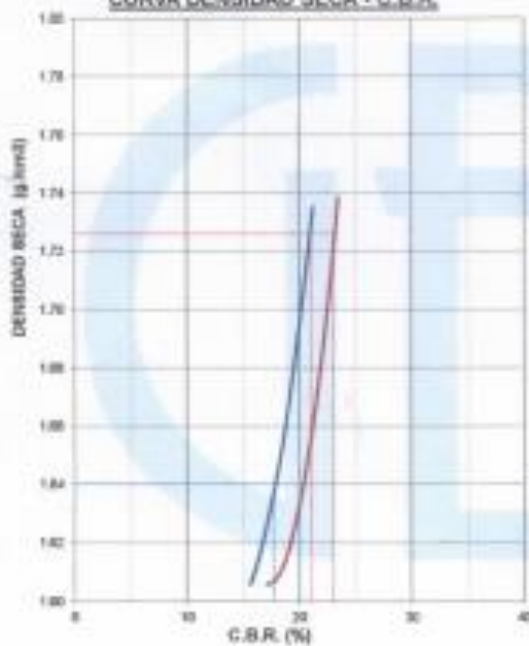
SOLICITANTE : JULIO MIGUEL CARRANZA ZAVALA
VÍCTOR ALEXANDER GUZMÁN SANCHEZ

UBICACIÓN : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD.

FECHA DE ENTREGA : 18 de Enero del 2019.

CALICATA: C-T MUESTRA: ARENA ORSIFORME PROFUNDIDAD: - 2.00 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN: 19.35 cm²

CARGA ESTRÓN		TS	kg/cm ²
(1.34 mm) (0.1")		188	9.7
(2.80 mm) (0.2")		198	10.2

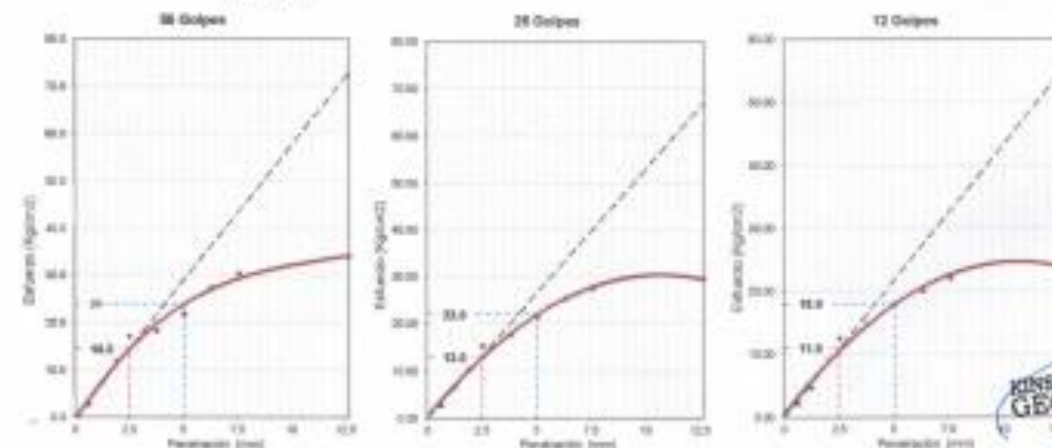
Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	20.61	18.48	15.63
	22.85	20.95	17.14

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.726	(g/cm ³)
HUMEDAD ÓPTIMA	9.8	(%)
95% DSM	1.840	(g/cm ³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM	21.0	23.0 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM	17.7	20.0 (%)



Observación : Muestra tomada e identificada por el Solicitante.
El uso de esta información es exclusivo del solicitante.

KINSA
GEOLABS SAC

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VAS
RES. CIP: 145689

RESOLUCIÓN INDECOP/016074-2018/DSD - KINSA GEOLABS SAC - LABORATORIO DE GEOTECNIA, CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN : 20603169612/MZ. 8 LT.20 AA.HH. CORAZÓN DE JESÚS-LAREDO - TRUJILLO/ URB. SAN ISIDRO I ETAPA CALLE ALUMINIO MZ. 9- LT. 13 (FACTO: RPC_074473899 - MOV. 942517809 / Email: laboratorio_kingro@hotmail.com / javier_jdv@hotmail.com

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

AEN 0-1003

TESIS: "EVALUACION DEL POLÍMERO EVA INCORPORADO EN EL PORCENTAJE DEL CEM EN LA SUBGRANTE PARA LA CARRETERA EN EL CENTRO PUEBLADO PAMPAS DE SAN JOAQUIN - LAREDO - PÉRU"

SOLICITANTE: JULIO MARCELO CARRANZA ZAPALÀ
 WÉTON ALEXANDER DOMÍNGUEZ SANCHEZ

DIRECCIÓN: LAREDO - PUEBLADO - LA CAJONADAS

FECHA DE ENTREGA: 18 de Enero del 2019

CALCETA: C-1 **PROFUNDIDAD:** 1.00m
RESISTENCIA: 4000 kg/cm² **Substrato (kg/cm²):** 4730

CONDICIÓN	MÉDIA 1		MÉDIA 2		MÉDIA 3	
Número de Cajas/Nº Suces	S/V		S/O		S/O	
Muestra Húmeda + Molde (g)	1208.0	1209.0	1207.0	1206.0	1200.7	1206.0
Peso del Molde (g)	861.0	861.0	860.0	860.0	860.7	860.7
Peso de la muestra húmeda (g)	346.7	348.0	347.0	346.0	339.0	345.3
Volumen de la muestra (cm ³)	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.734	1.740	1.735	1.730	1.695	1.727

CONTENIDO DE HUMEDAD (MÉDIA S/V)						
Tasa H ²	1	2	3	4	5	6
Muestra Húmeda + Tara (g)	515.00	491.40	493.00	491.00	494.40	497.10
Muestra seca + Tara (g)	480.00	453.30	454.20	450.30	456.10	452.90
Peso del Agua (g)	34.20	38.10	38.80	40.70	38.30	44.20
Peso de la Tara (g)	130.20	125.90	130.20	128.80	128.80	130.90
Muestra seca (g)	350.00	327.40	324.00	321.50	327.30	322.00
Contenido de humedad (%)	9.77	11.34	9.79	12.66	9.56	13.73
DENSIDAD SICA (g/cm ³)	1.734	1.739	1.734	1.731	1.706	1.732

EXPANSIÓN	MÉDIA 1		MÉDIA 2		MÉDIA 3	
	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida
NO EXPANSIVO						

ANILLO CARRO - RESULTADOS	Espesor (cm)	S/kg	Muestra N° 01		Muestra N° 02		Muestra N° 03	
			Carga (kg)	Ag/cm ²	Carga (kg)	Ag/cm ²	Carga (kg)	Ag/cm ²
	0.94	0.823	30.7	2.8	30.9	2.63	31.0	2.15
	1.27	0.838	160.8	7.3	129.8	6.67	90.0	4.07
	1.51	0.875	249.8	12.4	207.8	10.75	107.8	5.07
	1.74	0.909	310.8	17.5	288.7	15.26	340.8	11.00
	1.91	0.919	410.3	26.2	391.8	21.63	200.9	14.68
	2.06	0.909	410.8	25.8	412.2	31.00	446.9	21.90
	2.20	0.914	510.7	37.4	404.3	43.00	386.1	29.96
	2.42	0.909	500.2	50.3	508.3	57.81	610.0	41.00
	2.71	0.909	679.8	84.1	571.8	79.56	499.5	54.11

KINSA
GEO LABS SAC
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 800. Cor. 114009

NORMAS TECNICAS PERUANAS

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.127
1998

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

1998-11-25
1ª Edición

R 0067-98/INDECOPI-CRT Publicada el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.145
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De la Prensa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

indecopi

Norma Técnica
Peruana

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.141
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

**SUELOS. Método de ensayo para la compactación del
suelo en laboratorio utilizando una energía modificada
(2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))**

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-
lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

**1999-12-29
1ª Edición**

R.0086-99/INDECOPI-CRT, Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 30 páginas

I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Suelos, métodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada

PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCTORES E COMERCIO: CAJAMUNDO CORREA S.A. SUCURSAL PERÚ

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 400.012
2001**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global**

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

**2001-05-31
2ª Edición**

R.0071-2001/INDECOPI-CRT Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

FOTOS PANORÁMICAS DEL TRAMO DE ACCESO AL CENTRO POBLADO DE PAMPAS DE SAN JUAN



FOTOS PANORÁMICAS DEL TRAMO DE ACCESO AL CENTRO POBLADO DE PAMPAS DE SAN JUAN

