



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del Polímero Polycom, en la Av. Unión de Manchay. Lima -2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

MARTINEZ MACHADO, Marco Miguel

<https://orcid.org/0000-0002-2294-4948>

ASESOR:

Mg. Ing. BENITEZ ZUÑIGA, José Luis

<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, a mi madre Carmen Machado que me apoyo en todo momento, de igual manera a mi padre Desiderio Martínez y hermanos Edith y Ángel, gracias por todo el apoyo que me brindaron durante estos años para lograr exitosamente todo lo proyectado en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue elaborado con dedicación y mucho empeño a lo largo del proceso de investigación y el desarrollo, agradecimientos en especial al Ing. José Luis Benites Zúñiga por las clases, por todas las fechas que nos dio su punto de vista de igual manera a los ingenieros de la Escuela de Ingeniería Civil UCV, por su amabilidad y apoyo en diferentes circunstancias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE GRAFICOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	33
3.1. Tipo y Diseño de Investigación Diseño de Investigación	33
3.2. Operacionalización de variables	34
3.3. Población, Muestra y Muestreo	35
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.5. Procedimiento	38
3.6. Método de Análisis de Datos	38
3.7. Aspectos Éticos	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIÓN	58
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	
ANEXOS.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Índice de Tablas	pág.
Tabla 1: Categorías de la subrasante	25
Tabla 2: Métodos para mejorar los suelos	26
Tabla 3: CBR (QUISPE, E. (2019))	50
Tabla 4: CBR + 1% de Fibras PET	50
Tabla 5: CBR + 2% de Fibras PET	51
Tabla 6: CBR + 3% de Fibras PET	51
Tabla 7: CBR + 4% de Fibras PET	51
Tabla 8: CBR + 5% de Fibras PET	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de Figuras	pág.
Figura 1: Construcción de una calicata	1
Figura 2: Polímero: Familia, propiedades y obtención.....	18
Figura 3: Presentación del producto Polycom	19
Figura 4: Penetrómetro de ultrasonido	28
Figura 5: Equipamiento de Laboratorio para Ensayo CBR.....	31
Figura 6. Equipo de prueba de ensayo de Proctor e estándar Molde y Pistón.....	32
Figura 7. Ubicación de la Región de Lima (Perú)	39
Figura 8. Departamento de Lima y Provincias limitantes.....	40
Figura 9. Distritos de Lima Metropolitana	40
Figura 10. Ubicación de la Zona de Estudio	41
Figura 11. Ubicación de la Zona vista satelital	42
Figura 12. Trayecto de la universidad cesar vallejo a nuestra zona de estudio....	43
Figura 13. Tabla de los climas de Pachacutec mes a mes.....	43
Figura 14. PET vs CBR y Expansión	53
Figura 15. Granulometria VS CBR y Expansión al 2% de PET	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Índice de Graficos	pág.
Gráfico 1: Análisis granulométrico de la calicata.....	44
Grafico 2: Análisis granulométrico 1.....	45
Grafico 3: análisis granulométrico 2.....	46
Grafico 4: Limites de Atterberg calica 1.....	46
Grafico 5: Limites de Atterberg de la calicata 2.....	47
Grafico 6: Limites de Atterberg 1 VS 2.....	47
Grafico 7: Proctor Modificado 1.....	48
Grafico 8: Proctoc Modificado 2.....	49
Grafico 9: Proctor Modificado 1 vs 2.....	49
Grafico 10: CBR vs Expansión.....	52

RESUMEN

Este proyecto de investigación se titula: “Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycom”, y el objetivo principal fue: Determinar en qué manera el polímero polycom mejora la subrasante tomando en cuenta las teorías relacionadas al tema, así como las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo y aplicando los porcentajes del 1%, 2% y 4% del aditivo mencionado.

Esta investigación es no experimental con el método de Observación directa debido a que se comparó los resultados de dos tesis donde ambos autores le agregaron al suelo aditivo PET con distintos porcentajes para ver la mejoría.

Para las discusiones se compararon las hipótesis de esta investigación con la de otros autores, y se llegó a la conclusión que al incorporar fibras PET mejora la subrasante del suelo según el tipo de la propiedad física que presente el suelo, al incorporar este aditivo se incrementará el valor de CBR y reducirá la expansión natural del suelo logrando obtener CBR pobres o bajos, mejorándolos a CBR intermedios o Altos y disminuir la expansión del suelo según el porcentaje de PET agregado.

Palabras claves: Suelos, PET, Subrasante

ABSTRACT

This research project is entitled: "Improvement of the subgrade through the addition of Polycom polymer", and the main objective was: To determine how the polycom polymer improves the subgrade, taking into account the theories related to the subject, as well as the physical, chemical and mechanical properties of the soil and applying the percentages of 1%, 2 % and 4% of the mentioned additive.

This investigation is non-experimental with the direct observation method because the results of two theses were compared where both authors added PET additive to the soil with different percentages to see the improvement.

For the discussions, the hypotheses of this research were compared with that of other authors, and it was concluded that incorporating PET fibers improves the subgrade of the soil according to the type of physical property that the soil presents, incorporating this additive will increase the value of CBR and will reduce the natural expansion of the soil, achieving poor or low CBR, improving them to intermediate or high CBR and reducing the expansion of the soil according to the percentage of added PET

Keywords: Soils, PET, Subgrade

I. INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, la infraestructura vial, ya sea a nivel de medios rurales o poblaciones urbanas, debido a que el desarrollo socio-económico de poblaciones requiere vías de comunicación terrestre suficientemente buenas que permitan intercambios comerciales y traigan beneficio de competitividad, promocionando así el turismo, y permitan la relación entre centros poblados y también permitan intercambiar bienes y servicios.

Ya desde la antigüedad se utilizaban estabilizadores naturales como la cal para aumentar la capacidad para soportar que tienen los suelos pero con el paso del tiempo y el surgimiento del automóvil, el pavimento debió ser reforzado, como es el caso de Ámsterdam que para 1936 tenía vías pavimentadas con adición de plásticos para aumentar su resistencia, las cuales pudieron soportar todo el tráfico pesado de la invasión a Alemania y su posterior retirada en la guerra mundial.

En la actualidad, es imparable el aumento de tráfico y de la carga vehicular, las vías de comunicación a pesar de toda la tecnología existente, no logran cumplir el ciclo de vida para el cual fueron construidas y terminan agrietándose o presentando baches en la capa asfáltica o cavidades de dimensiones peligrosas que atentan con la seguridad del que transita por ellas. Es por esta razón que al necesitar mayor exigencia de los pavimentos, se tienen que utilizar aditivos que proporcionen mejoras sustanciales, como es el caso de los cementos asfálticos modificados con polímeros, ya que los polímeros le brindan características mecánicas y geológicas especiales que prolongan la vida útil del pavimento en servicio, y le permiten cubrir tratamientos imposibles de hacer con los Cementos Asfálticos Convencionales



Figura 1: Construcción de una calicata.

La ciudad de Lima se encuentra del lado de la costa de Perú y como todo ecosistema semidesértico, presenta altas temperaturas, pocas nubes y vientos continuos. Debido a sus suelos arenosos las carreteras presentan poca capacidad de soporte ($CBR < 7\%$) lo cual se hace necesario el mejoramiento de la subrasante para evitar costos muy altos al engrosar el suelo para aumentar el soporte de la vía. Para una mayor efectividad en suelos arenosos, se recomienda usar polímeros que aumente el CBR y por ende, la resistencia al peso producido por la afluencia de vehículos.

Ahora bien, al sureste de Lima se han venido estableciendo concentraciones de viviendas producto de la migración interna ocasionada por la violencia impuesta por la guerrilla que sufrió el país el siglo pasado. Uno de esos asentamientos corresponde a la población de Manchay que tiene la mayor concentración de habitantes de todo el distrito de Pachacamac. Manchay se encuentra en un corredor y/o quebrada formado por cerros de arena y rocas, donde se ubican cientos de viviendas. Actualmente, las poblaciones han crecido en número, distribuyéndose en una superficie de pero no en mejoras sociales ni sanitarias. Las vías de comunicación predominantes, a pesar de que el tráfico vehicular es alto,

se encuentran aún sin pavimentar, contándose con pocas carreteras asfaltadas cercanas, no así sus calles o avenidas.

Es en base a lo anterior, que siendo Manchay una población en crecimiento acelerado en donde aún el transporte se limita a las combis, motos y mototaxis, en donde en un futuro próximo el crecimiento vehicular traerá transporte masivo de toda índole, que la presente tesis de investigación propone realizar un estudio en el tramo mencionado de la Av. Unión. En concreto, el estudio se realizará obteniendo muestras de la subrasante o calicatas del tramo mencionado, y analizados a través de ensayos de CBR para establecer si existen mejoras en sus propiedades al agregarle un polímero llamado Polycom, muy usado en la estabilización, mantenimiento, conservación y construcción de pistas, caminos, carreteras o donde se necesite fortalecer la estructura del suelo.

Problema general

¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom a la subrasante?

Problemas Especificos:

¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la humedad de la subrasante?

¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la máxima densidad seca?

¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la resistencia de la subrasante?

¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la Expansión de la subrasante?

Justificacion Metodologica: con este trabajo se pretende seguir el camino de investigaciones realizadas en el país, sobre agentes estabilizadores de suelos, que contribuyan a darle más tiempo de vida a los pavimentos mejorando las propiedades físico – mecánicas de suelos con bajo CBR.

Justificacion Económica: utilizar este polímero garantiza una reducción de costo en la producción de pavimento porque reducirá la capa asfáltica, igualmente, reduce los gastos por reparaciones de la capa superior.

Justificación Ambiental: si se reduce el consumo de asfalto, se está utilizando menos productos renovables y contaminando menos el ambiente con los gases que desprende.

Justificación Social: con el análisis de la subrasante en la zona de estudio, se da un paso adelante para las futuras vialidades que se instalen en el sector y que puedan ajustarse a sus necesidades de tránsito.

Hipótesis General

La Adición del Polímero Polycom Mejorará la Subrasante.

Hipótesis Específicas:

El uso de Polycom influye en la humedad de la subrasante

El uso de Polycom influye en la máxima densidad seca de la subrasante

El uso de Polycom influye en la resistencia de la subrasante

El uso de Polycom influye en la expansión de la subrasante .

Objetivo general

Determinar en qué manera el polímero polycom mejora la subrasante de la Av. Unión de Manchay.

Objetivos específicos:

Determinar en qué magnitud influye el polycom en la humedad de la subrasante

Determinar en qué magnitud influye el polycom en la máxima densidad seca de la subrasante

Determinar en qué magnitud influye el polycom en la resistencia de la subrasante.

Determinar en qué magnitud influye el polycom en la expansión de la subrasante

II. MARCO TEÓRICO

Patiño (2017), realizó un trabajo de grado para la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, titulado "**Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado**" cuyo objetivo estaba centrado en diseñar un método de estabilización de suelos añadiendo caucho reciclado y estudiar la influencia del caucho reciclado en las propiedades del CBR y densidad. La investigación fue de tipo experimental en tipos de suelo provenientes de dos cantones diferentes: Cantera La Roca y Cantera Flor de Bastión. Por medio de probetas contentivas de suelo, suelo y caucho a las que luego se les realizaron ensayos físicos-mecánicos para observar las variaciones del suelo siguiendo las normas ASTM para el ensayo de Humedad, Límites de Atterberg, Granulometría, Proctor y CBR. Entre sus conclusiones se tiene: El suelo del Cantón La Roca, contentivo de 55.6% de grava, 30.6% de arena fina y 13.8% de finos, resultó ser muy resistente por lo cual no se consideró mejorar. El otro suelo, cuya composición granulométrica era de 9.3 de grava, 12.5% de arena fina y 78.3% de finos, presentó una resistencia muy baja, que fue mejorando en un 123% al añadirle el caucho, el peso específico de la mezcla fue bajando debido al bajo peso del caucho y el porcentaje de absorción resultó beneficioso con el 3%, ya que es una capacidad baja que no altera al ensayo y permite apreciar las ventajas de mezcla en un material que realmente necesite aumentar su resistencia. Recomienda que el caucho a ser usado debe ser procesado para eliminar sus impurezas y así no afectar su resistencia. Igualmente recomienda que se realicen más ensayos de pista de prueba y ensayos de placa, las cuales puedan corroborar los resultados o logren mejorarlos.

Gavilanes (2015), realizó un trabajo para obtener el grado de ingeniero civil en la Universidad Internacional de Ecuador, el cual se denominó "**Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante mediante Cal y Cemento para una obra Vial en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur**". Su objetivo principal fue analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo estabilizado en Santos Pamba, en Colinas del Sur empleando diferentes porcentajes de mezcla de cal y cemento, para aminorar la plasticidad del material de la subrasante. Para el estudio en los suelos de la obra vial del sector Santos Pamba se realizaron dos (2) calicatas por medio de una investigación de tipo aplicada y de diseño

experimental, en una población incluyendo el suelo de la obra y muestra que fue el estrato que conforma el suelo. De sus conclusiones se tiene lo siguiente: Luego de pasar la tierra por diferentes tamices, se clasificó la subrasante como tierra compuesta de limos arenosos con pómez y su color café claro, por lo tanto, al añadirle cemento el índice de plasticidad disminuye. De acuerdo a su composición y a las normas de estabilización y los ensayos realizados, se recomendó optimizar este tipo de suelo con cemento para disminuir el espesor de la estructura de rodadura ya sea hormigón rígido o asfalto. Igualmente, con la mezcla de cal y cemento, se incrementó el límite de elasticidad y el límite Líquido se minimice. Por lo tanto el autor recomienda seguir investigando la estabilización de los suelos pero utilizando diferentes porcentajes de conglomerado e incentivar la inversión económica e instituciones municipales relacionadas, a fomentar un banco de datos con las propiedades resultantes al añadir diferentes tipos de estabilizadores.

Del mismo modo, **Aguilar y Borda** (2015) realizaron un estudio para la Universidad de Santo Tomás de Bogotá, denominado ***“Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos”***, en donde a través de un estudio documental recopilaron información sobre varios trabajos de estabilización de suelos, en base a polímeros naturales, sintéticos y semisintéticos, realizados en diferentes partes del mundo. Dentro del contenido se pueden observar las propiedades de los diferentes tipos de suelo que se deben tener en cuenta para ser estabilizados como son: la estabilidad volumétrica, la resistencia (vibroflotación, recarga y drenaje), permeabilidad, compresibilidad y durabilidad; y el polímero que se debe utilizar para mejorar el tipo de deficiencia, indicando las propiedades físico – mecánicas que adquiere el nuevo compuesto de suelo con el añadido. Igualmente hacen un listado de las normas técnicas que rigen el uso de cada uno de los polímeros, así como las diferentes técnicas de estabilización usada, química, mecánica y con sales. En sus conclusiones detalla las mejoras realizadas en los países de acuerdo a su suelo, como: la adicción de cal en los suelos de Colombia para mejorar el cambio volumétrico causado por las abundantes lluvias; el uso de polímeros a través de nano compuestos utilizados en Egipto para suelos arcillosos que disminuye el límite líquido y plástico. Por último los autores recomiendan realizar todos los ensayos de laboratorio necesarios como dureza,

granulometría, resistencia, entre otras, para tener un criterio y comparar que tanto se necesita modificar las características del material, porque no todos los polímeros reaccionan igual en diferentes tipos de suelo. Igual plantean realizar futuras investigaciones sobre biopolímeros y nano compuestos, para la mejora de suelos arcillosos.

En primer lugar se cita el trabajo realizado por **Díaz y Torres (2019)** para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Jaén, denominado ***“Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos”***. El objetivo principal de este trabajo de investigación fue determinar cuánto podrían mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, como densidad o el valor de soporte, con la incorporación de partículas de caucho de neumáticos en diferentes porcentajes (1%, 3%, 5%, 7% y 9%). El diseño de investigación fue de tipo experimental. La muestra se obtuvo de una calle del centro poblado San Agustín, distrito Bellavista, provincia de Jaén, región Cajamarca. Los estudios realizados a la muestra en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto “Magma”, determinaron que era un suelo de arcilla inorgánica de plasticidad elevada según clasificación SUCS, con una humedad promedio 24.75% , un índice de plasticidad mayor de 20% , Máxima Densidad Seca MDS 1551 gr/cm³, Óptimo Contenido de Humedad OCH de 25.71% y una Capacidad de Soporte del suelo CBR a 0.1” de penetración de 2.94% que categoriza a la muestra de control, o sea, sin polímero, como subrasante inadecuada. Luego, para las mezclas con el 1% de caucho añadido obtuvo un CBR de 3.85%, con el 3%, un CBR de 5.15%, con el 5% un CBR de 4.97% y al ir aumentando las partículas de caucho en 7% y 9%, el CBR disminuyó en 4.88% y 2.92% respectivamente. Para el soporte de suelo, concluye que el 3% es el porcentaje de caucho añadido que le da más fuerza de soporte al suelo. Del mismo modo, luego de otras pruebas, se determinó que el 3% le proporcionaba un 30% de OCH, una MDS de 1.505 gr/cm³. De sus resultados concluye que aunque en los porcentajes de incorporación de caucho de 1%, 3%, 5% y 7%, el CBR aumentó con respecto a la muestra de control, el porcentaje de 3% fue el más alto con un máximo de 6.82% y un mínimo de 5.15%. Con muestras de 9%, el CBR no

incrementa. Por lo tanto recomienda para la estabilización de suelos de baja plasticidad, usar el caucho en proporciones de 3% a 5%.

Seguidamente se cita el trabajo realizado por **Calle y Arce (2018)** para optar al título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, denominado "**Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un Pavimento Convencional**". Su objetivo principal estuvo centrado en demostrar el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo de la subrasante del puente Añashuayco para ser usado como base, mediante el uso de un polímero acrílico. En primer lugar realizó el análisis granulométrico para determinar el tipo de suelo que resultó ser Arena limosa al 1" sin índice de plasticidad, considerado como suelo bueno. Seguidamente se preparó el suelo de la base con una mezcla del suelo natural y un porcentaje de 15% de piedra de $\frac{3}{4}$ " y 15% de piedra de $\frac{1}{2}$ ". En la clasificación de suelos SUCS, la base quedó determinada como suelo Grava Limosa Mal Graduada (GP-GM). Para poder lograr la estabilización se hizo uso del polímero en diferentes cantidades en base al contenido de humedad óptimo. Se realizaron diversos ensayos de laboratorio: CBR, Proctor modificado, resistencia a la compresión, entre otros, con el fin de hallar la cantidad óptima de polímero a utilizar. Entre sus conclusiones se demostró el mejoramiento de la subrasante para ser usada como base, encontrándose un aumento de hasta el 110% del valor de CBR con una dosificación de $\frac{1}{2}$ de polímero con respecto al contenido óptimo de humedad. El valor CBR de la subrasante en estudio a medida que aumenta el contenido de polímero presenta una tendencia bilineal, con pendiente mayor desde $\frac{1}{8}$ hasta $\frac{1}{4}$ de polímero y pendiente menor desde $\frac{1}{4}$ hasta $\frac{1}{2}$.

Cuadros, C. (2017), realizó un trabajo para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad Peruana Los Andes denominado "**Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio**". Su objetivo fue conocer de qué manera los diferentes porcentajes de óxido de calcio con la dosificación de diferentes porcentajes, influye sobre un terreno de fundación para un pavimento de la región de Junín. A través del método científico se aplicó una investigación de tipo aplicada de carácter descriptivo,

explicativo y diseño experimental. La población estuvo determinada por la red de vías de Junín y la muestra, en las calicatas del suelo de la vía mencionada. A través del análisis del suelo en el laboratorio se determinó por medio de los ensayos granulométricos y límites de Atterberg, que se trataba de un suelo limo arcilloso según la clasificación SUCS y AASHTO. Posteriormente se realizó en el laboratorio de suelos el Proctor Modificado y California Bearing Rate CBR. De sus conclusiones se obtiene que la estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que con la inclusión del 3% de óxido de calcio se redujo el índice plástico del suelo de 19.07% a 4.16%, así mismo incremento su resistencia de un 4.84% a un 15.65%. Igualmente, en lo económico, demostró que entre el costo empleando el óxido de calcio para mejorar el suelo y el procedimiento de mezclas de suelos, es mucho menor de hasta 44.41% de reducción de gasto usando el primero.

García (2015) desarrollo un trabajo para optar al título de ingeniería civil en la Universidad Privada del Norte, denominado “***Determinación de la resistencia de la sub-rasante incorporando cal en el sector 14 de Mollepampa, Cajamarca***”. El objetivo estuvo centrado en mejorar la capacidad CBR de un suelo limo arcilloso con incorporación de cal estructural en diversas proporciones así como disminuir su plasticidad. La investigación fue experimental, y la muestra obtenida de dos (2) calicatas de 1.50 metros de profundidad aplicadas en los suelos de Mollepampa. El procedimiento utilizado fue similar al anterior, en donde, a través de ensayos granulométricos y del límite de Atterberg, quedo establecido el suelo como tipo limo arcilloso, según SUCS y AASHTO. Posteriormente, se le realizaron ensayos de Límite de Atterberg Proctor modificado y CBR a las muestras base y luego con la añadidura de cal en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% de cal. Los resultados obtenidos fueron: El CBR al 0.1” de penetración del suelo natural fue de 5.2%, con el 2.0% de cal aumentó a 5.3%, con el 4% se obtuvo 6.30%, al 6% arrojó 7.20% y con 8% de cal arrojó un 8.05%. Del mismo modo, con el 0.2” de penetración el CBR del suelo natural fue de 5.40%, con el 2% de cal se obtuvo 5.70%, al 4% se incrementó a 6.60%, con 6% un 7.50%, para 8% de cal un CBR de 8.30%. De sus conclusiones refiere que la cal aumenta progresivamente en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, la resistencia de la subrasante limo arcillosa.

Nesterenko (2018) realizó un Trabajo de Maestría en ingeniería civil para la Universidad de Piura denominado **“Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”** con el objetivo de definir cuál debía ser el procedimiento a seguir a la hora de utilizar el polímero poliácridamida en la estabilización de suelos para pavimentos, de acuerdo a la realidad del Perú, toda vez que no existía un documento que los justificara. Por tal motivo, a través de una investigación documental, enmarcada en muestras de suelo obtenidas de los proyectos ejecutados en las localidades de Chiclayo, Cajamarca, Huánuco, Pasco y Pucallpa realizó un paper que fue expuesto en el I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos y III Congreso IPMA – LATNET, realizado en 2017, al cual le incorporo variables propias de tipos de equipo y rendimiento constructivo. En el paper propuso la utilización del polímero poliácridamida pero de acuerdo a la realidad de los suelos del Perú, toda vez que las únicas referencias de su uso provenían de los trabajos realizados en Australia. Aparte de lograr definir los pasos a seguir para el uso del polímero PAM, logro establecer parámetros con otros trabajos estabilizados con PAM y suelos en estado natural del tipo arena pobremente graduada, arena limosa, arcilla, grava limosa entre otros. De sus conclusiones establece que el uso de polímeros como estabilizadores de suelos mejora las características físico-mecánicas, como queda demostrado con los trabajos realizados en las ciudades de Perú nombradas. Entre sus recomendaciones propone realizar el análisis de la condición estructural de la vía construida en suelos estabilizados para evaluar parámetros como deflexiones máximas y mínimas de la carretera.

Mena (2018) Realizó un trabajo de grado para la Universidad Cesar Vallejo denominado **“Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018”**. Su objetivo principal fue determinar los beneficios estructurales que tiene la incorporación del estabilizador y el sellante con las propiedades de los suelos en el diseño de vías no pavimentadas en la Ca. Morales Bermúdez de la provincia mencionada. El diseño de la investigación fue experimental, de tipo aplicada, en nivel descriptivo y explicativo. La población determinada por todos los caminos vecinales no pavimentados del distrito de Huaral y la muestra el tramo de

la calle Morales- Bermúdez de Huaral. A través de la información y el trabajo de campo, de laboratorio y gabinete, La metodología usada se dividió en dos partes, la primera fue determinar en el laboratorio, las características del terreno natural obtenido a través de una calicata de 1.50 m y del terreno con estabilizante y sellador. La segunda parte fue el análisis de los resultados los cuales indicaron que al estabilizar y sellar se obtuvieron mejoras geotécnicas, mejoras en la rigidez, comprensibilidad, permeabilidad y estabilidad. Con respecto a la mejora de CBR, concluye que la mejor dosificación es la mezcla de 2 litros por m³ en la proporción de AGB 9.6 gr con 394 gr de agua para un CBR de 41.2%, Con respecto al porcentaje de absorción con el uso de estabilizante y sellador se observaron mejoras al aplicar la concentración de 2 y 6 litros, pero por otro lado, no se obtuvieron beneficios a la hora de aplicar estabilizantes con sellador en la resistencia a la comprensión simple del suelo.

Villanueva (2017), realizó un Trabajo de Maestría para la Universidad Ricardo Palma con el nombre de ***“Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica, organosilano y un sulfonatado. Caso: Poncos – Kochayoc, departamento de Ancash.”***. El objetivo general fue determinar a través de estudios de laboratorio, la mejor opción para estabilizar los suelos de la vía de bajo volumen de tránsito en el tramo mencionado, utilizando dosificaciones distintas de poliacrilamida anionica, derivados de organosilano o sulfonatado, tomando en cuenta la composición natural del material de cantera y minimizando los costos. La investigación fue de tipo experimental, de trabajo de campo y experimental. En la investigación se evaluó la propuesta partiendo del conocimiento de materiales de canteras los cuales no cumplen los estándares de calidad que exigen las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. En el laboratorio se hicieron los ensayos para establecer sus características físicas: Granulometría, Consistencia, Contracción y Humedad. Para las características mecánicas se realizaron los ensayos de Proctor modificado y CBR con tres (3) productos químicos; el poliacrilamida o polycom, un derivado de organosilano y sulfonatado, en tres dosificaciones diferentes por cada uno. Concluye que cada muestra de suelo de cantera obtuvo diferentes resultados en los ensayos de

acuerdo al estabilizador usado y aunque todos mejoraron sus propiedades, el uso de poliacrilamida aniónica de 0.02% en peso (4gr/m³) fue la más efectiva aunque no logró alcanzar el CBR exigido por el Documento técnico Soluciones básicas en carreteras no pavimentadas – 2015 (carácter normativo) donde indica el valor de CBR al 100%.

Renjith et al. (2017) realizaron un trabajo de investigación titulado “Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction”, traducido “Estabilización de suelos a base de enzimas para construcción de carreteras no pavimentadas”. Para los autores la estabilización del suelo basada en enzimas es una forma de estabilización química no tradicional que ha sido utilizado con éxito en la construcción de carreteras durante los últimos 30 años, pero a pesar de eso, no existe ningún estándar o herramienta universal que los ingenieros en ejercicio puedan utilizar para evaluar el rendimiento de los caminos estabilizados con aditivos enzimáticos. Este estudio tuvo como objetivo producir una herramienta de evaluación validada que pueda ser utilizada para predecir la ganancia de resistencia en un marco estadístico generalizado, al igual que identificar una enzima adecuada que pueda estabilizar los suelos de grano fino. En primer lugar, se realizaron una serie de pruebas de caracterización en varios tipos de suelo obtenidos en obras en construcción. Habiendo identificado el tipo de suelo adecuado para mezclar con la enzima, el ensayo se ha realizado la construcción de una carretera para investigar la eficiencia de la estabilización de la enzima junto con la secuencia de construcción correcta. La estabilización de la enzima mostró una mejora significativa del rendimiento en carretera, como se puso de manifiesto en los resultados del ensayo que se basaron en los suelos del sitio obtenidos antes y después de la estabilización. La investigación beneficia sustancialmente a la industria de la construcción de carreteras al no solo reemplazar métodos de construcción tradicionales con enfoques económicos / confiables, también elimina las pruebas específicas del sitio requeridas en la práctica actual de la enzima. Se realizó un cuidadoso monitoreo de la humedad y la densidad seca para determinar que la construcción seguía los estándares de construcción esperados. Se observó que la construcción fue capaz de lograr razonables proporciones de humedad, pero no pudo alcanzar el 98% de densidad según lo especificado por el Código de

Vicroads Practica RC 500.20. Sin embargo, las pruebas de CBR realizadas sobre las muestras obtenidas desde la carretera, antes y después de la estabilización mostraron una estabilización significativamente efectiva para aumentar la resistencia del camino desde la estabilización previa hasta la posestabilización (aumento de 69 CBR y 101 CBR respectivamente).

Li (2016) realizó una tesis de Posgrado para la Universidad de Iowa de nombre "Improving performance and sustainability of unpaved roads: Stabilization and testing", traducida "Mejora del rendimiento y la sostenibilidad de caminos sin pavimentar: estabilización y pruebas", tuvo como objetivo principal mejorar de manera rentable el rendimiento y la sostenibilidad de los sistemas de carreteras sin pavimentar en regiones de heladas estacionales. Para tal efecto, se construyeron 17 secciones de prueba en un tramo de carretera sin pavimentar de 3.22 km en Condado de Hamilton, Iowa utilizando una gama de estabilizadores como: piedra de macadam, cemento, cenizas, bentonita, geosintéticos, entre otros. Se realizaron pruebas de campo basadas en mecanismos e inspecciones visuales durante dos períodos estacionales de congelación y descongelación (de 2013 a 2015) para comparar el rendimiento relativo y la durabilidad de las diferentes secciones de prueba. Se determinó que las secciones de prueba estabilizadas con capas de base de piedra de macadán arrojaron el mejor rendimiento general tanto para las condiciones de congelación previa como de descongelación. Como parte importante de la tesis se aprecia el uso de nuevas tecnologías como un método de ondas de superficie (SWM) recientemente mejorado para determinar los perfiles de rigidez muy poco profundos cerca de la superficie de los sistemas de carreteras sin pavimentar, igualmente al combinar el SWM y la prueba de defleciómetro de peso descendente, se pudo obtener las curvas de reducción de módulo no lineal in situ de cada capa de material en un perfil de carretera sin pavimentar. En este estudio también se desarrolló un nuevo método de prueba de laboratorio denominado método de Análisis de Imagen y Abrasión Giratoria (GCIA) que emplea un dispositivo de compactación giratoria y análisis de imágenes bidimensionales (2D) para determinar los cambios en la gradación, la morfología y las propiedades mecánicas de los materiales granulares bajo compactación simulada o cargas de tráfico.

Verna (2014) como requisito para optar al título Masters of Engineering en la Universidad de Thapar, India, presentó un trabajo denominado “**Effectiveness of using polymers and cement for soil stabilization**” traducido, “Eficacia del uso de polímeros y cemento para la estabilización del suelo” que tenía como objetivo principal, El objetivo del estudio fue determinar el valor de la resistencia a la compresión no confinada y los valores de CBR del suelo después de estabilizarlo con cemento y polímero. La estabilización del suelo ha sido ampliamente utilizada como una alternativa para sustituir la falta de material adecuado en el sitio y en este sentido, el uso de los estabilizadores químicos no tradicionales en la mejora del suelo están creciendo diariamente. En este estudio se realizó un experimento de laboratorio para evaluar los efectos de un polímero a base de agua sobre la resistencia a la compresión no confinada en suelo arenoso y la prueba de CBR en suelo arcilloso. Las pruebas realizadas en el laboratorio incluyeron el tamaño de grano del suelo arenoso, el peso específico y la resistencia a la compresión no confinada. La arena y varias cantidades de polímero (2%, 3% y 4%) y el cemento (20%, 30% y 40%) se mezclaron en condiciones de laboratorio. Las muestras fueron sometidas a compresión no confinada, para determinar su resistencia después de 7 días de curado. Los resultados de las pruebas indicaron que el polímero a base de agua mejoró significativamente la resistencia a la compresión no confinada de suelos arenosos que tienen susceptibilidad de licuefacción, modificó las propiedades constructivas del suelo a través de enlaces físicos. Se demostró que la cantidad de polímero requerida para modificar las propiedades de construcción del suelo se relacionan directamente con el recubrimiento específico de partículas de la superficie y su grosor. Los suelos modificados con polímeros mostraron un rendimiento reducido en comparación con los suelos modificados con cemento.

Ulate (2017) presentó un estudio de nombre “**Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales**”, publicado en la revista PITRA, LanammeUCR. El caso en estudio correspondió a los tramos de prueba en el camino CL-07-016 Piedras negras - El Pito Jaris, Cantón de mora, San José de Costa Rica. Luego de realizar una parte introductoria con la descripción de los estabilizadores no

tradicionales y su descripción, como son, estabilizadores ionicos, enzimas, Lignosulfonatos, Sales y productos higroscópicos, Resinas de petróleo, polímeros y resinas vegetales, procede a la selección del producto estabilizador a usar, tomando en cuenta cuatro propósitos que se deben cumplir: Control de polvo de corto plazo (CPCP), Preservación de finos de largo plazo (PFLP), Preservación de fino de largo plazo/estabilización superficial, y una Estabilización de largo plazo. Igualmente detalla que los parámetros adicionales a tomar en cuenta son las condiciones climáticas del lugar, las propiedades físicas y químicas del material, el impacto ambiental que representan, y su procedimiento de aplicación y ciclo de vida. Con respecto al tema de su investigación, se realizó la descripción de la evaluación de productos estabilizadores en los tramos descritos, proyecto planteado en 2015 por La Municipalidad de Mora, por medio de la Unidad Técnica de Gestión Vial (UTGV) y la UGM del LanammeUCR. Los productos utilizados para la construcción de los tramos fueron CON-AID y BIOCEC (Estabilizadores ionicos), Compact XT (Hibrido polimerico) PUAD (Suelo cemento), Suelo cemento-Altacrete (Polvo Mineral mejorador de reacción-suelo cemento) y una base granular estabilizada (cemento). Las pruebas utilizadas en los tramos fueron: características de los suelos, control de humedad y densidad, CBR, PROCTOR, medición módulo de superficie LWD, Aunque los resultados se compartieron con la municipalidad y empresas representantes involucradas, esta investigación sirve de guía en cuanto a la utilización de estabilizadores no tradicionales y como recomendación para ser desarrolladas en futuras investigaciones.

Kaa, Mogoruza y Anguizola (2016) realizaron una investigación llamada “**Análisis de propiedades de mezclas asfálticas modificadas en Panamá**” y publicada en la Revista de Iniciación Científica. A través de esta investigación se obtuvieron los beneficios que proporciona el mezclar polímeros al cemento asfáltico luego del análisis del desempeño de la mezcla frente a las deformaciones por altas temperaturas y cargas. En el laboratorio se obtuvieron las modificaciones del cemento asfáltico AC-30 utilizando polímeros en diferentes dosis de Butonal NX 1129, Muestra A1 y Elvaloy. Las pruebas realizadas fueron: penetración (25 °C, 100 g, 5 s), viscosidad rotacional (135 °C y 175 °C), punto de ablandamiento y recuperación elástica torsional a 25 °C. De sus resultados, la recuperación elástica

torsional fue la propiedad del cemento asfáltico que mejoró significativamente con los polímeros. Los resultados se compararon con muestras tomadas en diferentes tramos de la ampliación Santiago – David donde se utilizaron polímeros para modificar las rodaduras. Además, se examinó el comportamiento volumétrico y los parámetros Marshall para mezclas modificadas. En esta evaluación se observó que el módulo Resiliente A de la mezcla se ve afectado por la granulometría, la densidad aparente de la mezcla, los vacíos y los polímeros, que reducen la susceptibilidad a la temperatura y a la deformación. Por último, se realizó un análisis económico que muestra la reducción de espesores en el diseño AAST-HO-93 de la carpeta asfáltica al aumentar la magnitud del módulo resiliente mediante la adición de polímeros, se compararon dichos resultados utilizando temperaturas de diseño de 25 °C y 40 °C, y utilizando valores de CBR mínimos y los reales provenientes del proyecto ejecutado.

Palma, Ortiz, Ávalos y Castañeda (2014) realizaron una investigación de tipo documental sobre la modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos donde se muestran los elastómeros más utilizados en la modificación de bitúmenes, así como una comparación de la mejora de propiedades obtenidas con el uso de éstos. Entre las categorías de polímeros destacan los termofijos, los termoplásticos y los elastómeros y de las características que debe cumplir un polímero para mejorar las propiedades de los asfaltos son: tienen baja polaridad, Peso molecular que permita disminuir riesgos por excesiva viscosidad y problemas de dispersión y baja temperatura vítrea. Describen en su trabajo los elastómeros más usados con asfalto son: el caucho natural, el caucho etileno propileno dieno (EPDM), Estireno (SBR), SEBS,

López, Hernández, Horta, Coronado y Castaño (2010) realizaron una investigación publicada en la revista Iberoamericana de Polímeros bajo el nombre de “**Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas**”. En esta investigación describen en primer lugar los polímeros, sus tipos y usos, los métodos de estabilización para suelos de arcilla, las propiedades de los polímeros tales como índice, peso específico, resistencia a la compresión simple, expansión y consolidación. En segundo lugar proceden a realizar la parte experimental de suelo de arcilla sin aditivos y también con diferentes proporciones (2, 4, 6, 8 y 10%)

del poliuretano, polímero utilizado. El propósito fue analizar el comportamiento de los suelos de arcillas ante la variación de volumen producto de los cambios en su humedad por infiltración o capilaridad, para evitar que cualquier construcción ligera sobre este tipo de suelos se deformara a causa de la expansión de la arcilla y se agrietara o levantara el piso. Con la aplicación de las pruebas en los moldes de suelo natural y suelo tratado con polímero se obtuvieron las modificaciones en las propiedades mencionadas anteriormente donde se pudo determinar la factibilidad de la utilización de dicho polímero. Entre sus resultados se pudo apreciar que el coeficiente de permeabilidad se reduce de 4.72 mm en tres semanas para suelo sin polímero a 2.7 mm en suelos con polímero. La mezcla de suelo y polímero no arrojó mejoras en cuanto a las propiedades de resistencia del suelo sin aditivo, pero esta propiedad en un suelo de este tipo ya de por sí presenta alta resistencia. Todo lo contrario sucede con la reducción de expansión de un 46.40 % en arcilla sin aditivo a un 26.50% con polímero, siendo este el resultado más significativo en la investigación al estabilizar la reducción de la expansión en aproximadamente un 40%, con respecto al suelo natural.

Los Polímeros son una “macromolécula o molécula gigante constituida por una multitud de unidades de repetición, como por ejemplo el polietileno, en el cual están unidas por enlaces covalentes por lo menos mil unidades de etileno”.¹

Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples. En algunos casos la repetición es lineal, de forma semejante a como una cadena la forman sus eslabones. En otros casos las cadenas son ramificadas o interconectadas formando retículos tridimensionales.²

Los polímeros son moléculas de gran tamaño, constituidas por “eslabones” orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos.³

¹ (Sieymour y Carraher, 2002, pág.14).

² (Billmeyer, 2004, pág.3).

³ (Hermida, 2011, pág.11).

⁴ (Hermida,2011, pág.3).

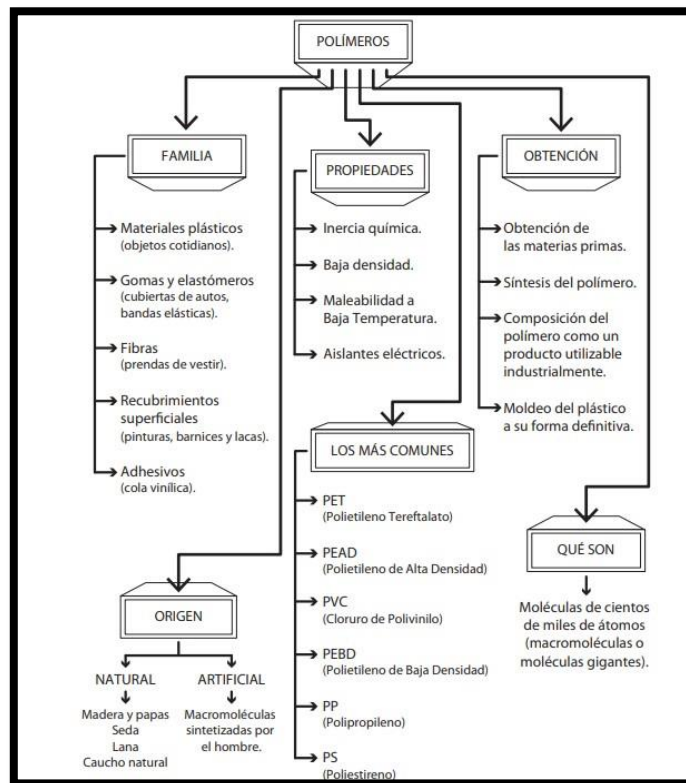


Figura 2: Polímero: Familia, propiedades y obtención.⁴

Aditivo Polycom, La empresa Austlatin refiere que PolyCom Stabilising Aid es un polímero estabilizador no tóxico que cuando se añade a los materiales de construcción de carreteras crea una superficie fuertemente unida que es resistente a la erosión por el agua y al daño del tráfico.⁵

PolyCom es un producto Australiano que viene en una presentación de Polvo Concentrado de Acrylamida, surfactantes y ligantes quienes al mezclarse con el agua crean un líquido copolímero. Su principal función es impartir más resistencia al material a tratar cuando están secas y también húmedas.⁶

⁵ (Austlatin, 2019 pág. 2-3).

⁶ (Polycomglobal, 2019 pág. 7).

⁷ (Austlatin, 2019 pág. 4).



Figura 3: Presentación del producto Polycom.

Polycom Stabilizing Aid es una solución económica para mejorar las propiedades de ingeniería de gravas y suelos para fines de construcción, reduce los requisitos de mantenimiento en carreteras sin sellar y ofrece resultados económicos y de calidad de manera consistente en la mayoría de los tipos de suelo y grava . La función principal de este producto es impartir mayor resistencia al material a tratar, en condiciones tanto secas como húmedas. En combinación con buenas técnicas de construcción la inclusión de PolyCom permite conseguir mayores densidades en una amplia variedad de materiales con el beneficio añadido de proporcionar un alto grado de resistencia al agua y una mayor flexibilidad a la capa tratada.⁷

Propiedades físicas del Polycom

Fórmula semidesarrollada: $(C_3H_5NO)_n$

Punto de inflamabilidad: El punto de inflamabilidad de una sustancia generalmente, de un combustible, es la temperatura más baja en la que puede formarse una mezcla inflamable en contacto con el aire, en el polycom es de 93 °C, por lo cual es no combustible.

Masa molecular UMA La Unidad de Masa Atómica, Dalton del polycom es de 71.07

Apariencia: Verde-azul

Estado de agregación: Sólido

Propiedades químicas del polycom

Solubilidad en agua: Medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en agua: Muy soluble en agua

Tiene un Ph de 6.9 a 25 C (5000:1)

Área de uso del Polycom

Caminos de tierra sin pavimentar; Sitios de construcción y caminos; Carreteras pesadas; Base de camino y sub-base; Almacenamiento y pilas de existencias; Helipuertos.

Aeropuerto en el interior; Relaves y áreas mineras; Desarrollo de la tierra; Áreas de estacionamiento de construcción; Estacionamientos para eventos; Pendientes y bermas; Caminos forestales; Caminos agrícolas; Carreteras de patrulla fronteriza; Canchas de golf y senderos; Parques y recreaciones; Lotes de almacenamiento y estanques; Control de polvo.⁸

Ventajas:

Dentro de las ventajas que ofrece el uso de este polímero en la estabilización de la subrasante, tenemos:

La estabilización con Polycom ofrece mayor resistencia (mayor CBR)

Incrementa la resistencia al agua y la flexibilidad

Compacta uniformemente

Saneamiento de suelos dispersivos y arcillas reactivas

Mejora la manejabilidad de los suelos.

⁸ (Austlatin, 2019 pág. 17-20).

El material tratado puede ser almacenado por periodos prolongados.

No se requiere ningún equipo especial.

La instalación del producto es hecha competentemente con equipos estandarizados de estabilización.

Aumenta la densidad del terreno, evitando los vacíos dentro de la estructura estabilizada. Buen comportamiento estructural con los ligantes si se plantean recubrimientos con capas asfálticas.

Mínimo costo de transporte

Es reciclable una vez que la vida útil de la carretera estabilizada termina.

Una reducción de 30%-50% de agua

No existe agrietamiento por fatiga ni por ahuellamiento en la subrasante

Desventajas

La mayoría de ellos presentan problemas de estabilidad en función del pH, de manera que incluso pequeñas variaciones de este conllevan pérdida de consistencia

Pueden presentar problemas de homogeneidad (grumos) si no se elaboran correctamente.⁹

Tienden a incorporar burbujas de aire, que son más difíciles de eliminar cuanto mayor es la viscosidad del preparado.

Sigue existiendo poca información sobre su uso, en comparación con otros polímeros.

Modo de utilizar Polycom en los ensayos de laboratorio.

La manera de utilizar el Polycom en los suelos de las calicatas que conforman la muestra en estudio es la siguiente:

En primer lugar, el agua necesaria para añadir el Polycom debe ser limpia y estar libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido

⁹ (Austlatin, 2019 pág. 21-22)

según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄ = y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.¹⁰

Previo a la evaluación de las propiedades de comportamiento del suelo, se deben determinar las características del mismo. Los ensayos realizados comúnmente en el laboratorio para determinar el comportamiento físico y mecánico de los suelos incluyen:

Tamaño de partículas (ASTM D 422 MTC E 204)

Límites de consistencia: Límite líquido (ASTM D 4318 ,MTC E 110) Límite plástico (ASTM D 4318 y MTC E 111) Límite de contracción (ASTM D 427 y MTC E 112)

Clasificación de suelos (ASTM D 2487)

Relación humedad - densidad (MDD y OMS) Proctor modificado (ASTM D 1557 y MTC E 115)

Capacidad portante (CBR). (ASTM D 1883 y MTC E 132)

La cantidad a utilizar del Polycom debe ser a una tasa de 0.0026 % del peso suelto del suelo ensayado. La proporción a utilizar de polímero con el agua será la establecida en el estudio:3%,4% y 6%, y el tiempo de espera para que se disuelva será entre 20-30 minutos. Luego se vierte la solución en el suelo hasta obtener el óptimo contenido de humedad.¹¹

La Dosificación En la práctica clínica se necesita hacer cálculos relacionados con la administración de fármacos, como son el número de dosis que se debe administrar a un paciente, el tiempo que se debe administrar, la cantidad de

¹⁰ (Manual de soluciones básicas MTC, 2014 pág. 17)

fármaco, la elaboración de diluciones, nutriciones, entre otros. Para la realización de la mayoría de esos cálculos se necesitan conocimientos básicos de matemáticas.¹²

Acción de dosificar. Se refiere a graduar o determinar las dosis de un medicamento, determinar o regular la cantidad de algunas cosas. Es la relación entre la masa del cuerpo disuelto y la de la solución. Determinar la cantidad proporcional de una solución.¹³

Dosificación significa la administración de dosis individuales de un medicamento como parte de un régimen de medicamento, expresado generalmente como cantidad por unidad de tiempo. Por ejemplo, una dosis recetada podría constar de 25 mg de un medicamento administrado 3 veces al día por 6 días.¹⁴

Las Propiedades químicas: de la materia son aquellas que solo pueden determinarse cuando cambia la composición de la materia. Se puede decir que son las propiedades de una sustancia para combinarse o cambiar en otra o más sustancias. Las propiedades químicas son la reactividad de una sustancia con otra, la combustibilidad, la oxidación, la reducción entre otras.

15

Las propiedades químicas como la capacidad de una sustancia de transformarse en otras. Ejemplo: inflamabilidad (cuando una sustancia arde en presencia de Oxígeno), una propiedad química del metal zinc, es que reacciona con los ácidos para producir hidrógeno. Las propiedades también se clasifican de acuerdo con su dependencia con la masa de la muestra.¹⁶

Las propiedades químicas de los polímeros como aquellas que involucran reacciones químicas y por tanto cambios en los enlaces primarios de los materiales. En cuanto a la reactividad química de los polímeros tiene una gran

¹¹ (Nestereinko, 2018 pág. 58),

¹² (García, 2017 pág. 2)

¹³ (Definicionesde.com, 2019 parr. 5)

¹⁴ (Infosida, 2019 parr. 2)

importancia práctica el estudio de los procesos de degradación térmica, , para asegurar la funcionalidad, operabilidad y durabilidad del material en el entorno en que ha de ser utilizado. Directamente relacionada está la solubilidad o resistencia a los disolventes aunque en realidad sean cambios físicos relacionados con las interacciones intermoleculares.¹⁷

Las Propiedades físicas de la materia son aquéllas que se pueden medir o determinar sin que varíe la composición química de la sustancia, por ejemplo, el color, olor, estado físico, punto de ebullición, punto de fusión, densidad y solubilidad entre otras.¹⁸

Las propiedades físicas más significativas de los polímeros son las mecánicas, térmicas, eléctricas y ópticas[...]¹⁹

La subrasante viene a ser considerado el asiento directo de la estructura del pavimento y es parte del prisma de la carretera la cual se construye entre el terreno natural. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en el terreno natural que deberá soportar la estructura del pavimento.¹⁹

“la subrasante es un soporte natural, el cual es preparado y compactado, y donde se puede construir un pavimento” por lo que vale más que tenga un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte [...] ²⁰

La subrasante es “la fundación sobre el cual el pavimento será construido”. tiene la particularidad de otorgar respuesta estructural y el comportamiento del pavimento en construcción y operación. De la calidad de ésta depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Como

¹⁵ (Guardado, Osuna y Ortiz, 2008 pág. 60)

¹⁶ (Vera, 2010 pág. 3)

¹⁷ (González, 2008 pág. 65-66)

¹⁸ (Guardado, Osuna y Ortiz, 2008 pág. 53)

¹⁹ (González, 2008 pág. 68)

¹⁹ (manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014 pág. 302)

²⁰ (American Concrete Pavements Association, 2007 pág. 192)

²¹ (CMT, 2002 p.3)

parámetro de evaluación de esta capa, se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.²¹

Tabla 1: Categorías de la subrasante

CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE	CBR
So: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras

Mejoramiento de la subrasante se refiere que para los casos en que los suelos no sean aptos para las carreteras, forzosamente el ingeniero responsable de una obra, debe realizar por su cuenta, o a través de un consultor, un estudio geotécnico detallado para el diseño de la sección estructural del pavimento, tomando en cuenta nuevos espesores de las capas a partir de la subrasante y, por supuesto, considerando la alternativa de reutilizar los materiales existentes; si el tránsito actual y futuro lo permite, sería conveniente contemplar para el nuevo pavimento la estabilización.²²

El mejoramiento del suelo también es denominado estabilización del suelo por muchos ingenieros geotécnicos. Éste es un proceso de alteración de las propiedades de ingeniería de suelo in situ o tomado a un costo más bajo y con mejor control de calidad. Este autor establece que las técnicas de mejora del suelo se pueden colocar en dos categorías principales: Química y mecánica.²³

²² (Orozco, 2004 pág. 31)

²³ (Das, 2015, p.266)

Tabla 2: Métodos para mejorar los suelos

Métodos	Físicos	Confinamiento (suelos no cohesivos).
		Preconsolidación (suelos cohesivos).
		Mezclas (suelo con suelo).
		Vibroflotación.
	Químicos (Estabilizaciones)	Con cemento.
		Con asfalto.
		Con sal.
		Con cal.
		Con otras sustancias: (Sales como la Bischofita).
	Mecánicos	Compactación.

Fuente: Rico y Del Castillo.

Estabilización de suelos se define estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos.²⁴

La estabilización química de suelos como una tecnología que se basa en la aplicación de un producto químico, el cual se debe mezclar y homogenizar con el suelo a tratar de acuerdo a ciertas instrucciones técnicas propias del producto. La aplicación de un estabilizador químico tiene como objetivo principal transferir al suelo tratado, en un espesor definido, ciertas propiedades tendientes a mejorar sus propiedades de comportamiento ya sea en la etapa de construcción y/o de servicio.²⁵

La Humedad (OCH), la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada en porcentaje, del peso del agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas. Su fórmula viene expresada por:

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco en Horno}} \times 100$$

depende de la energía de compactación. A nivel de campo, la humedad óptima es una variable que depende del tipo y peso de los rodillos usados en la compactación.²⁶

La humedad del suelo a la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo. La humedad del suelo influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo. La humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil.²⁷

Si se compara la humedad natural de un suelo con la humedad óptima obtenida de los ensayos Proctor se puede obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, se puede realizar una compactación normal al suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.²⁸

Máxima densidad Seca (MDS) la densidad aparente del suelo como la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso.²⁹

El incremento de densidad en las muestras de suelo, se consigue con energías crecientes compactando a humedades progresivamente menores. Una vez definido un procedimiento de compactación y una energía del mismo, se comprueba que la densidad alcanzada por el suelo varía con la humedad, de manera que se encuentra, en general, una densidad máxima u óptima para una humedad inferior

²⁴ (MTC-14, 2008 pág. 107)

²⁵ (Norma técnica de estabilizadores químicos MTC E-1109, 2004 pág. 1043)

²⁶ (Estabilización química de suelos MTC-E108, 2016 pág. 49)

a la de saturación, humedad que suele corresponder a grados de saturación de 0.8-0.9.³⁰

La densidad que se puede obtener en un suelo, por medio de un método de compactación dado, depende de su contenido de humedad. El contenido que da el más alto peso unitario en seco, se le llama contenido óptimo de humedad para aquel método de compactación. En general, esta humedad es menor que la del límite plástico y decrece al aumentar la compactación.³¹

La resistencia a la penetración de un suelo se refiere a la resistencia que éste ofrece a que un instrumento como el de la figura sea introducido en él. Esta resistencia mecánica puede ser evaluada mediante la fuerza (carga o presión) requerida para que una varilla con punta generalmente cónica, penetre hasta cierta profundidad en el suelo.³²



Figura 4: Penetrómetro de ultrasonido.

²⁷ (Flores y Alcalá, 2010 pág. 33).

²⁸ (Determinación del Líquido de los suelos MTC EM 132, 2016 pág. 72).

²⁹ (Flores y Alcalá, 2010 pág. 35).

³⁰ (Alonso, 2009 pág. 21).

³¹ (García, 2012 pág. 13).

La resistencia de un suelo al esfuerzo cortante indica la resistencia relativa de éste a los corrimientos de tierra bajo *carga*. La resistencia de los suelos al esfuerzo cortante disminuye a medida que aumentan las partículas finas. Es mínima en los suelos orgánicos de grano fino. El índice de california es una media de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Estos ensayos nos permiten obtener en forma inmediata el valor de CBR del suelo de fundación, lo cual nos permitirá aprobar el tramo para continuar con la siguiente etapa de construcción de la carretera. ³³

Según el MTC E207 la resistencia al desgaste no debe superar el 50%, como el máximo esfuerzo cortante que el suelo puede resistir. La resistencia del suelo está controlada por el esfuerzo efectivo, aunque la falla ocurra en condiciones drenadas o no drenadas[...]³⁴

La Expansión de suelos significa el movimiento ascendente del suelo resultante de fenómenos como: absorción de humedad, relajación de esfuerzos por operaciones de explanación o de excavación, hincas de pilotes y carga de áreas adyacentes. Igualmente se dice que es el incremento de volumen del suelo debido a la absorción de humedad. ³⁵

Se conocen como suelos expansivos aquellos que presentan expansiones o contracciones, o sea, cambios de volumen cuando varía su humedad o contenido de agua. Los materiales de arcilla, tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de agua y retenerla debido a su estructura, el agua produce el incremento del volumen en el material mencionado anteriormente y también una drástica reducción del volumen cuando el agua que retenía se seca. ³⁶

El fenómeno de expansión o hinchamiento de los suelos o fue adjudicado a los materiales expansivos sino hasta fines de 1930. A partir de ahí se comienza reconocer que muchas de las patologías que eran atribuidas a asentamientos se debían en realidad a un hinchamiento. Para poder identificar un suelo potencialmente expansivo, se debe obtener primero su identificación mineralógica,

³² (Flores y Alcalá, 2010 pág. 41)

³³ (FAO, 2019 pág. 22)

sus propiedades básicas, realizar métodos indirectos y medidas directas de expansividad. Se ha determinado que la presencia de cargas eléctricas negativas en la superficie de los minerales arcillosos , así como la capacidad de intercambio catiónico, resultan fundamentales para la magnitud de expansión. ³⁷

Ensayo Relación de Soporte de California (CBR) es un método usado ampliamente para determinar el valor relativo de carga o fortaleza de los materiales de la subrasante. Es una medida de la resistencia del suelo a la penetración, comparada con aquella de la piedra triturada. El CBR es función de la textura, contenido de agua y densidad compactada del suelo. Fue desarrollado originalmente por la División de Carreteras de California (California División of Highways), de los Estados Unidos de América, y es actualmente usado a nivel mundial para diseño de pavimentos. ³⁸

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. Se le conoce por sus siglas en inglés CBR de California Bearing Ratio en español por VRS que significa Valor Relativo del Soporte. Los valores de CBR cercanos a 0% son suelos baja calidad mientras que los que se aproximen al 100% son de mejor calidad. ³⁹

El ensayo como el procedimiento para determinar el índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado. ⁴⁰

³⁴ (Abrasion los Angeles MTC E207, 2016 pág. 317).

³⁵ (Hoyos, 2001 pág. 24).

³⁶ (Arancibia, 2003 pág. 33).

³⁷ (Patrone y Prefumo, 2001 pág. 12)

³⁸ (Keiller y Sherar, 2005 pág. 65).

³⁹ (Berumen, 2014 pág. 2).

⁴⁰ (CBR de suelos MTC E 132, 2016 pág. 251).

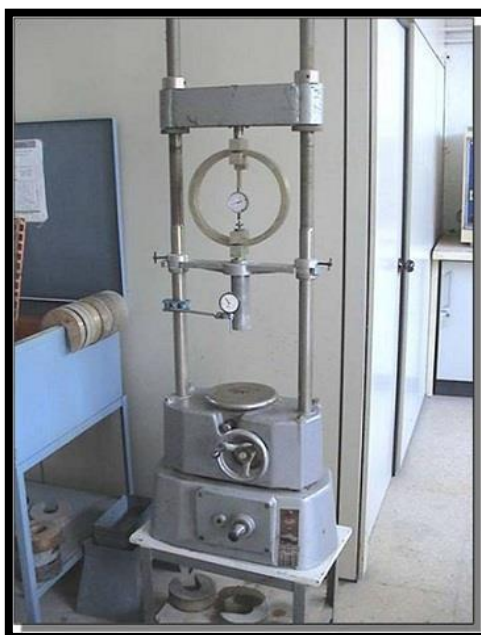


Figura 5: Equipamiento de Laboratorio para Ensayo CBR.

El ensayo Proctor Modificado permite determinar la curva de compactación de los materiales para las terracerías y a partir de estas inferir su masa volumétrica seca máxima y su contenido de agua óptimo. Consiste en determinar las masas volumétricas secas de un material compactado con diferentes contenidos de agua, mediante la aplicación de una misma energía de compactación en una prueba dinámica y, graficando los puntos correspondientes a cada determinación, trazar la curva de compactación del material.⁴¹

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).⁴²

El ensayo de Proctor modificado es un ensayo mejorado del Proctor Estándar y se rige por la norma Prueba D - 1557 de la ASTM y Prueba T - 180 de la AASHTO. La mejora se debe al implemento de los rodillos y su utilidad en la compactación en

⁴¹ (Aburto y Rodríguez, 2012 pág. 34)

⁴² | (Compactacion de suelos en Laboratorio MTC E 115, 2016 pág. 109)

campo. En la prueba de Proctor modificado se hace utilidad del mismo molde de volumen 943.3 cm³, como en el proceso del Proctor Estándar, no obstante, el suelo de muestra es compactado en cinco capas de 25 golpes cada una, con la ayuda de un pistón de peso 44.5 N a una caída de 457.2 mm. La energía de compactación por volumen unitario de suelo en la prueba de ensayo modificada se determina de la siguiente manera.

$$E = \frac{(25 \frac{\text{golpes}}{\text{capa}})(5 \text{ capas})(44.5 \times 10^{-3} \text{ x kn})(0.4572 \text{ m})}{943.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 2696 \text{ KN} - \text{m/m}^3$$

Puesto que el esfuerzo de compactación incrementa, el ensayo de Proctor Modificado tiene un incremento del peso específico seco máximo del suelo.⁴³

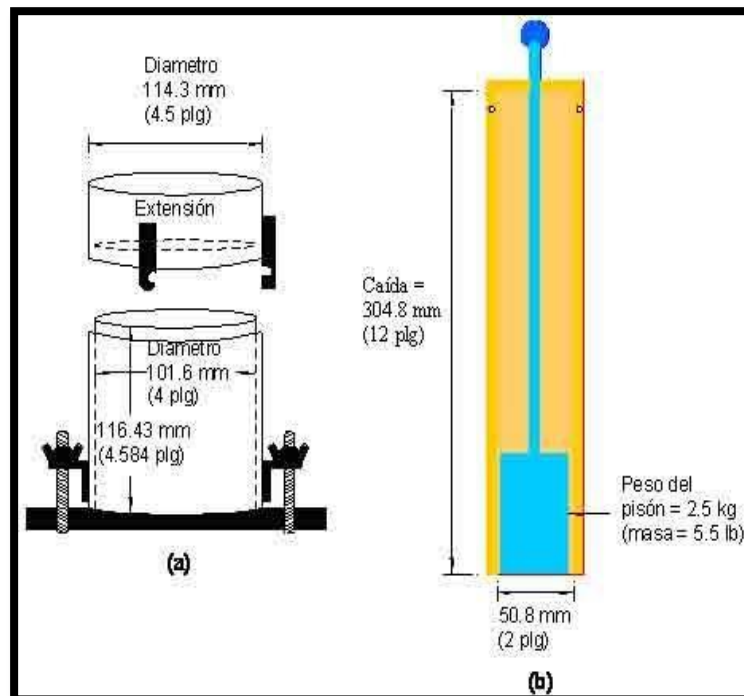


Figura 6. Equipo de prueba de ensayo de Proctor estándar (a) Molde y (b) Pistón

⁴³ (Das, 2015 pág. 98).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño Metodológico:

La investigación se realizará a través del método científico, el cual viene a ser el conjunto de etapas y reglas que señalan el procedimiento a llevar a cabo en una investigación, como lo son: concebir una idea, plantear el problema, elaborar el marco teórico, definir como se realizara la investigación, establecer las hipótesis, seleccionar el diseño de investigación, determinar población y muestra, recolección de datos, análisis de datos y presentar resultados que puedan ser aceptados como válidos para la comunidad científica. ⁴⁴

Tipo de investigación de acuerdo al fin:

Aplicada: Por ser el tipo de investigación que se define como la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos, el nivel de investigación igualmente es explicativa la cual tiene como finalidad explicar qué se utilizó en los ensayos de laboratorio y la influencia del mejoramiento físico-químico de la subrasante con la adición del polímero Polycom. ⁴⁵

Tipo de investigación de acuerdo al nivel:

Explicativa descriptiva: Explicativa porque se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. Y descriptiva porque se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio. Este nivel de Investigación responde a las preguntas: quién, qué, dónde, cuándo y cómo. ⁴⁶

Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico:

No Experimental: porque se basa en la observación sin manipular las variables

Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:

⁴⁴ (Hernández, Fernández y Baptista, 2011 pág 61).

⁴⁵ (Prieto, 2014 pág.13-19).

⁴⁶ (Peña, 2012 pág.4).

Cuantitativo: Esta investigación se basa en la medición, porque solamente a través del estudio del análisis de los datos numéricos obtenidos y a través de la estadística, se puede dar solución a las preguntas de investigación o verificar o rechazar las hipótesis.⁴⁸

3.2 Variable y operacionalización

Variable Independiente: Polímero Polycom

Definición conceptual

PolyCom es un producto Australiano que viene en una presentación de Polvo Concentrado de Acrilamida, surfactantes y ligantes que cuando se mezclan con el agua forman un líquido copolímero que imparte mayor resistencia al material a tratar debido a que permite conseguir mayores densidades, proporcionando flexibilidad a la capa tratada y un alto grado de resistencia al agua que le ayuda a mantener la resistencia mejorada del pavimento en seco durante los ciclos de lluvia.

Definición Operacional:

El análisis del Polycom será en base a su aplicación, granulometría, absorción y peso específico y a la dosificación añadida a las muestras de suelo que se tomen.

Variable dependiente: Mejoramiento de la Subrasante

Definición conceptual.

Es un tratamiento de suelos, con agregados especiales que debe ser comprobado por procedimientos de diseño de muestras de laboratorios bajo normas internacionales. Existen ensayos específicos que determinan las características de

⁴⁷ (Palella y Martins, 2010 pág .86).

⁴⁸ (Monje, 2011 pág .11).

las mezclas o suelos tratados y así son herramientas propicias para determinar las condiciones estructurales del suelo estabilizado con algún agregado. ⁴⁹

Dimensión operacional.

Se analizará en base a sus propiedades físicas Optico Contenido de Humedad y Máxima Desidad Seca así como también a su resistencia y expansión del suelo.

3.3 Población y muestra.

conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. se deben tener en cuenta ciertas características esenciales a la hora de determinar la población como son: Homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad. ⁵⁰

En base a lo anterior, la población estará conformada el suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco – Abancay en Perú, y la Provincia del Alto Magdalena en Bogotá Colombia, cuyas calicatas presentan homogeneidad porque al ser del mismo suelo, presentan las mismas características las cuales se evaluarán en el mismo tiempo, se encuentran en la misma área y su cantidad es representativa del tramo seleccionado.

Cuando se seleccionan algunos elementos con la intención de averiguar algo sobre una población determinada, este grupo es definido como muestra. Es decir, es una parte del todo, del universo o población y que sirve para representarlo En esta investigación, la muestra estará conformada por calicatas de las tesis tomadas como referencia y las cuales se presentarán en el anexo.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Las técnicas a utilizar para llevar a cabo esta investigación, será la observación directa, Primero se comenzó en ir a campo para reconocer el área de estudio, luego se seleccionó los puntos para la realización de

⁴⁹ (Gavilanes, 2015 pág .19-123)

⁵⁰ (Hernández, 2013 pág. 2)

calicatas. Como segundo paso se realizaron las excavaciones de las calicatas en los puntos señalados previamente; según norma de mecánica de suelos, Luego se realizó el traslado de las muestras de suelo al laboratorio para su estudio básico y específico que ayuden con el desarrollo de la investigación.

Se denomina datos, a todos los elementos básicos de información primaria que se obtienen de la realidad.

Entiende como dato “cualquier información que se puede almacenar en formato digital, incluyendo texto, números, imágenes, vídeo, audio, software, algoritmos, ecuaciones, animaciones, modelos, simulaciones, etcétera”.⁵¹

Los Instrumentos vienen a ser la información conseguida in situ así como los ensayos necesarios como Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, que permitan analizar los resultados y conclusiones de la investigación.

Instrumentos de Recoleccion de Datos

Para realizar la siguiente investigación se hará uso de los siguientes instrumentos:

Equipo para extraer la muestra de suelos, Equipos de laboratorio, Computadora, Libros, Manuales de laboratorio, Equipo fotográfico y Materiales de apuntes.

Validez

La validez se refiere al grado en que un instrumento realmente mide lo que pretende medir, mide todo lo que el investigador quiere medir y si mide solo lo que se quiere medir. Los instrumentos de laboratorio a utilizar para establecer la humedad, densidad, resistencia y expansión de la muestra de suelos, deben presentar certificado de validez para su utilización.⁵²

En esta investigación se utilizó la validez racional debido a la situación que vivimos actualmente en nuestro País así como los demás países del mundo, es por eso que se usaron tesis validadas para obtener datos de los ensayos de suelos y poder usarlos

⁵¹ (Torriecillas, 2013 pág. 9).

⁵² (Hurtado, 2010 pág.433).

en esta investigación, cuyos valores están certificados y avalados por ingenieros expertos en el tema.

Los instrumentos para esta investigación fueron elaborados por **Quispe Serrano**, Esperanza y **Carvajal Yate**, Alejandra Marcela, los cuales serán mostrados en los anexos de esta investigación.

DATOS DE VALIDACIÓN:

TESISTA 1: Quispe Serrano, Esperanza

TÍTULO DE TESIS: Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018.

UNIVERSIDAD: Universidad Tecnológica De Los Andes

AÑO: 2019

TESISTA 2: Carvajal Yate, Alejandra Marcela

TÍTULO DE TESIS: Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras Pet

UNIVERSIDAD: Universidad Piloto De Colombia

AÑO: 2019

Confiabilidad.

La confiabilidad es el grado en que al aplicarse un instrumento repetidas veces, a las mismas unidades de estudio y en iguales condiciones, produce los mismos resultados. Implica precisión a la hora de realizar una prueba, debido a que si existe diferencia en pruebas tomadas en distintos momentos, de la misma manera y con las mismas características, menor es su confiabilidad. Por este motivo, los equipos a ser utilizados en los ensayos de las muestras de suelo, serán calibrados antes de ser usados o en su defecto, presentar una certificación de que han sido calibrados y dejar prueba del mismo en la investigación.⁵³

⁵³ (Hurtado, 2010 pág. 439).

3.5 Procedimiento

En esta etapa de procedimiento, se realizarán los ensayos de laboratorio, usando las muestras de suelo obtenidas en campo, se procederá a realizar la prueba de Valor Soporte de California (CBR), para cumplir con las especificaciones que debe tener una capa subrasante. Posteriormente se irá incrementando el Polycom al suelo con dosificaciones de 1%, 2% y 4%, para analizar el comportamiento que obtiene del mismo y llegar a un porcentaje idóneo que cumpla con las especificaciones de resistencia (CBR) para material subrasante. En el cual se tomará en consideración el Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” – Sección Suelos y Pavimentos.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos en la etapa de experimentación serán colocados en tablas de Excel, de donde se elaboraran, si fuera necesario, las gráficas pertinentes que muestren los resultados en la aplicación de las diferentes dosificaciones de Polycom, y el comportamiento resultante de las muestras, para de esta manera poder generar las conclusiones sobre el uso más adecuado de este polímero en la mejora de subrasantes con las mismas características.

3.7 Aspectos éticos

En toda investigación se debe respetar los datos tomados de otras publicaciones realizando las citas que sean necesarias e igualmente tomar los aportes de fuentes confiables y referenciadas así como también mis conocimientos propios aprendidos a lo largo de la carrera universitaria. Los ensayos y procedimientos en el laboratorio se harán siguiendo los pasos dictados por los manuales establecidos. Igualmente, para realizar los ensayos en el laboratorio, se compromete a manipular de manera precisa para no alterar los resultados de manera alguna que puedan viciar la investigación.

IV. RESULTADOS

Este Polímero no se va usar, no se esta usando un tema ahora que es comparativo, pero si se recomienda usarlo también en nuestra ubicación ya que resultarán beneficiosos.

Descripción De La Zona De Estudio: “Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycom, en la Av. Unión de Manchay. Lima -2019”

Acceso a la zona de trabajo: Para lograr llegar a la zona de proyecto, se debe ingresar por la **Avenida Víctor Malasquez** ya que se encuentra en el corazón **MANCHAY** del distrito de Pachacamac.

Ubicación Política: La zona de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Lima, Provincia Lima distrito de Pachacamac, limitando con estos distritos.

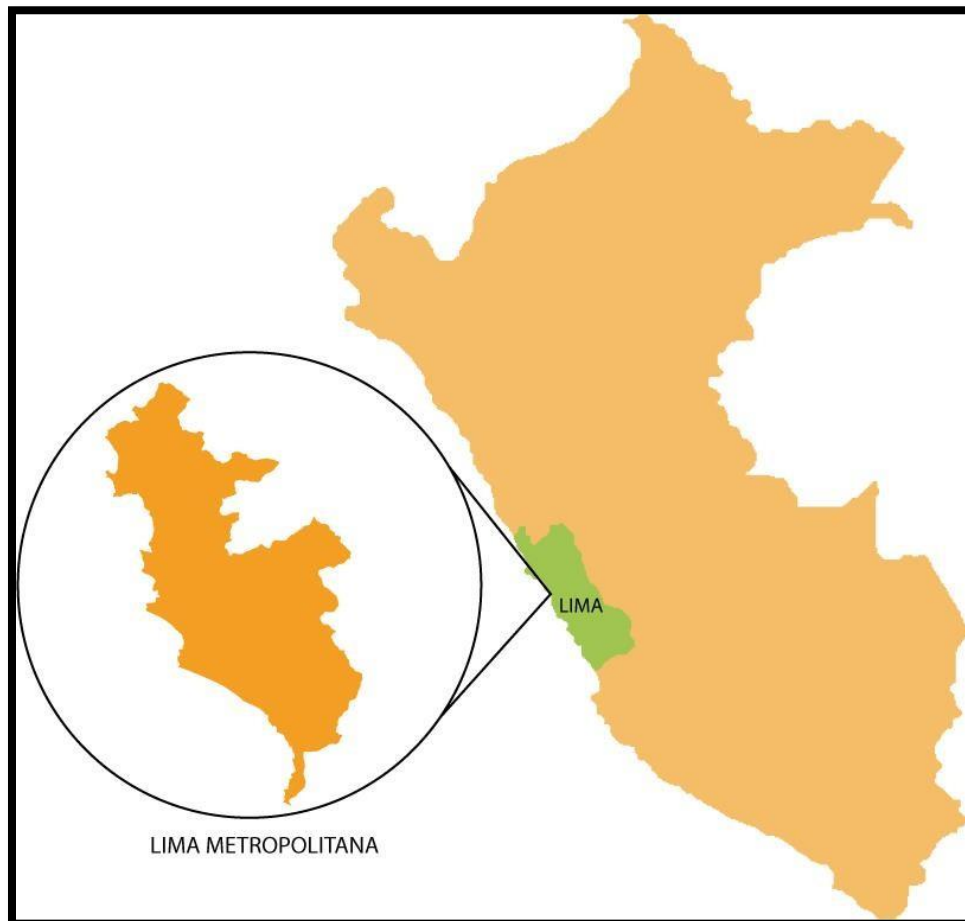


Figura 7: Ubicación de la Región de Lima (Perú)



Departamentos Limitantes:

Norte: HUARAL

Sur: CAÑETE

Este: HUAROCHIRI

Oeste: CALLAO Y

OCÉANO PACIFICO

Figura 8: Departamento de Lima y Provincias limitantes.



Districtos Limitantes:

Norte: CIENEGUILLA

Sur: LURIN

Este: HUAROCHIRI

Oeste: VILLA MARIA DEL TRIUNFO Y LA MOLINA

Figura 9: Distritos de Lima Metropolitana.

Esta zona de investigación y de estudio se optó debido a gran problema que es el suelo de muy baja capacidad portante según manual del MTC. Siendo el pavimento un gran aporte al desarrollo de una sociedad, beneficiando a los vecinos y al

turismo, por ello se consideró el suelo como estudio para esta tesis y desarrollar el problema.

Ubicación Geográfica: Las coordenadas de nuestra zona de estudio del distrito de Pachacamac es $12^{\circ}09'59.9''S$ $76^{\circ}51'53.4''O$. Presentando una superficie total 161.23 km^2 y una altitud de 72 m s. n. m.



Figura 10: Ubicación de la Zona de Estudio.

El lugar exacto de nuestra investigación que recolectamos en la avenida Unión de Manchay, nos muestra un terreno de grandes dimensiones y de una carencia de mejora del suelo, como se muestra en la figura 12.



Figura 11: Ubicación de la Zona vista satelital

VÍAS DE ACCESO: El ingreso a la zona de proyecto es por el **Avenida Víctor Malasquez**, se encuentra en manchay, distrito de Pachacamac.

La distancia desde la Universidad Cesar Vallejo hasta mi lugar de estudio tiene 46.60 km. Para llegar al lugar de estudio se debe toma un bus o carro que nos lleve todo la panamericana norte con dirección al sur, pasando por Evitamiento y voltear en la avenida las palmeras ubicado en la molina, vamos en toda la venida hasta llegar el ovalo Monitor Huáscar. Luego tendremos que llegar hasta la avenida la molina, terminando esta avenida nos vamos hasta el cruce con la avenida Víctor Malásquez. Esta zona es Manchay, pero nos dirigimos hasta Manchay Bajo de ahí seguimos por la misma avenida Víctor Malásquez llegamos hasta el cruce con la avenida Unión zona de nuestra investigación. Para finalizar todo este trayecto tiene una duración de 1 Hora con 11 Minutos Aproximadamente.

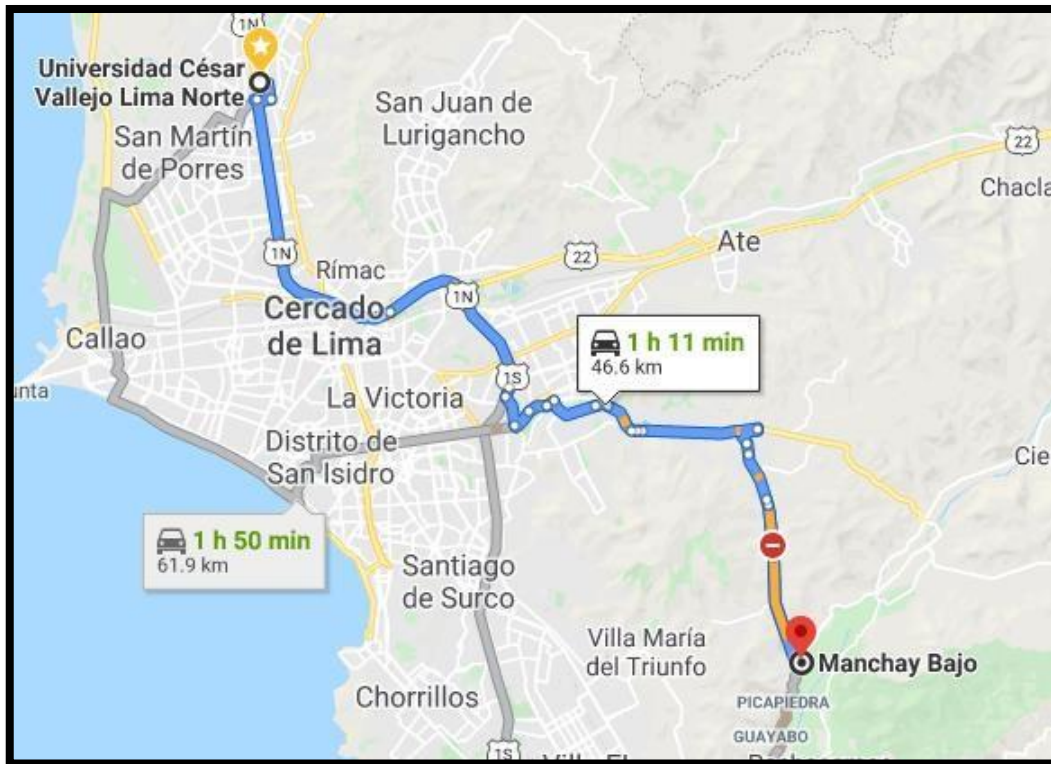


Figura 12: trayecto de la universidad cesar vallejo a nuestra zona de estudio.

CLIMA: La mejor época para viajar a Pachacamac en [Perú](#) es de **enero hasta junio y noviembre y diciembre**, donde tienes un clima agradable y apenas precipitación. La temperatura máxima promedio en Pachacamac es **23°C en febrero** y de **19°C en julio**.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día	22 °C	23 °C	23 °C	22 °C	21 °C	20 °C	19 °C	19 °C	19 °C	19 °C	20 °C	21 °C
Noche	19 °C	20 °C	20 °C	19 °C	17 °C	16 °C	15 °C	14 °C	15 °C	15 °C	16 °C	18 °C
Precipitación	8 mm	9 mm	7 mm	3 mm	1 mm	1 mm	1 mm	2 mm	1 mm	2 mm	2 mm	5 mm
Días de lluvia	9	9	10	5	2	1	1	1	1	2	2	7
Días secos	22	19	21	25	29	29	30	30	29	29	28	24

Figura 13: Tabla de los climas de Pachacutec mes a mes.

LOCALIDAD PARA COMPRA DEL POLIMERO: En esta investigación la compra del Polimero Polycom se dará en las instalaciones de la Sede Central del MTC ubicado en Av. Zorritos N° 1203 - Lima 1 (entre el cruce de Av. Zorritos y Av. Tingo María).

Haremos un análisis en forma de comparación de los resultados de 2 tesis, que analizaremos para determinar el proceso de laboratorio.

Para una investigación de subrasante se determinó los siguientes ensayos:

Análisis Granulométrico Por Tamiz.

Humedad Natural.

Determinación Del Límite Líquido.

Determinación Del Límite Plástico.

Relación Humedad-Densidad Compactada A La Energía Próctor Modificado.

CBR De Materiales Compactados.

TESISTA 1: Quispe Serrano, Esperanza

TITULO DE TESIS: Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018.

UNIVERSIDAD: Universidad Tecnológica De Los Andes

AÑO: 2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

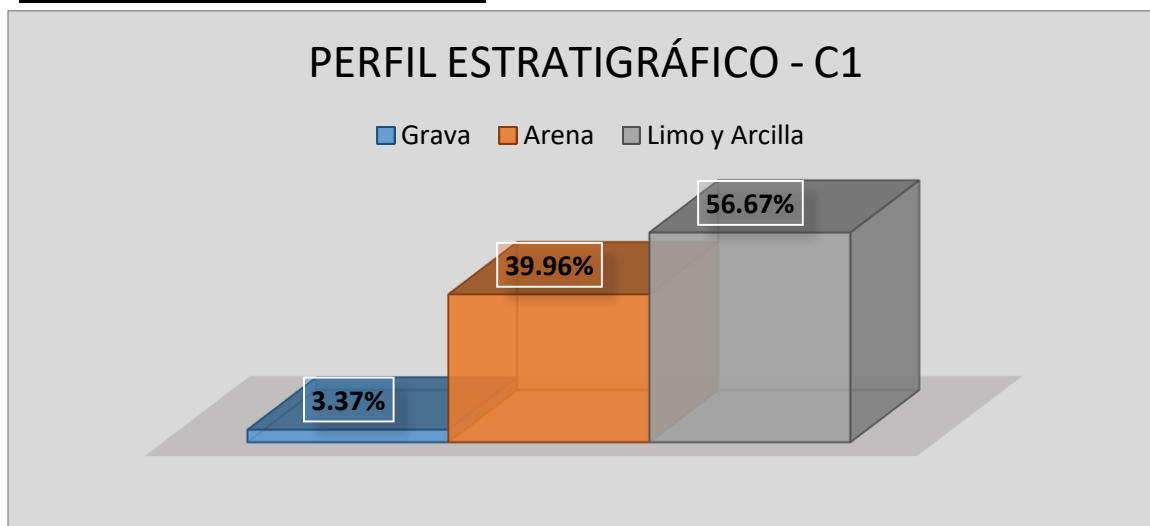


Gráfico 1: Análisis granulométrico de la calicata 1 de la tesis de QUISPE, E. (2019)

Según el gráfico porcentual, y basándonos de los ensayos granulométricos de QUISPE, E. (2019), en la calicata mostrada se encontraron 3 tipos de suelos, en el primero tipo de suelo se observó 3.37 % de grava, en el segundo tipo de suelo se observó 39.96% de arena y en el tercer tipo de suelo se observó 56.67 de limo

arcilla los resultados de laboratorio nos indica en el sistema **AASHTO** que pertenece al grupo A-2-4 (0) con unos materiales **granulares con partículas finas limosas**.

Tabla 3: Clasificación SUCS y Aashto

Progresiva (km)	Calicata	Clasificación SUCS	AASHTO
0+200	C-1	SM-SC ARENA LIMO ARCILLOSA	A-2-4(0)

Fuente: Propia

TESISTA 2: Carvajal Yate, Alejandra Marcela

TITULO DE TESIS: Evaluacion de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras Pet

UNIVERSIDAD: Universidad Piloto De Colombia

AÑO: 2019

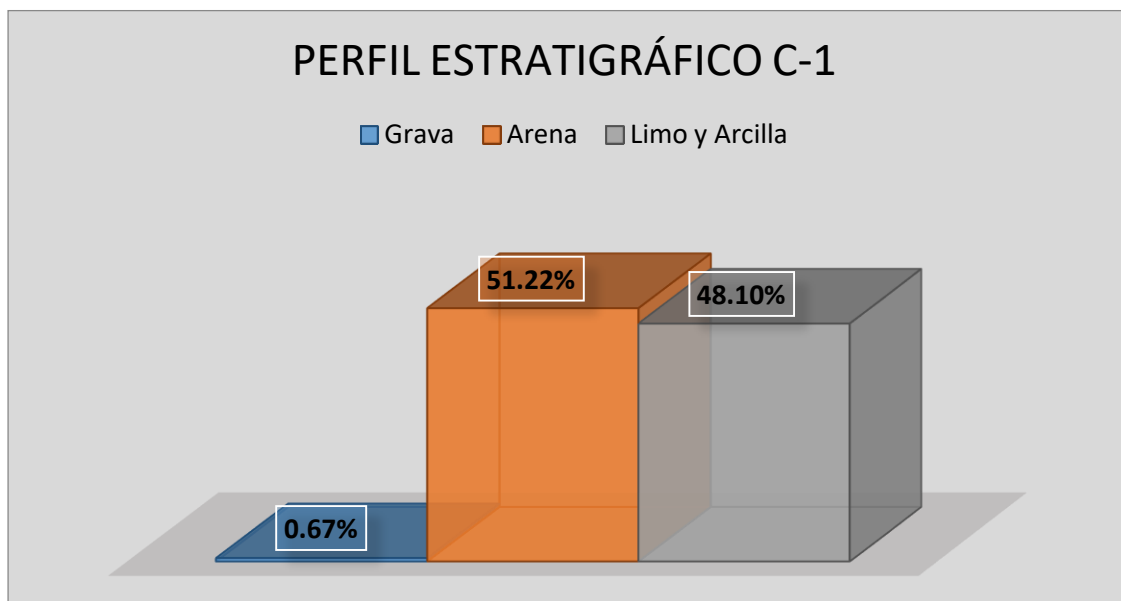


Grafico 2: Análisis granulométrico de la tesis de CARBAJAL, A. (2019)

Según el grafico porcentual, y basándonos de los ensayos granulométricos de CARBAJAL, A. (2019), en la calicata mostrada se encontraron 3 tipos de suelos, en el primero tipo de suelo se observó 0.67% de grava, en el segundo tipo de suelo se observó 51.22% de arena y en el tercer tipo de suelo se observó 48.10% de limo arcilla los resultados de laboratorio nos indica en el sistema **AASHTO** que

pertenece al grupo A-6 (7) con unos materiales granulares con **partículas finas limosas**.

Tabla 4: Clasificación SUCS y Aashto

Progresiva (km)	Calicata	Clasificación SUCS	AASHTO
0+200	C-2	CL - Arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad.	A-6 (7)

Fuente: Propia

COMPARACIÓN

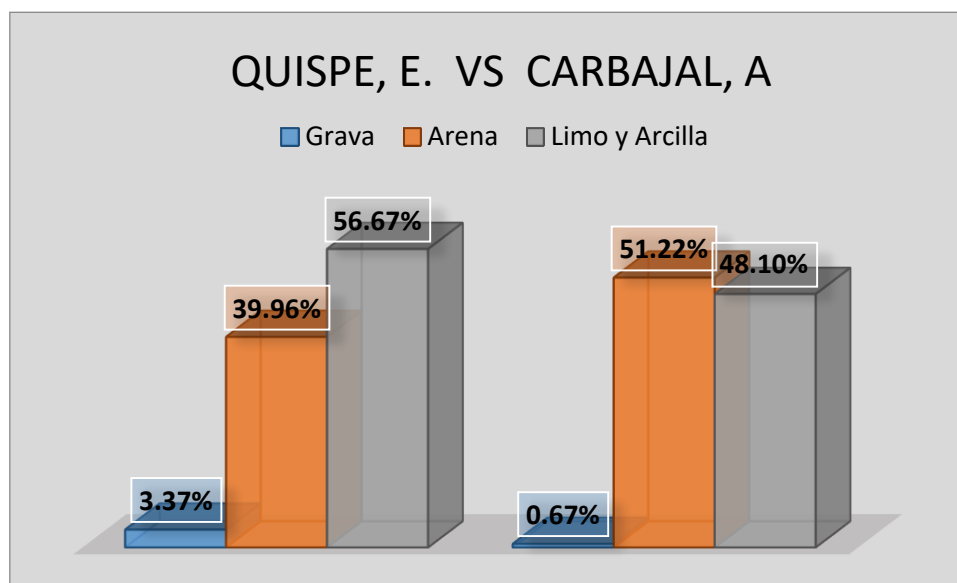


Gráfico 3: análisis granulométrico (Quispe, E. vs Carbajal, A.)

Según los resultados obtenidos de la comparación de ambos autores, se muestran que en sus calicatas tienen los mismos tipos de suelos, arrojando valores de poca grava lo cual quiere decir que es un suelo con baja capacidad portante considerando los altos porcentajes de arena que contienen, y según los límites de atterberg se observó que son de baja plasticidad, por eso para que la estructura no presenta fallas en un corto plazo, es ideal para hacer una mejora en la sub rasante, respecto al aditivo en sus diferentes porcentajes.

LÍMITE DE ATTERBERG 1:

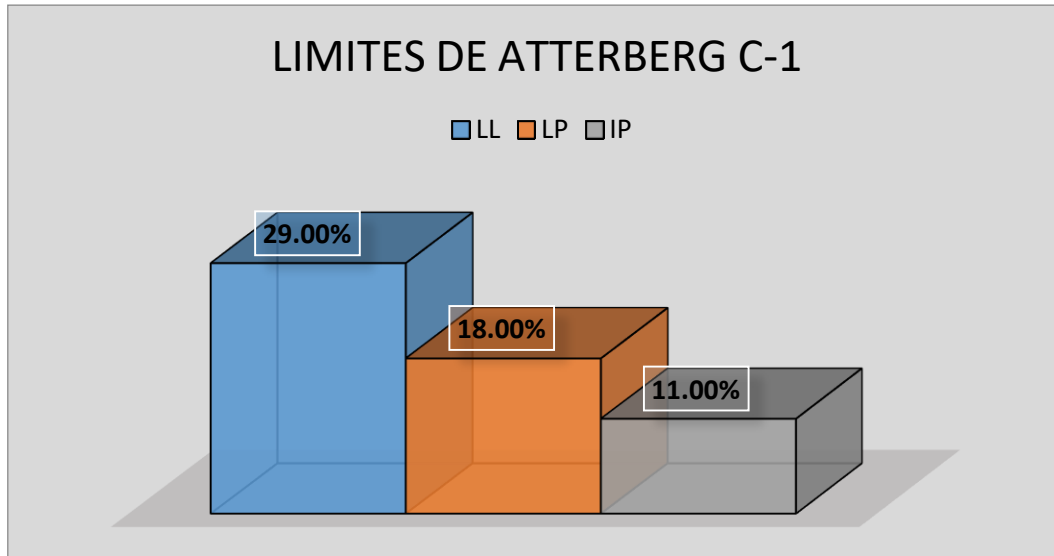


Grafico 4: Limites de Atterberg de la calicata 1 QUISPE, E. (2019)

Según los ensayos de los limites de Atterberg que hizo Quispe, E, en el laboratorio de suelos, se llegó a obtener un 28% de Limite Liquido (LL), 18% de Limite Plastico (LP) y se obtuvo un 11% de Indice de Plasticidad (IP)

LÍMITE DE ATTERBERG 2:

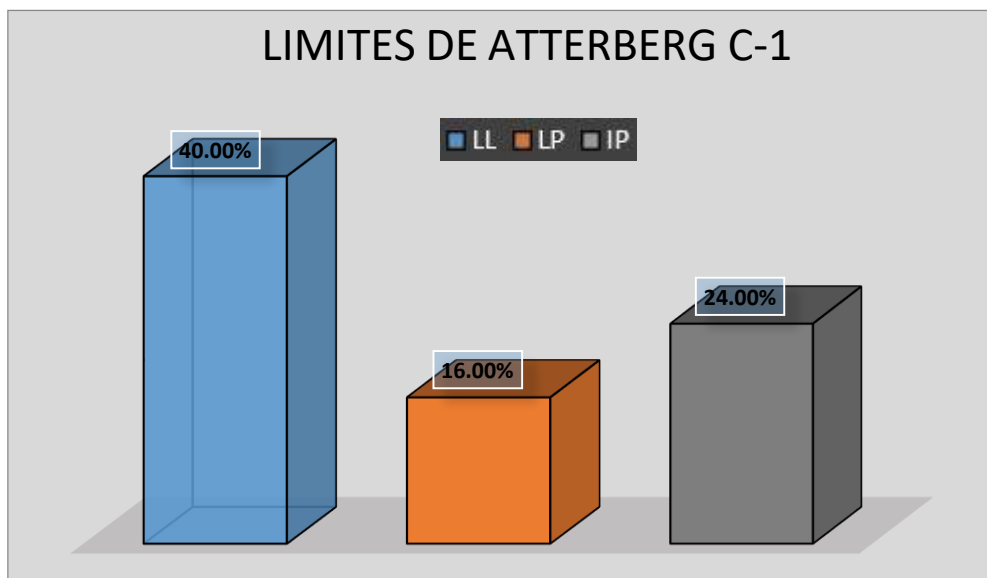


Grafico 5: Limites de Atterberg de la calicata 1 CARBAJAL, A. (2019).

Según los ensayos de los limites de Atterberg que hizo Carbajal, A, en el laboratorio de suelos, se llegó a obtener un 40% de Limite Liquido (LL), 16% de Limite Plastico (LP) y se obtuvo un 24% de Indice de Plasticidad (IP)

COMPARACIÓN:

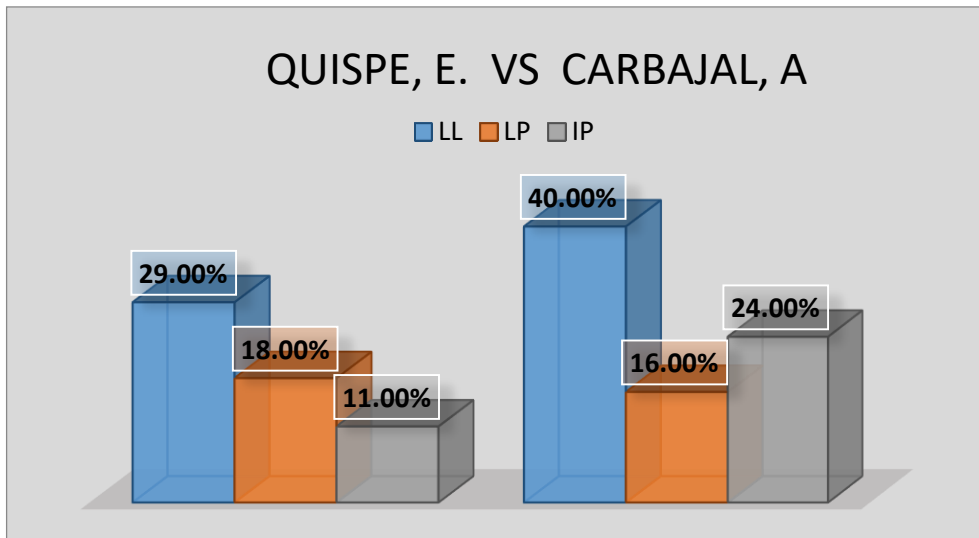


Grafico 6: Limites de Atterberg QUISPE, E. VS CARBAJAL, A

Según los resultados obtenidos de la comparación de ambos autores, Para la muestra de Quispe, E. se tiene un índice de plasticidad de 11%, el cual indica que es un suelo medianamente plástico y esto quiere decir que es un suelo promedio, y según la muestra de Carbajal se observó un índice de plasticidad de 24% el cual meciona que es un suelo altamente plástico, por lo que el suelo no se compactará fácilmente.

PROCTOR MODIFICADO 1:

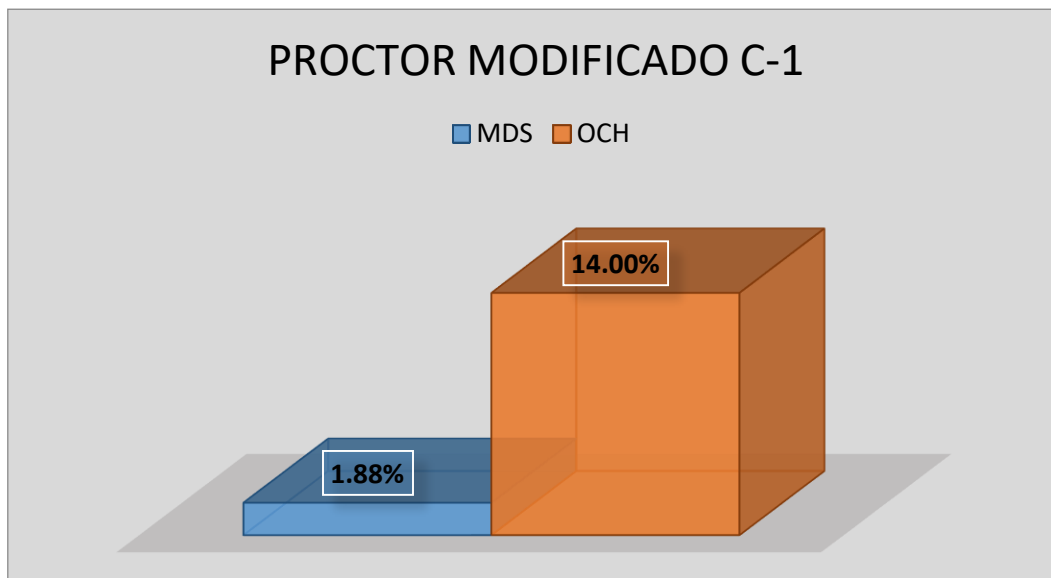


Grafico 7: Proctor Modificado (QUISPE, E. (2019))

Según los resultados de Quispe en su ensayo de Proctor modificado se observó que su suelo presentó un 1.88% de máxima densidad seca, y un 14% de optimo contenido de humedad.

PROCTOR MODIFICADO 2:

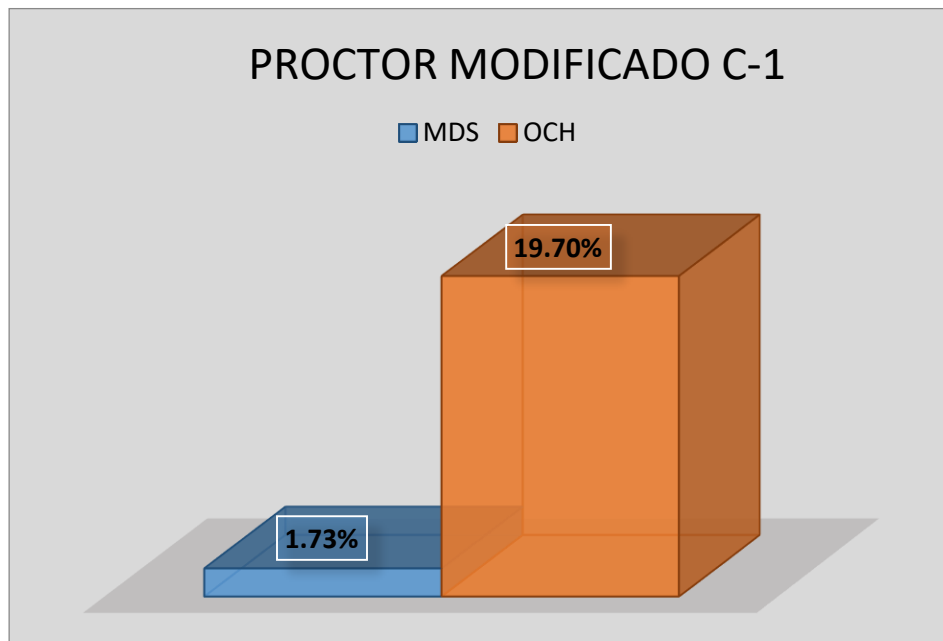
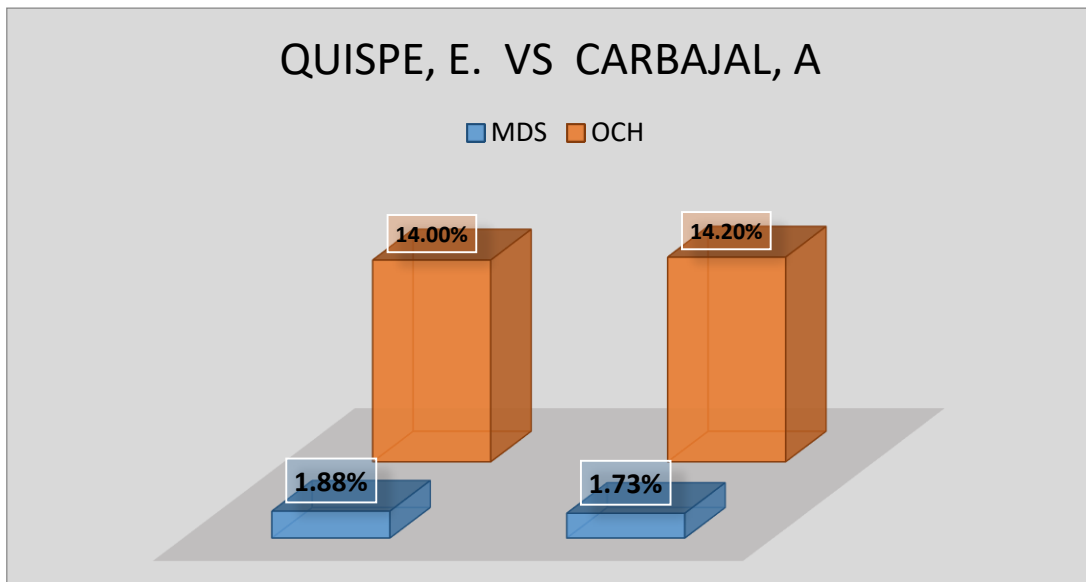


Grafico 8: Proctoc Modificado (CARBAJAL, A 2019)

Según los resultados de Carbajal en su ensayo de Proctor modificado se observó que su suelo presentó un 1.73% de máxima densidad seca, y un 19.70% de optimo contenido de humedad.

COMPARACIÓN:

Grafico 9: Proctor Modificado



Según los resultados obtenidos de la comparación de ambos autores, Para la muestra de Quispe, E Y Carbajal, A., tienen resultados muy similares y esto muestra que el suelo.

Tabla 3: CBR (QUISPE, E. (2019))

Resumen de CBR - Muestra sin aditivo PET		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
5.2	3.4	1.1

Fuente: Quispe, E. 2019

Según los resultados de los enayos de CBR que hizo Quispe, E. se observó que en la muestra C-01, la sub rasante fue inadecuada porque el CBR fue menor al 3% y no es apta para ser usada. En la muestra C-03 se observó que la sub rasante es regular con valores de interval de $6\% \geq \text{CBR} < 20\%$, el cual quizó decir que no necesitaba mejoramiento. En la muestra C-03 se observó que la sub rasante era pobre porque se encontró en un interval de $3\% \geq \text{CBR} < 6\%$ la requirió un mejoramiento para evitar fallas estructurales, por eso se incorporará PET en diferentes porcentajes para incrementar este valor de CBR.

PROCTOR MODIFICADO (Quispe, E. 2019)

Tabla 4: CBR + 1% de Fibras PET (QUISPE, E. (2019))

Resumen de CBR - Muestra con aditivo PET 1%		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
5.82	4.21	1.01

Fuente: Quispe, E. 2019

Según la muestra C-2 se apreció que el valor de realizado con textura PET al 1% tuvo como resultado que el MDS al 100% obtuvo un valor de 5.82, el MDS al 95% obtuvo un valor de 4.21 y una Expansión de 1.01

Tabla 5: CBR + 2% de Fibras PET (QUISPE, E. (2019))

Resumen de CBR - Muestra con aditivo PET 2%		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
5.91	4.41	0.89

Fuente: Quispe, E. 2019

Según la muestra C-2 se apreció que el valor de realizado con textura PET al 2% tuvo como resultado que el MDS al 100% obtuvo un valor de 5.91, el MDS al 95% obtuvo un valor de 4.41 y una Expansión de 0.89

Tabla 6: CBR + 3% de Fibras PET (QUISPE, E. (2019))

Resumen de CBR - Muestra con aditivo PET 3%		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
5.60	3.95	1.00

Fuente: Quispe, E. 2019

Según la muestra C-2 se apreció que el valor de realizado con textura PET al 3% tuvo como resultado que el MDS al 100% obtuvo un valor de 5.60, el MDS al 95% obtuvo un valor de 3.95 y una Expansión de 1.00

Tabla 7: CBR + 4% de Fibras PET (QUISPE, E. (2019))

Resumen de CBR - Muestra con aditivo PET 4%		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
5.05	3.80	1.10

Fuente: Quispe, E. 2019

Según la muestra C-2 se apreció que el valor de realizado con textura PET al 4% tuvo como resultado que el MDS al 100% obtuvo un valor de 5.05, el MDS al 95% obtuvo un valor de 3.80 y una Expansión de 1.10

Tabla 8: CBR + 5% de Fibras PET (QUISPE, E. (2019))

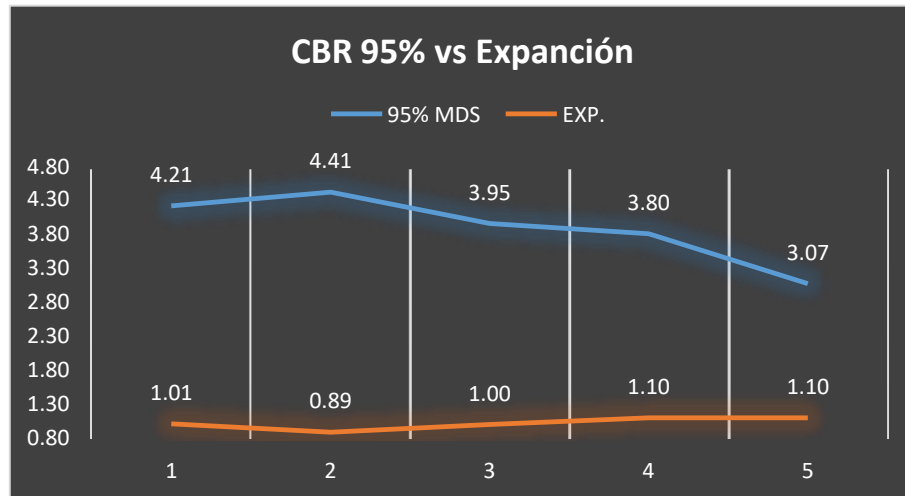
Resumen de CBR - Muestra con aditivo PET 5%		
C-2		
CBR a 1"		
100% MDS	95% MDS	EXP.
4.03	3.07	1.10

Fuente: Quispe, E. 2019

Según la muestra C-2 se apreció que el valor de realizado con textura PET al 5% tuvo como resultado que el MDS al 100% obtuvo un valor de 4.03, el MDS al 95% obtuvo un valor de 3.07 y una Expansión de 1.10

RESUMEN: CBR VS EXPANSIÓN

Grafico 10: CBR vs Expansión.

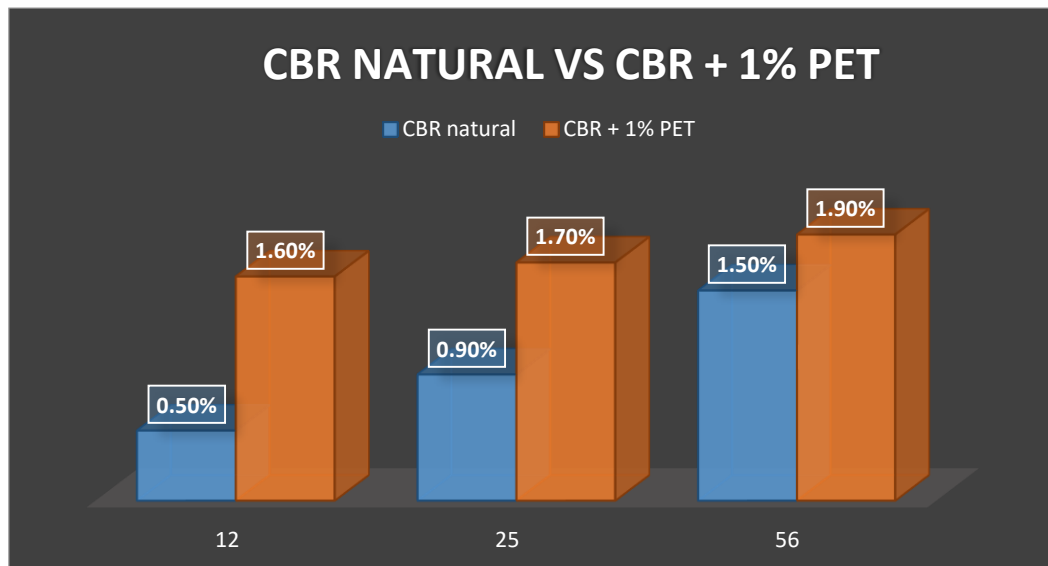


Fuente: CBR vs Expansión (Quispe, E. 2019)

Según el grafico, se observa CBR con aditivo PET presenta mejores resultados cuando se le agregó 2% de aditivo, **el CBR mejoró a 4.4%** y tuvo una expansión de 0.89%, Con lo que se determinó **que la dosificación al 2% con fibras PET** fué ideal para el mejoramiento de la sub rasante.

PROCTOR MODIFICADO (Quispe, E. 2019)

Grafico 11: CBR vs 1% PET



Fuente: CARBAJAL, A. (2019)

V. DISCUSIÓN

1.- Nesterenko (2018) que su tesis se presenta con su título de **“Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”**. Según sus resultados, el autor establece que el uso de polímeros como estabilizadores en los suelos, mejora las características físico - mecánicas, como queda demostrado con los distintos trabajos realizados en las ciudades del Perú. Según la referencia mencionada, en la investigación titulada **“Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”**, donde el autor realizó 3 calicatas, y según los ensayos de suelos que hizo, se observó que el suelo contenía finos de arena con poca grava, lo que quiso decir que el suelo es de baja capacidad portante, por ese motivo el autor decidió incorporar fibras PET en el suelo para ver su comportamiento, y según el nuevo ensayo que realizó agregando el material mencionado, vio que la capacidad portante del suelo mejoró notablemente.

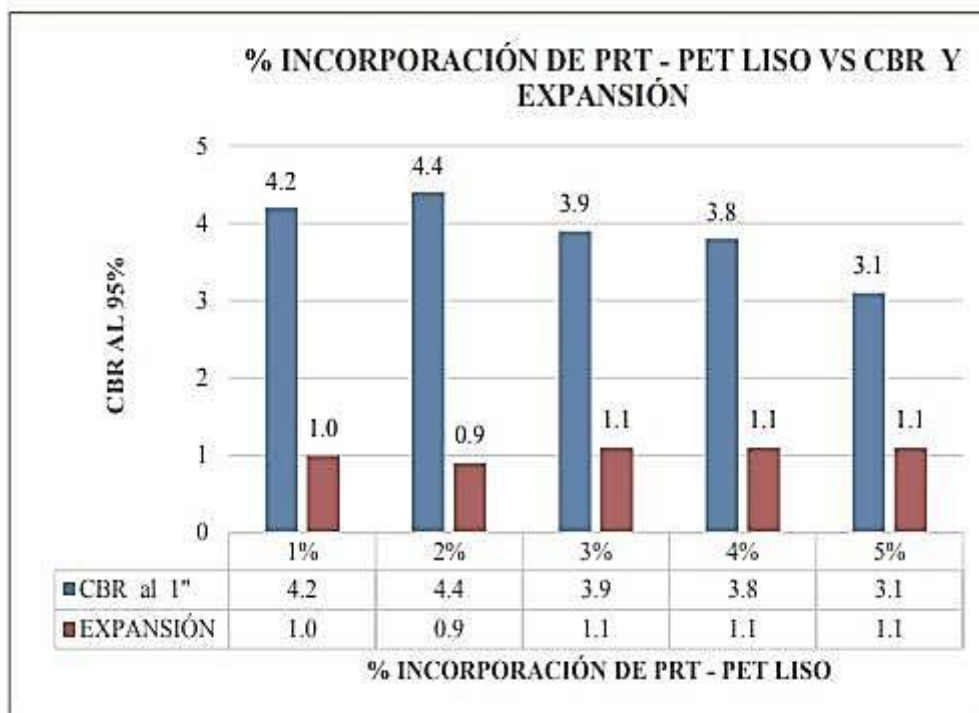


Figura 14. PET vs CBR y Expansión

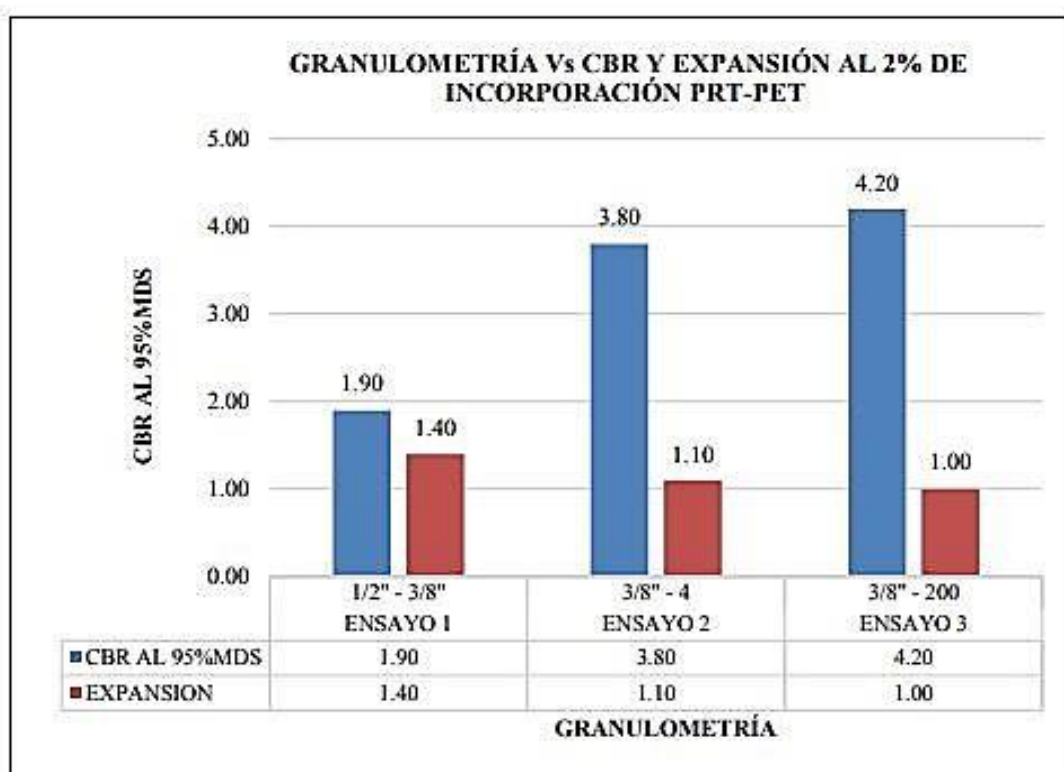
En conclusión: Al utilizar las fibras PET, ayuda a mejorar la capacidad portante del suelo, pero en estos porcentajes estudiados, no mejora lo suficiente.

2- **García** (2015) que su tesis se presenta con su título de ***“Determinación de la resistencia de la sub-rasante incorporando cal en el sector 14 de Mollepampa, Cajamarca”***, buscó ver y posteriormente mejorar un suelo arcilloso, para eso hizo ensayos físico mecánicos, en el cual se encuentra el ensayo de los límites de Atterberg, en la zona del autor, el clima era húmedo, porque lo que había mucha humedad, y las propiedades físicas de su suelo en cuanto a contenido de humedad era alta tomando en cuenta los parámetros del reglamento de su país, debido a eso, busco soluciones y optó por agregar aditivo cal, lo cual esto ayudó a disminuir el porcentaje de humedad del suelo. Según la referencia mencionada, en la investigación titulada ***“Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”***, donde el autor hizo el ensayo de los límites de Atterberg a sus muestras, en este caso en la muestra se encontró que el suelo era arenoso con poca graba, y además se encontró contenido de humedad, debido a que Abancay es una zona húmeda y el resultado promedio del contenido de humedad fue de 16.6% y este dato del suelo normal, el autor lo utilizó para compararlo con un suelo que tenga agregado fibras PET, y al hacer un nuevo ensayo de los los límites de Atterberg, se notó una mejora del suelo en cuanto a contenido de humedad debido a que se obtuvo un 11%. **En conclusión:** Al igual que el Cal, el agregar Polycón o fibras PET, ayuda en el mejoramiento del suelo en general, debido a que mejora las propiedades físicas, reduciendo la humedad, y esto ayuda a tener un suelo más compactado y que la resistencia mejore.

3- **Cuadros, C.** (2017), que su tesis se presenta con su título de ***“Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio”***, El autor buscó mejorar el suelo de su zona con oxido de calcio, debido a que en la localidad de su estudio hay mucha humedad debido a la altura sobre el nivel del mar. El autor tomó muestras del suelo y vio en las propiedades físicas, que el suelo presentaba mucha plasticidad y humedad. Al agregar el aditivo de oxido de calcio y al hacer un nuevo ensayo físico del suelo, vio que la plasticidad del suelo disminuyó, y el suelo se hizo más resistente. Según

la referencia mencionada, en la investigación titulada **“Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”**, El autor encontró humedad en su muestra, por lo que también se presentó contenido de plasticidad con un promedio de 18.33% según las 3 calicatas, Es por eso que en un segundo ensayo con la muestra del suelo con PET, el limite plástico disminuyó al 12.24% en promedio.

Figura 15. Granulometría VS CBR y Expansión al 2% de PET



Al agregar Polycón o fibras PET, ayuda en la disminución del contenido de plasticidad en el suelo y eso lo hace mejor, y al momento de ejecutar la obra, le da más estabilidad al suelo, y en caso de lluvias, este aditivo PET, hace que el suelo resista mas. **En conclusión:** tomando en cuenta la discusión 2 y discusión 3 el PET mejora notablemente las propiedades físicas del suelo.

4- Ugaz, R. (2006) que su tesis se presenta con su título de ***“Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de la subrasante”***, Según sus resultados, el autor Concluyó que, haciendo referencia a las propiedades mecánicas del suelo, aplicando el estabilizador de suelos con RBI-grado 81, se alcanzaron mejores resistencias en el CBR alcanzando un incremento de 16%, seguidas del estabilizador de suelos con Aid que incremento el CBR en 11%. Según la referencia mencionada, en la investigación titulada ***“Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018”***, donde el autor realizó 3 calicatas, y según los ensayos mecánicos del suelo, se vio que la capacidad portante del suelo fue baja en las calicatas 1 y 3 siendo menor a 3, y las propiedades mecánicas en la calicata 2 era buena, por lo que el autor agrego PET en diferentes dosificaciones, y luego hizo un nuevo ensayo de CBR y vio que al agregar este aditivo, el suelo mejoró notablemente. **En conclusión:** El aditivo PET ayuda mucho en la mejoración del suelo en cuanto a capacidad portante, y al tener un suelo que responda a las cargas que se le van a aplicar, se tendrá una estructura buena y duradera.

VI. CONCLUSIONES

- El incorporar fibras PET o Polycon mejora la subrasante del suelo segun el tipo de la propiedad fisica que presente el suelo, al incorporar este aditivo se incrementará el valor de CBR y reducirá la expansión natural del suelo logrando obtener CBR pobres o bajos, mejorandolos a CBR intermedios o Altos y disminuir la expansión del suelo segun el porcentaje de PET agregado.
- Según los ensayos fisicos de suelo, se conoceran sus propiedades de plasticidad, humedad y granulometria, segun esto se determinará que tipo de fibras PET y con que dimensiones de sus particulas se trabajara, si el suelo es arcilla se puede trabajar con particulas de 9.5mm y lograr que en el interior haya fricción y como resultado mejore el CBR del suelo y se redusca la expansion natural del suelo.
- Con los resultados obtenidos se pudo determinar que los suelos de baja resistencia como un suelo arenoso o limo, pueden ser reforzados con fibras PET o Polycom para mejorar sus propiedades mecánicas, y el porcentajes ideal es del 2.0%.
- Con todo los resultados observados, se pudo corroborar que el PET tiene mucha influencia para mejorar la subrazante del suelo, el cual es de mucha importancia a nivel ecologico debido a que se puede reciclar el plastico y rehusarlo para dismunuir el impacto ambiental y su alta acumulación contaminante, ademas es un material que tiene bajo costo, que es facil de conseguir y que este material mencionado, tiene un alto tiempo de vida.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a que este método de estabilización se aplique solo en suelos de capacidad portante mayor de CBR mayor al 3.5 % y con baja plasticidad, no se recomienda para todos los tipos de suelos. En caso se encuentre otro tipo de suelo, se puede aplicar otro metodo sugerido y normado por el MTC.
- Se recomienda a las municipalidades locales a que hagan un mapeo del suelo de sus mapas, y que se presente un reporte general de las zonas donde se tiene un suelo bajo en cuanto a resistencia para que se pueda proponer usar fibras PET O Polycom en el reforzamiento del suelo con el fin de que las vías que se vayan a construir, no presenten fallas estructurales como undimientos o piel de cocodrilo.
- Se recomienda hacer estudios de suelos en todas las obras viales para determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo de la subrasante debido a que son datos importantes para definir, con que aditivo mejorar los suelos y a la vez diseñar los espesores de la capa del pavimento, y ver si se requiere un mejoramiento del suelo o cumple con los parametros para el diseño.

REFERENCIAS

ABELLO, Cristian, ORTIZ, Jhon, OSPINA, María y OSPINA, Wilder (2014). Formulación de criterios de estabilización de taludes compuestos por cenizas volcánicas mediante el tratamiento químico de los suelos. Universidad Libre Seccional Pereira. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16964/FORMULACI%C3%93N%20DE%20CRITERIOS%20DE%20ESTABILIZACI%C3%93N.pdf?sequence=1>

ABURTO, Marco y RODRIGUEZ, David (2012). Caracterización de la resistencia de un material de banco para su uso como relleno compactado. México. Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/466/4/A4.pdf>

AGUILAR, Catherine y BORDA, Yeraldin (2015). *Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos*. Tesis de grado para la Universidad Santo Tomás. Bogotá. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3923/Bordayeraldin2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ALONSO, Eduardo (s.f) SUELOS COMPACTADOS EN LA TEORÍA Y EN LA PRÁCTICA. Barcelona. Recuperado de <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573409891/SuelosCompTeoPrat.pdf>

ARANCIBIA, Carolina (2003) Arcillas expansivas: Comportamiento, identificación y su correlación mediante ensayos de fácil ejecución. Universidad Austral de Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcia662a/pdf/bmfcia662a-TH.6.pdf>

AUSTLATIN (2019) Austlatin. Paving the way to Latin America. Recuperado de <https://www.austlatin.com.au/>

BAZÁN, Jorge (2017). *Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. – Medellín. Recuperado de

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

BILLMEYER, Fred (2004) Ciencia de los polímeros. Editorial Reverte. España.

BIOCENTRAL Laboratories (2016) MSDS. Material Data safety Sheets. Recuperado de <http://www.biocentral-labs.com/msds>

CALLE, Solanchs y ARCE, Moises (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Tesis de Grado Universidad Nacional San Agustín. Recuperado de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/ICcallse.pdf>

CMT, características de los materiales. Materiales para Terracerías (2002). México.

CARDENAS, Jesús (2017). Diseño pavimentos flexibles y rígidos y aeroportuarios. Colegio de Ingenieros del Perú. Recuperado de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/368608914-1-Suelos-de-Subrasante-PRINT-pdf.pdf>

CASTRO, William, RONDÓN, Hugo y BARRERO, Juan (2015) Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD. *Revista Ingeniería*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/inge/v21n1/v21n1a01.pdf>

COMPACTACIÓN: Prueba Proctor Estándar. Blog Ensayos de Ingeniería Civil. 2011. Recuperado de <http://ingcivilensayos.blogspot.com/2011/04/compactacion-prueba-proctor-estandar.html>

CONSTRUMÁTICA (2019). Resistencia del terreno. Recuperado de https://www.construmatica.com/construpedia/Resistencia_del_Terreno

COSIDEC, Pachacamac. (2016) Plan Local de Seguridad Ciudadana y Convivencia Social. Municipalidad Distrital de Pachacamac. Recuperado de

https://www.seguridadidl.org.pe/sites/default/files/archivos/planes_locales/Plan%20de%20SC%20Pachacamac_2016.pdf

CUADROS, Claudia (2017). *Mejoramiento de las propiedades físico -mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio – 2016*. Tesis de grado. Universidad Peruana de los Andes. Facultad de Ingeniería. Recuperado de <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/297/Cadros%20Surichaq%20Claudia%20Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

66

DAS, Braja (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4ª ed. México Cengage Learning, 2015. 636pp. ISBN: 978-607-519-373-1. Recuperado de https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion

DE DIEGO, Marian y DEL ARCO, Juan (s.f) Geles. Recuperado de <https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2016/11/29/104989.pdf>

DIAZ, Katherine y TORRES, Rosa (2019). *Incorporación de partículas de caucho de neumáticos para mejorar las propiedades mecánicas en suelos arcillosos*. Universidad Nacional de Jaén. Perú. Recuperado de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/D%C3%ADaz_SKJ_Torres_FRM.pdf

FAO (2019). Portal de suelos de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

FERMÍN, Stefani, FRANCO, María, FRASER, Hisgred y GÓMEZ, Rafael (2012). *Clasificación de los suelos*. (Normas AASHTO M-145-6 y ASTM D-2487-00) Universidad de Oriente. Venezuela. Recuperado de https://www.academia.edu/36652000/TRABAJO_DE_ENSAYO._CLASIFICACION_DE_SUELOS_-_copia

FLORES, Lourdes y ALCALA, Jorge (2010) *Laboratorio de física de suelos*. Manual de procedimientos analíticos. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE

MÉXICO. Recuperado de <https://civilgeeks.com/2019/03/25/manual-del-laboratorio-de-fisica-de-suelos/>

GARCÍA, Augusto (2012). Pavimentos 2. Proctor modificado y relación de soporte de california CBR. Recuperado de <https://es.slideshare.net/RibBrian/0201-proctor-cbr-2012>

HERNÁNDEZ, Silvia (2013). Marco metodológico. Población y muestra. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/maestria/documentos/LECT86.pdf

HOYOS, Fabián (2001) Geotecnia. Diccionario básico. Medellín. Recuperado de https://www.academia.edu/1329261/GEOTECNIA_DICCIONARIO_B%C3%81SICO

HURTADO, Jacqueline. (2000). *Metodología de la investigación holística*. Instituto Universitario de Tecnología Caripito. Caracas, Venezuela. Recuperado de <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrera-metodologia-de-investigacion-holistica.pdf>.

KAA, Bredka., MOGORUZA, Rogelio., y ANGUIZOLA, Ivet (2016). Análisis de propiedades de mezclas asfálticas modificadas en Panamá. **Revista De Iniciación Científica**, 2(1), 48-53. Recuperado a partir de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/600>

KELLER, Gordon y SHERAR, James (2005) Ingeniería de caminos Rurales. Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Gestión de Caminos Rurales. Instituto Mexicano del transporte. México. Recuperado ⁶⁸ de <https://es.slideshare.net/InnerSoft/ingeniera-de-caminos-rurales>

LEIVA, Roly (2016). *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, Distrito de Orcotuna, Concepción*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1181/Leiva%20Gonzales%20Roly%20Roberth%20-%202016%20-%20Pregrado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LI, CHeng (2016). Improving performance and sustainability of unpaved roads: Stabilization and testing. Graduate Theses Iowa State University. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/1f0a/2b21387378ba958d08f745b4e5e7550c7455.pdf>

LONDOÑO, Cipriano y ALVAREZ, Jorge (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. – Medellín. Recuperado de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

LÓPEZ Francisco. Fundamentos de polímeros. Mérida: Universidad de los Andes, 2004. 59 pp. Recuperado de <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/FUNDAMENTOSDEPOLMEROS.pdf>

LÓPEZ, Teresa, HERNÁNDEZ, Juan, HORTA, Jaime, CORONADO, Aleyda, CASTAÑO, Víctor (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 11(3).159-168. Recuperado de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>

MC Graw Hill (2019) *Introducción a la química*. Recuperado de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146263.pdf>

MENA, Richard (2018). *Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018*. Universidad Cesar Vallejo. Lima. Recuperado de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Mena_RRH.pdf

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2014). *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM 2000)*. Lima, Perú.: Agora Ediciones. 12.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2016). *Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000)*. Lima, Perú.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2014). *Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima, Perú, DC: Autor.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú, Servicios Gráficos Squadrito EIRL

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (2008). *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. MTC/02. Lima, Perú. Recuperado de http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2008/Abril/09/RM-303-2008-MTC-02_09-04-08.pdf

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. *Norma Técnica de Estabilizadores Químicos*. MTC E 1109 -2004. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.ageecovias.net/files/Norma-tecnica-de-estabilizadores-quimicos---MTC.pdf>

MOLINA, Cristian y SENCARA, Joselyn. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión de un concreto de alta resistencia, reutilizado en la etapa de fraguado*. Tesis de Grado de la Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6735/ICmoorcr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MONJE, Carlos. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Guía didáctica. Universidad Surcolombiana. Neiva. Recuperado de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

NESTERENKO, Darko (2018). *Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú*. Tesis de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3474/MAS_ICIV-L_043.pdf?sequence=2&isAllowed=y

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC (2014). Geotecnia y cimentaciones. MIDUVI. Ecuador. Recuperado de <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec6.pdf>

OROZCO, Juan et al. (2004). Sistema de evaluación de pavimentos. Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt245.pdf>

OVIEDO, Ramón (2013). Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante por medio de la aplicación de correlación deflectométrica. Investigación profesional. Premio Graña y Montero. Recuperado de <https://studylib.es/doc/8096931/mejoramiento-de-subrasantes-de-baja-capacidad-portante-por>

PALELLA, Santa y MARTINS, Feliberto. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa. 3ra edición. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Recuperado de <https://metodologiaecs.files.wordpress.com/2015/09/metodologc3ada-de-la-investigacic3b3n-cuantitativa-3ra-ed-2012-santa-palella-stracuzzi-feliberto-martins-pestana.pdf>

PALOMINO, Karen (2016). *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador maxxseal 100*. Tesis de Grado para la Universidad Privada del Norte. Cajamarca. Recuperado de <http://refi.upnorte.edu.pe/bitstream/handle/11537/10489/Palomino%20Ter%C3%A1n%20Karen%20Estefany.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PATIÑO, Juan (2017). *Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado*. Trabajo de Grado Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9159/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-219.pdf>

PATRONE, Julio y PREFUMO, José (s.f). La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. Métodos de prevención y control. Montevideo. Recuperado de http://www.um.edu.uy/upload/download/web_descarga_204_Accindesuelosexpansivos..Nmero4.pdf

POLYCOM Global. Stabilising Aid. Recuperado de <https://www.polycomglobal.com/>

PRIETO, Alberto. (2014). Metodología de la investigación. Universidad de Granada. Recuperado de http://atc.ugr.es/pages/personal/propia/alberto_prieto/conferencias_pdfs/investigacion_cientifica_a_prieto/%21

PROPIEDADES químicas. En *Significados.com* Recuperado de <https://www.significados.com/propiedad-quimica/>

RAMIREZ, Paula (2015). Clasificación de los suelos. Universidad de Pamplona. Departamento de Física y Geología. Colombia. Recuperado de <https://www.academia.edu/18549347/CLASIFICACION%20DE%20LOS%20SUELOS>

73

RAMOS, Gabriel (2014). Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará-Huancavelica 2014. Recuperado de [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TCIV_25%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/TCIV_25%20(3).pdf)

RICO, Alonso y DEL CASTILLO, Hermilio. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Editorial Limusa S.A., 1974, México. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/164716790/La-ingenieri-a-de-suelos-en-las-vi-as-terrestres-pdf>

RENJITH, Rintu, ROBERT, Dilan, FULLER, Andrew, SETUNGE, Sujeeva, O'DONNELL, Brian y NUCIFORA, Robert (2017). Enzyme based soil stabilization for unpaved road construction. MATEC Web of Conferences 138. Recuperado de file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Enzyme_based_soil_stabilization_for_unpaved_road_c.pdf

RODRÍGUEZ, Edgar, et al (2006) Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. *Rev. ing. univ. Medellin* V5 (9). Medellín. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242006000200003

ROMERO, Rocío y SAÑAC, Cynthia (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 Grado Universidad Andina del Cusco. Recuperado de http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/721/3/Rocio_Cinthia_Tesis_bachiler_2016.pdf

SAFETY Data Sheet. Polycom Compaction & Stabilisation Aid. Recuperado de file:///C:/Users/LENOVO/Desktop/POLYCOM_AUS_2016-SAFETY-DATA-SHEET.pdf

SEYMOUR, Raimond y CARRAHER; Charles (2002). *Introducción a la química de los polímeros*. 2da. Editorial Reverte, S.A. España. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=FOobaAs4Wp4C&printsec=frontcover&dq=polimeros&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihZj63fLIAhVIqIkKHYYMbBhQQ6AEIMDAB#v=onepage&q=polimeros&f=false>

SILVA, Mayra (2016) *Mejoramiento de la subrasante con geomallas multiaxiales tipo tx140 y tx160, aplicado a un tramo de la calle Alemania – La molina - Cajamarca 2016*. Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10543/Silva%20Arce%20Mayra%20Ayllen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TAPIA, Miguel (2019). *Pavimentos*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://www.academia.edu/16797521/PAVIMENTOS>

TORRECILLAS, Andrew *Gestión de la investigación de datos*. Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/36053/Tesina%20final%20de%20estudios%20M%C3%A1ster%20Oficial%20CALSI.pdf?sequence=1>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección general de Caminos y Ferrocarriles. (2014). *Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú. DC: Autor.

ULATE, Alonso. (2017). *Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales. Boletín Técnico PITRA-LanammeUCR 8(2)*. Recuperado de

[http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin PITRA 2 -
_2017.pdf](http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/boletines/Boletin_PITRA_2_-_2017.pdf)

VERMA, Neeraj (2014) Effectiveness of using polymers and cement for soil stabilization. Thesis degree Masters of Engineering. Thapar University. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/2f40/cdc4cf2d0d5c267fefe6742150bfa7982817.pdf>

VILLANUEVA, Silvia (2017). Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica, organosilano y un sulfonato. Caso: Poncos – Kochayoc, Departamento de Ancash. Tesis de Maestría Universidad Ricardo Palma. Lima. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1672/SMVILLANUEVAF-cps.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZUMRAWI, Magdi (2015). Stabilization of Pavement Subgrade by Using Fly Ash Activated by Cement. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. V 3 (6)

ANEXOS

ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycom, en la Av. Unión de Manchay. Lima - 2019					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE I (X) : MEJORAMIENTO DE LA SUB RAZANTE		INSTRUMENTOS
¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom a la subrasante ?	Determinar en qué manera el polímero polycom mejora la subrasante.	La Adición del Polímero Polycom Mejorará la Subrasante	DIMENSIONES	INDICADORES	ASTM D-1557
			Humedad (OCH)	Ensayo Proctor	
Expansión	VARIABLE D (Y): POLIMERO POLYCOM	INSTRUMENTOS	Ficha de Recolección de datos		
PROBLEMA ESPECIFICOS				OBJETIVO ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS
¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la humedad de la subrasante?	Determinar en qué magnitud influye el polycom en la humedad de la subrasante	El uso de Polycom influye en la humedad de la subrasante	Propiedades Químicas	PH, solubilidad	NTP 339.152
¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la máxima densidad seca de la subrasante?	Determinar en qué magnitud influye el polycom en la máxima densidad seca de la subrasante	El uso de Polycom influye en la máxima densidad seca de la subrasante	Propiedades Físicas	Olor, color	Ficha de Recolección de datos
¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la resistencia de la subrasante?	Determinar en qué magnitud influye el polycom en la resistencia de la subrasante.	El uso de Polycom influye en la resistencia de la subrasante			
¿Cómo mejora la aplicación del polímero Polycom, la Expansión de la subrasante?	Determinar en qué magnitud influye el polycom en la expansión	El uso de Polycom influye en la expansión de la subrasante			

METODO:
Científico

TIPO:
Basico

DISEÑO:
No Experimental

POBLACION:
Ensayos realizados para la obtención de datos

MUESTRA:
Las calicatas del anexo de Carvajal Yate y Quispe Serrano, mostrados en el anexo

TECNICA:
Observación directa
Instrumento:
Formato de Ensayos Realizados por Autores

ANEXO 4: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Independiente POLYCOM	PolyCom es un producto australiano que viene en una presentación de Polvo Concentrado de Acrylamida, surfactantes y ligantes que cuando se mezclan con el agua forman un líquido copolímero. La función principal de este producto es impartir mayor resistencia al material a tratar. La inclusión de PolyCom permite conseguir mayores densidades en una amplia variedad de materiales, proporcionando un alto grado de resistencia al agua y una mayor flexibilidad a la capa tratada.	Para analizar el POLYCOM será en base a su aplicación, granulometría, absorción y peso específico y a la dosificación añadida a las muestras de suelo que se tomen.	Dosificación	1%, 2%, 4%	Razón
			Propiedad Química	PH, solubilidad	
			Propiedad Físicas	Olor, color	
Dependiente Mejoramiento de la Subrasante	Es un tratamiento de suelos, con agregados especiales que debe ser comprobado por procedimientos de diseño de muestras de laboratorios bajo normas internacionales. Existen ensayos específicos que determinan las características de las mezclas o suelos tratados y así son herramientas propicias para determinar las condiciones estructurales del suelo estabilizado con algún agregado. ya sea en corte o terraplén, se formará con suelo seleccionado, estabilización con cal; estabilización con material pétreo, membranas sintéticas, empalizada, o mezcla de materiales previamente seleccionados., en las medidas indicadas en los planos.	Se analizará en base a su OCH y MDS, su resistencia en seco y expansión del suelo.	Humedad (OCH) Max densidad seca (MDS)	Ensayo PROCTOR	Razón
			Resistencia Expansión	Ensayo CBR	Razón

ANEXO 5: RESULTADOS SEGÚN EL PORCENTAJE EN SIMILITUD DEL TURNITIN

The screenshot displays the Turnitin Feedback Studio interface. The main document area shows the following text:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL

"Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycom, en la Av. Unión de Manchay. Lima -2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Martínez Machado, Marco Miguel (ORCID [0000-0002-2294-4948](https://orcid.org/0000-0002-2294-4948))

ASESOR:
Mg. Ing. Benitez Zúñiga, José Luis (ORCID [0000-0003-4459-494X](https://orcid.org/0000-0003-4459-494X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de infraestructura vial


LIMA-PERÚ
(2020)

The right sidebar shows a 'Resumen de coincidencias' (Summary of matches) with a total similarity of 12%. It lists 10 sources with their respective similarity percentages:

Rank	Source	Similarity
1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
3	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
6	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	<1 %
9	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %


At the bottom of the window, the Windows taskbar shows the date and time as 10:42 p.m. on 13/07/2020.

ANEXO 6: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS.



Tio Equiz
Buenas Tardes Ingeniero Benites, me comunico a usted soy el Alumno, Martinez Machado Marco Miguel del X ciclo curso la carrera de ingeniería Civil, del curso De

dom., 28 jun. 13:44 (hace 3 días)



JOSE LUIS
para mí ▾

dom., 28 jun. 13:51 (hace 3 días) ☆ ↶

Estimado (a). Martinez Machado Marco Miguel

Habiendo revisado tus instrumentos para a recolección de datos, de tu DPI titulado "Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycom, en la Av. Unión de Manchay. Lima -2019" , doy por **VALIDADO** para que pueda aplicar en su desarrollo de tesis.

Atte. Mg. Jose Luis Benites Zuñiga
Ingeniero Civil
CIP 126769

...

--
Atte.
Ing. Jose Luis Benites Zuñiga

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

AUTOR Martínez Machado Marco Miguel
PROYECTO Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycor, en la Av. Unión de Manchay. Lima -2019



REFERENCIA DE LA MUESTRA IDENTIFICACION **N° DE ORDEN**

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-02)						CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883-05)																	
VOLUMEN DEL MOLDE :						VOL. MOLDE :		INDICADO		N° DE CAPAS : 5		CAP. DEL ANILLO : Ton.		F. ANILLO :		0(L. Dial)2 + 3.383(L. Dial) - 5.838							
MÉTODO DE COMPACTACIÓN:						N° DE MOLDE				N° MOLDE		(57 Golpes)		(25 Golpes)		(12 Golpes)							
N° GOLFES						N° DE GOLFES				PEN. (mm)		LEC. DIAL.		CARGA(kg)		LEC. DIAL.		CARGA(kg)		LEC. DIAL.		CARGA(kg)	
P. MOLDE + S. HUMED (g)						VOLUMEN DE MOLDE cm ³		0															
PESO MOLDE (g)						P. MOLDE + S. HÚMEDO, g		0.5															
PESO SUELO HUMEDO (g)						PESO MOLDE, g		1.0															
N° TARRO						PESO SUELO HÚMEDO, g		1.5															
P. TARRO + S. HUMED (g)						N° TARRO		2.0															
P. TARRO + S. SECO (g)						P. TARRO + S. HÚMEDO, g		2.5															
PESO DE AGUA (g)						P. TARRO + S. SECO, g		3.0															
PESO DE TARRO (g)						PESO DE AGUA, g		3.5															
PESO SUELO SECO (g)						PESO DE TARRO, g		4.0															
HUMEDAD (%)						PESO SUELO SECO, g		4.5															
HUMEDAD PROMEDH (%)						CONTENIDO DE HUMEDAD, g		5.0															
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)						DENSIDAD HÚMEDA, g/cm ³ .		7.5															
DENSIDAD SECA (g/cm ³)						DENSIDAD SECA, g/cm ³ .		10.0															
ABSORCIÓN						EXPANSIÓN																	
N° MOLDE						FECHA		HORA		LEC. DIAL.		LEC. DIAL.		LEC. DIAL.		MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)							
PESO SUELO HUM. + PLATO + MOLDE (g)																ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)							
PESO DEL PLATO + MOLDE (g)																CBR A 2,5 mm DE PENETRACION AL 100% DE LA M.D.S. (%)							
PESO SUELO HUMEDO EMBEBIDO (g)																CBR A 5,0 mm DE PENETRACION AL 100% DE LA M.D.S. (%)							
PESO SUELO HUMEDO SIN EMBEBER (g)																SERIE AMERICANA 3/4" 3/8" N° 4 N°200 Pasa N°200							
PESO DEL AGUA ABSORBIDA (g)																RETENIDO PARCIAL (%)							
PESO DEL SUELO SECO (g)																LÍMITE LÍQUIDO SUCS							
ABSORCIÓN DE AGUA (%)						EXPANSIÓN (%)										ÍNDICE DE PLASTICIDAD AASHTO							

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

OBSERVACIONES :

DATOS DEL ESPECIALISTA:	Sello y Firma
Apellidos y Nombres: Especialidad: C.I.P.:	

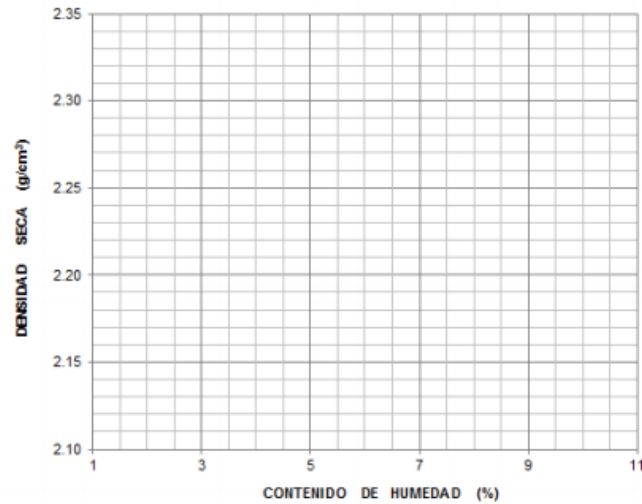
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

AUTOR : Martínez Machado Marco Miguel
PROYECTO : Mejoramiento de la subrasante mediante la adición del polímero Polycorn, en la Av. Unión de Mançay.
 Lima, 2019



(ASTM D-1557) MTC E 115 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Nº de Capas :	5	Altura de caída del pisón :	45.72 cm	Peso del pisón :	4.54 Kg	Volumen del Molde :	
Energía de Compactación Modificada :	27.4 kg-cm/cm³			Número de Golpes / capa : 25 Golpes			
Peso Suelo Humedo + Molde	(g)						
Peso del Molde	(g)						
Peso Suelo Humedo	(g)						
Volumen del Molde	(cm³)						
Densidad Suelo Humedo	(g/cm³)						
Tarro N°							
Peso suelo humedo + tarro	(g)						
Peso suelo seco + tarro	(g)						
Peso del agua	(g)						
Peso del tarro	(g)						
Peso suelo seco	(g)						
Contenido de Humedad	(%)						
Promedio de Humedad	(%)						
Densidad del Suelo Seco	(g/cm³)						



PREPARACIÓN DE LA MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
2 1/2"		
2"		
3/4"		
3/8"		
N°4		
<N°4		

MÉTODO	
MDS	
OCH	

DATOS DEL ESPECIALISTA:	Firma y Sello
APELLIDOS Y NOMBRES: ESPECIALIDAD: C.I.P. N°:	