



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA
SUBRASANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE
LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE
MARCAVELICA – SULLANA – PIURA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

RAMOS GONZALES, Yanella Alexandra

SEMINARIO CHIRA, Wilmer Anthony

ASESOR:

ING. ZEVALLOS VILCHEZ, Máximo Javier

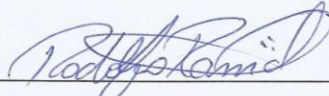
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

PIURA – PERÚ

2019

JURADO CALIFICADOR



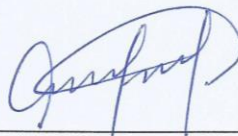
PRÉSIDENTE

MG. RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO



SECRETARIO

MG. VICTOR AUGUSTO CALLE RENTERIA



VOCAL

ING. CRISTHIAN ALEXANDER LEÓN PANTA

El Jurado en cargo de evaluar la tesis presentada por: RAMOS GONZALES YANELLA ALEXANDRA Y SEMINARIO CHIRA WILMER ANTHONY cuyo título es: **“USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE MARCAVELICA - SULLANA -PIURA”**

Reunido en fecha, escucho la sustentación y la resolución de preguntas por es estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número) QUINCE (letras).

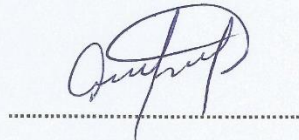
PIURA.....28..... de.....Marzo..... Del 2019



PRESIDENTE



SECRETARIO



VOCAL



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

DEDICATORIA:

Este logro lo dedico a Dios, por ser mi guía y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Además, a mi tío Joel, porque a pesar que no está físicamente, siempre lo está en mi corazón y en mis recuerdos.

Pero principalmente le dedico este trabajo a mi madre, porque han pasado muchos años desde que nací, y desde ese momento e incluso mucho antes de ello, siempre has buscado las maneras de ofrecerme lo mejor. Asimismo, por lo arduo que has trabajado y por todo lo invaluable que has hecho por mí y mi hermano, este proyecto te lo dedico madre.

RAMOS GONZALES, YANELLA ALEXANDRA.

El presente proyecto se lo dedico a mi Padre Celestial, por permitirme estar a un paso de lograr una de mis metas.

Especialmente les dedico esto a mi abuelita y mi madre, porque ellas siempre han estado apoyándome, aconsejándome, e inculcándome buenos valores para poder ser una mejor persona día a día. A mi hermano por sus palabras de aliento y por la confianza que han depositado en mí.

SEMINARIO CHIRA, WILMER ANTHONY.

AGRADECIMIENTOS:

Me faltarían páginas para agradecer a todas las personas involucradas en la realización de este trabajo de investigación, sin embargo, merece reconocimiento especial mi querida madre, ya que gracias a su esfuerzo, apoyo incondicional y la confianza depositada en mí, hizo posible la culminación de mi carrera universitaria, pese a todas las adversidades y obstáculos que se presentaron en el camino. Gracias madre porque como en todos mis logros y fracasos siempre estás conmigo.

RAMOS GONZALES, YANELLA ALEXANDRA.

Agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, con la cual estoy muy agradecido por el apoyo y la confianza que siempre han tenido en mí. Especialmente le agradezco a mi madre ya que gracias a su esfuerzo y perseverancia estoy culminando mi carrera profesional, por ello es el motor y motivo de mi vida, gracias por estar allí conmigo madre.

SEMINARIO CHIRA, WILMER ANTHONY.

Agradecemos a nuestro asesor metodológico Máximo Javier Zevallos Vílchez, por su invaluable apoyo en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

Asimismo agradecemos a nuestro Sub Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Mg. Rodolfo Enrique Ramal Montejo, y a los profesionales que en conjunto constituyen dicho plano institucional, como son Ing. Krissia del Fátima Valdiviezo Castillo e Ing. Crithian Alexander León Panta; por haber sido partícipes desde la primera etapa de nuestro proyecto brindándonos su valioso aporte para la realización del mismo.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **Yanella Alexandra Ramos Gonzales**, identificada con DNI N° 75956071, y **Wilmer Anthony Seminario Chira**, identificado con DNI N° 71039151, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación anexada a la presente tesis, es original y de fuentes veraces.

Asimismo, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se expone en la presente tesis son originales.

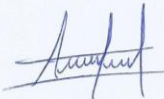
Por lo expuesto, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Piura, 28 de Marzo del 2019



Yanella Alexandra Ramos Gonzales

DNI: 75956071



Wilmer Anthony Seminario Chira

DNI: 71039151

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, presentamos el proyecto de investigación titulado: “USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE MARCAVELICA – SULLANA – PIURA”.

La razón que motivó el desarrollo de la presente tesis, es la mejora en el desplazamiento de los habitantes del Centro poblado La Golondrina, en el distrito de Marcavelica – Sullana, aporte significativo dado que este tipo de infraestructura vial aún no se presenta en la actualidad, siendo un factor propicio para la transitabilidad de los moradores de la zona acostumbrados a sistemas de transportes contaminantes, inseguros y desfasados en el tiempo. Además, es necesario mencionar que en dicha zona existe una institución educativa pública, lo cual requiere el interés del caso para brindar una mejor accesibilidad al centro de estudios.

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

- I. Introducción
 - II. Método
 - III. Resultados
 - IV. Discusión
 - V. Conclusiones
 - VI. Recomendaciones
 - VII. Referencias Bibliográficas
- Anexos

Atentamente.

Los Autores.

ÍNDICE

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Trabajos Previos	14
1.2.1. Antecedentes Internacionales	14
1.2.2. Antecedentes Nacionales	16
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	18
1.3.1. Polímeros reciclables	18
1.3.2. Polímeros PET	19
1.3.4. Estabilización de Suelos	22
1.4. Formulación del Problema de Investigación	23
1.4.1. Problema general	23
1.4.2. Problemas específicos.....	23
1.5. Justificación	24
1.6. Hipótesis	24
1.6.1. Hipótesis general	24
1.6.2. Hipótesis específicos	24
1.7. Objetivos.....	25
1.7.1. Objetivo general	25
1.7.2. Objetivos específicos	25
II. MÉTODO.....	26
2.1. Diseño de Investigación.....	26
2.1.1. Tipo de Investigación	26
1.2. Variables, Operacionalización	26
2.2.1. Variables.....	26

2.3.	Población y Muestra	28
2.3.1.	Población	28
2.3.2.	Muestra	28
2.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.....	28
2.5.	Métodos de Análisis de Datos	31
2.6.	Aspectos Éticos.....	32
III.	ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
3.1.	Procedimiento para lograr nuestros objetivos específicos	33
3.2.	Localización de las Muestras	33
3.3.	Trabajos de Campo y Ensayos de Laboratorio	34
3.3.1.	Calicatas	34
3.3.2.	Ensayos Para el Desarrollo de la Investigación.....	35
3.4.	RESULTADOS PRIMER OBJETIVO.	35
3.5.	RESULTADOS SEGUNDO OBJETIVO	45
3.6.	RESULTADOS TERCER OBJETIVO	49
IV.	DISCUSIÓN.....	51
V.	CONCLUSIONES	53
VI.	RECOMENDACIONES	53
VII.	Referencias Bibliográficas.....	54

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de Consistencia

Anexo N° 02: Métodos de Ingeniería

Anexo N° 03: Instrumentos

Anexo N° 04: Constancia de Validación

Anexo N° 05: Documento de Similitud

Anexo N° 06: Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

Anexo N° 07: Autorización de Publicación de Tesis en Reposición Institucional UCV

Anexo N° 08: Autorización de la Versión Final del Trabajo de Investigación

Anexo de Bases Teóricas

Anexo de Vista Fotográficas de Ensayos de Laboratorio

RESUMEN

La presente tesis plantea el uso de polímeros PET de manera triturada para la mejora de la subrasante del Centro poblado La Golondrina, en el distrito de Marcavelica- Sullana, desde el punto de vista de la ingeniería civil dicho propósito se concreta con la demostración de cuán favorable es el hacer uso de un material que hoy en día se considera altamente contaminante, así como también el obtener una cantidad óptima de dichos polímeros triturados; todo ello efectuado y verificado a través de pruebas en laboratorio de mecánica de suelos.

La primera y segunda parte de la investigación corresponde al desarrollo del método científico, el cual permite conocer los fundamentos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

La tercera parte desarrolla los criterios empleados para la realización de la propuesta y además para la cantidad óptima a utilizar de polímeros triturados. Asimismo, se muestran resultados del estudio de ingeniería que permitieron obtener los parámetros técnicos necesarios para hacer uso de los polímeros en mención.

La cuarta parte es de carácter práctico, puesto que en ella se concreta la propuesta final utilizando las técnicas de ingeniería convenientes para tal fin, con el objetivo de demostrar el diseño final con el que se realizaría la mejora del pavimento a nivel de subrasante, de acuerdo a las especificaciones obtenidas y desarrolladas en los capítulos preliminares.

La quinta y última parte de la investigación desarrolla las conclusiones y recomendaciones obtenidas luego del desarrollo global de la misma.

Palabras clave: polímeros, subrasante, mejorar.

ABSTRACT

The present thesis proposes the use of PET polymers in a crushed manner for the improvement of the subgrade of the La Golondrina town center, in the district of Marcavelica - Sullana, from the point of view of civil engineering said purpose is concrete with the demonstration how favorable it is to make use of a material that today is considered highly polluting, as well as to obtain an optimum quantity of said crushed polymers; all this carried out and verified through laboratory tests of soil mechanics.

The first and second part of the investigation corresponds to the development of the scientific method, which allows knowing the foundations for the development of the present research work.

The third part develops the criteria used for the realization of the proposal and also for the optimum amount to use of crushed polymers. Also, results of the engineering study are shown that allowed to obtain the necessary technical parameters to make use of the mentioned polymers.

The fourth part is practical, since the final proposal is made using the appropriate engineering techniques for this purpose, with the aim of demonstrating the final design with which the improvement of the pavement at the subgrade level would be carried out, according to the specifications obtained and developed in the preliminary chapters.

The fifth and last part of the investigation develops the conclusions and recommendations obtained after the global development of the same.

Keywords: polymers, subgrade, improve.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Hoy en día, la ingeniería vial está evolucionando a gran escala tanto en nivel de investigación como en la aplicación de nuevas tecnologías, debido a ello, se genera el impulso de numerosos proyectos de infraestructura vial, los cuales brindan el paso a la población, permitiendo conectar los diferentes centros rurales y urbanos para que se integren garantizando mejorar la calidad de vida de las personas y el desarrollo de todo un país. Esto se puede estimar en las nuevas construcciones de carreteras, caminos vecinales u trochas y otros proyectos viales.

La red vial ecuatoriana, en sus componentes de vías de primer orden, segundo orden y tercer orden, son directamente afectadas por los factores de clima, materiales deficientes y tránsito pesado, y a consecuencia de ello estas presentan fallas de tipo funcional, es decir que los pavimentos no cumplen con su propósito, el cual es brindar libertad y comodidad al momento de transitar por los mismos, así mismo presentan fallas estructurales, las que son causantes de que los pavimentos no sean transitables, además, el mal estado de las vías perjudica directamente a los habitantes y economía del País.

Así mismo la infraestructura vial del Perú se ve afectada debido a que la mayoría de pavimentos a medida del tiempo se deterioran por el aumento del tráfico los cuales los hace vulnerables a cargas pesadas y efectos climáticos, etc., por ello esto se considera un gran problema en el ámbito vial, ya que estas deben cumplir con ser eficientes, rentables, confiables, y ecológicamente sostenibles. Sin embargo muchas de las obras viales que se proyectan en nuestro país están cimentados en suelos de baja capacidad portante, este es uno de los factores que afecta directamente a los pavimentos, es por ello que antes de la ejecución de una obra vial se debe saber si el terreno de fundación cumple con la resistencia adecuada, en el caso que no cumpliera con lo mencionado necesitarán ser mejorados o cambiados. Según el **Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)** hace mención de diferentes métodos para mejorar los terrenos de fundación deficientes de un pavimento, utilizando cal, cemento, escoria, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, etc., dependiendo del tipo de suelo e importancia de la vía, cumpliendo los parámetros exigidos por el mismo.

Existen otras materias con las que se puede mejorar un terreno que no están dadas por el MTC o alguna otra Normativa, como por ejemplo los polímeros PET, el cual actualmente es

considerado como un residuo sólido que afecta al medio ambiente. En el Perú la cantidad de plástico PET es alrededor de 50 mil toneladas por año, es por ello que a este material se le puede dar uso para mejorar el diseño estructural de un pavimento, siendo una gran alternativa para el ámbito de la construcción y la sostenibilidad del medio ambiente.

Los pavimentos de la ciudad de Piura al igual que en las diferentes zonas a nivel nacional, se encuentran en un pésimo estado debido a efectos por naturaleza como son las lluvias y los movimientos sísmicos, además muchas veces son originados por las mismas personas debido al mal uso de los materiales al momento de construir, el tránsito inadecuado de vehículos pesados, etc. y otro de los factores es el lugar donde se encuentra cimentado el pavimento. Según estudios anteriores, Piura en su mayoría está constituido por depósitos de arenas limosas con intercalación de arenas de grano medio a fino en superficie, es decir, de poca capacidad portante.

Actualmente, el Centro poblado La Golondrina del distrito de Marcavelica, se categoriza como una comunidad rural en donde existen 565 viviendas aproximadamente; dicho caserío se encuentra formado por trochas, es decir, por senderos angostos que se expanden en el entorno natural y agreste del mismo. Cabe mencionar que, hasta la fecha dichos accesos no se encuentran pavimentados, siendo como parámetro de estudio las progresivas 0+000 hasta 1+000 del Centro poblado La Golondrina. El propósito de este trabajo de investigación es el de contribuir técnicamente al desarrollo del pueblo en mención en cuanto a la intercomunicación que pudiese haber entre este y cualquier otro; ya que el desarrollo de vías brindan un mejor servicio a la comunidad y se ve reflejado en la productividad y competitividad del mismo.

1.2. Trabajos Previos

1.2.1. Antecedentes Internacionales

En la tesis de Lina Marcela Ramírez Jiménez, titulada “PAVIMENTOS CON POLÍMEROS RECICLADOS” con motivo de optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad EIA en el año 2011, ciudad de Medellín – Colombia, el proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar las propiedades mecánicas del asfalto alterado con polímeros reciclados con las de un asfalto normal, para lograr lo mencionado la metodología se apoyó en tres etapas: la primera etapa estuvo constituida por un diseño de experimentos, estudios de

identificación del asfalto a emplear, diseño del mismo con hule y azufre a temperaturas diferentes, pruebas para obtener una proporción óptima de hule y azufre; en la segunda etapa se ejecutó la utilización de poliestireno expandido (EPS) para el diseño de asfalto, pruebas para obtener una proporción óptima de poliestireno expandido (EPS); por último, en la tercera etapa, se realizaron pruebas de almacenamiento, de estabilidad a las mezclas con hule y EPS. Llegando a la conclusión que las características de asfalto y poliestireno, es de manera insoluble, debido a que el polímero se torna humedecido dentro del asfalto, a causa de la diferencia que existen entre las temperaturas sometidas al asfalto, por lo tanto, no es viable la mezcla de asfalto con poliestireno expandido. (Jiménez Ramírez, 2011)

Por consiguiente en la tesis de Liliana Muñoz Pérez, con título “ESTUDIO DEL USO DEL POLIETILENO TEREFTALATO (PET), COMO MATERIAL DE RESTITUCIÓN EN SUELOS DE BAJA CAPACIDAD DE CARGA”, con motivo de optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Autónoma de México en el año 2012, ciudad de México D.F. – México, el trabajo de investigación buscó comprobar el comportamiento mecánico que tiene el polietileno teraftalato PET sometido a esfuerzos de compresión estáticos, así mismo saber la influencia que ejerce la consistencia del material, la velocidad al deslizamiento y el aislamiento sobre el comportamiento mecánico del PET. Por lo que se tuvo que realizar ensayos de compresión estática no confinada a diferentes envases para identificar a los que presentaran las cuatro mejores opciones: excelente relación, peso y resistencia, accesibilidad, y la mínima deformación. Los envases escogidos fueron rellenos de bolsas plásticas con el fin de realizarles pruebas de compresión simple y relacionar los resultados con los ya adquiridos. En conclusión, los envases rellenos con bolsas de polietileno incrementaron la resistencia de una forma importante (hasta 140%), no obstante el peso acrecienta de forma radical (hasta 570%). Cabe mencionar que, en estudios donde se requiera que el peso de la estructura no sea restrictivo, el uso del polietileno teraftalato en envases resulta innovador, ya que proporciona una mejor resistencia al suelo, escogiendo un lugar para la disposición final sin afectar el ambiente. (Pérez Muñoz, 2012)

También Maila Paucar Manuel Elías, en su proyecto de instigación titulado “COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA)”, en la Universidad Central del Ecuador en el año 2013, ciudad de Quito – Ecuador, donde su objetivo fue la disminución del deterioro y daños que presentan las infraestructuras viales hechas con una mezcla asfáltica

reformada empleando el polímero etileno vinil acetato (EVA), es por ello que para lograr dicho objetivo se tuvo que realizar ensayos para determinar las propiedades de los materiales a utilizar, también se ejecutaron ensayos en las mezclas tradicionales de asfalto y modificada como son Marshall, Cántabro, módulo dinámico elástico, siendo este último el más característico de los ensayos realizados en la investigación ya que compara las deformaciones de las mezclas a temperaturas diferentes con la tecnología actual. Llegando a concluir que, la adición de polímero EVA a una mezcla tradicional de asfalto, responderá de una manera favorable ya que le proporcionará características de durabilidad e incrementará el módulo dinámico elástico hasta en un 40%, siendo esta una de las propiedades más importantes del asfalto. Así mismo los polímeros EVA son una alternativa de solución para reducir los daños y el deterioro que son originados por las cargas de tránsito en pavimentos flexibles. (Maila Paucar, 2013)

1.2.2. Antecedentes Nacionales

En el proyecto de investigación de Ramos Hinojosa Gabriel Paul, con el título “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE, MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014”, con motivo de optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Centro del Perú en el año 2014, ciudad de Huancavelica – Perú, el trabajo de investigación tiene como objetivo la utilización de polímeros reciclados para mejorar las subrasantes de baja capacidad portante de las carreteras. Por ello, realizó lo siguiente, se adquirieron muestra de la subrasante de la carretera de estudio, a la cual, se realizaron respectivo ensayo en el laboratorio de suelos, donde la subrasante fue dividida en dos tramos, el primer tramo presento un suelo de plasticidad moderada con grava y arena, el tramo siguiente un suelo plástico con arena y grava; como resultado los dos tramos presentaron baja capacidad portante con un CBR menor al 6% y para determinar la dosificación adecuada de polímero reciclables que se debe mezclar con el suelo para darle estabilidad se tuvo que realizar ensayos de CBR. Finalmente se concluyó que los polímeros PET pueden ser utilizados como agente estabilizador para subrasantes, debido a que, al adicionarle polímeros PET con una dimensiones de 5 y 10 milímetros en forma rectangular al 1.5% del peso seco del suelo, este aumentará de manera porcentual el CBR en 26%, permitiéndole al suelo tener mayor fricción y resistencia al corte. (Ramos Hinojosa, 2014)

Se evidencia que en la tesis de Roly Roberth Leiva Gonzales, con el título “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”, con motivo de optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del centro del Perú en el año 2016, ciudad de Huancayo – Perú, se buscó comprobar la influencia que pueden generar las bolsas de polietileno en el suelo de fundación (subrasante) en el lugar de estudio. Es por ello que para la metodología del proyecto de investigación, realizó calicatas en la carreta de estudio, con la finalidad de conseguir muestras específicas para los ensayos de laboratorio, también se realizaron ensayos químicos a las bolsas de polietileno, mediante ello se obtendrá una dosificación óptima de bolsas de polietileno fundido. Finalmente llegó a la conclusión que, las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos influyen en el mejoramiento de las propiedades físicas – mecánicas de la subrasante, ya que aumenta el CBR en un promedio de 7.98% superior al permisible, así mismo al diseñar un pavimento los espesores del paquete estructural serán menores debido a que el suelo de fundación tendrá mayor resistencia y resultará más económico. (Leyva Gonzales, 2016)

Asimismo, en la tesis de Vargas Quispe Nadia Pamela, con el título “EFECTOS DE LA ADICION DE FIBRA DE POLIMEROS RECICLADOS EN EL VALOR DEL CBR DE SUELO GRANULARES EN PAVIMENTOS”, con motivo de optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Continental en el año 2017, ciudad de Huancayo – Perú, donde su investigación buscó demostrar el efecto que produce el adicionamiento de fibras de polímeros reciclables para el valor de soporte (CBR) en suelos granulares de pavimentos. En la metodología, se tomó como muestra una porción del material que se empleó como sub-base en el pavimento, el material de muestra se obtuvo de la cantera y los ensayos de la misma se ejecutaron en un laboratorio de Mecánica de Suelos y en el caso para los polímeros reciclables se tuvo que reunir botellas plásticas la que una vez obtenidas se lavaban, se secaban con aire y luego eran cortadas con una cizalla en forma de tiras las que se iban a adicionar a la muestra obtenida de manera porcentual para encontrar la dosificación óptima de esta. Después de los diferentes ensayos se obtuvieron los resultados, llegando a la conclusión que la adición de polímeros reciclados en 0.50% y 0.70% al terreno de fundación, permitirá aumentar el soporte californiano (CBR) en un valor de 28% del inicial. Además, el proyecto hace referencia que para conseguir mejores resultados se debe tener en cuenta la adecuada dosificación de polímeros reciclables al suelo, puesto que esos dos factores mal

determinados, alterara los resultados los cuales serán adversos a los esperados, además, la utilización de polímeros reciclables para el mejoramiento de suelos granulares es una alternativa de uso de un material que se considera un contaminante y el cual permanecen más de 150 años para poder degradarse infectando el terreno natural, siendo este un efecto negativo puede ser aprovechado para proporcionar estabilidad a los suelos de baja capacidad portante. (Vargas Quispe, 2017)

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Polímeros reciclables

Se hace referencia a “polímeros reciclables” a los plásticos, siendo este el único tipo de polímero que en su mayoría puede ser reutilizado, sin embargo, no todos de los diferentes tipos de plástico pueden serlo, ya que algunos de ellos no son aceptados por un centro de reciclaje.

1.3.1.1. Tipos de polímeros reciclables

- **PET o PETE:** también llamado como tereftalato de polietileno, este plástico reciclable tiene bastante acogida por las personas, ya que hace referencia a botellas de diferentes bebidas como por ejemplo agua, gaseosa, etc.
- **HDPE:** es el polietileno de alta densidad, este al igual que el plástico PET hace referencia a las botellas de detergente líquido, champú, etc.
- **PVC:** llamado policloruro de vinilo, es un plástico que tiene muy poca acogida en los diferentes centros de reciclaje y los podemos encontrar en envases de detergente líquido, paquetes de alimentos, etc., también estos son reflejados en la construcción (conos para desviar el tráfico de un pavimento).
- **LDPE:** es el polietileno de baja densidad, este plástico es utilizado a diario por las personas, este hace referencia a las bolsas.
- **PP:** llamado Polipropileno, este plástico es de uso común en la industria de la construcción y automovilística, hace referencia a baterías, embudos plásticos de petróleo, etc.
- **PS:** conocido como poliestireno, este a diferencia del polipropileno su uso no es muy común y hace referencia a protección para el embalaje de productos, empaques de espumas, etc.

- **Otros:** no todos los tipos de plástico se pueden reciclar, ya que algunos resultan de la combinación de los polímeros anteriormente mencionados o también mezclado con algún otro tipo de polímero (plástico), un ejemplo es, las botellas de galón de agua. (Blog Ambiental, 2010) (**Ver Imagen 1**)

1.3.2. Polímeros PET

1.3.2.1. Definición

Según (Quintero Díaz), el tereftalato de polietileno es un plástico de tipo I, el cual es usado mayormente para fabricar envases de bebidas. El PET de manera química es un polímero que resulta de una reacción de policondensación entre el ácido tereftalático y el etilenglicol, donde por su composición, este corresponde al grupo de materiales sintéticos (poliésteres).

1.3.2.2. Química del PET

Las iniciales del PET corresponden al polietilenterftalato o politereftalato de etileno donde su fórmula molecular es: $[-CO-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-]$. (**Ver Imagen 2**)

1.3.2.3. Tipos de PET

Se puede diferenciar según su forma de aplicación:

- En la industria textil: es el suplente de fibras naturales, por sus excelentes cualidades de resistencia, a la deformación y su estabilidad dimensional.
- En envasados: un ejemplo es las botellas de agua mineral.
- Como materia prima: se utiliza para el envasado de alimentos.

1.3.2.4. Propiedades del PET

- Cristalinidad y transparencia.
- Buena resistencia al desgaste y corrosión.
- Buen coeficiente de deslizamiento.
- Resistencia química y térmica.
- Actúa como barrera de CO₂, aceptables como barrera al O₂.
- Es reciclable.

1.3.3. Subrasante

Según (Montalvo Farfán), Se denomina subrasante o terreno de fundación a la superficie de una carretera a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno), en la que se apoya el paquete estructural del pavimento o una capa de afirmado.

También subrasante se considera al soporte natural adecuado, donde se puede cimentar un pavimento; por ello, la finalidad de la subrasante es brindar un valor de soporte razonable uniforme permitiéndole estabilidad a la estructura de una vía.

Las propiedades principales para el análisis en la subrasante son las propiedades físicas las cuales son: Granulometría, Índice de Plasticidad (Límites de Atterberg), Densidad, Humedad Natural; y las propiedades de rigidez son: Modulo Resiliente, Módulo de Elasticidad, CBR.

1.3.3.1. Granulometría

Según él (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013b). La granulometría de un suelo tiene como función determinar las diferentes proporciones de elementos que lo conforman, clasificándolos por su tamaño de sus partículas, las cuales se pueden estimar en el siguiente cuadro.

Una adecuada distribución granulométrica avala un excelente comportamiento del suelo ante el efecto de cargas a la que se encuentra sometida. El suelo para soportar adecuadamente las cargas necesita de un porcentaje considerable de grava, un porcentaje de arena, los que llenaran los vacíos entre las gravas y obligatoriamente un porcentaje de finos plástico los que cohesionaran el material del suelo. **(Ver Tabla 1)**

1.3.3.2. Índice de Plasticidad (Límites de Atterberg)

Se considera a la estabilidad que pueden presentar los suelos hasta un límite de humedad, es por ello que esta propiedad depende de los elementos gruesos y finos que posee el suelo. La granulometría no permite apreciar estas características, por ende se debe determinar los Límites de Atterberg. Estos muestran la conducta del suelo en función al contenido de humedad que presente el mismo, teniéndose en cuenta los tres estados de consistencia por la humedad y mediante ello pueden presentar un suelo líquido, plástico y sólido. **(Ver Tabla 2)**

Los límites de Atterberg los cuales calculan la cohesión de un suelo son:

Límite líquido (LL): el suelo pasa de un estado semilíquido a plástico donde se puede moldear.

Límite Plástico (LP): el suelo pasa de un estado plástico a semisólido y tiende a romperse.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP: Índice de Plasticidad

LL: Limite Liquido

LP: Limite Plástico

1.3.3.3. Índice de Grupo

Tiene como finalidad clasificar los suelos mediante la norma AASHTO, y se basa en los límites de Atterberg, para determinar el índice de grupo se emplea la siguiente fórmula:

$$IG: 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01 (bd)$$

Donde:

a = F-35 (F = porcentaje que pasa por el tamiz N° 200), el número varía entre 1 y 40.

b = F-15 (F = porcentaje que pasa por el tamiz N° 200), el número varía entre 1 y 40.

c = LL-40 (LL = límite líquido). El número varía entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). El número varía entre 0 y 20 o más.

El índice de grupo es un número entero positivo, donde su valor varía entre 0 y 20 o más y si este es negativo, se considera como cero. (**Ver Tabla 3**)

1.3.3.4. Humedad Natural

Una de las características más importante de un suelo es la humedad natural, ya que la resistencia de este depende de sus condiciones y su densidad. Así mismo esta permitirá comparar la humedad óptima la cual se conseguirá mediante el ensayo de Proctor, pudiendo determinar el CBR del suelo. Para este ensayo se debe tener en cuenta el resultado de la

humedad natural, debido a que si esta es menor que la humedad óptima se realizara una compactación normal al suelo y si es mayor se debe aumentar la energía de compactación.

1.3.3.5. Clasificación de Suelos

Determinadas las características de los suelos, se puede estimar con suficiente aproximación el comportamiento del mismo, se pasara a clasificar el suelo, el que permitirá predecir el comportamiento que tendrá el terreno.

La clasificación de un suelo se puede realizar bajo el sistema de AASHTO y ASTM. (**Ver Tabla 4**)

1.3.3.6. Ensayos CBR

Este ensayo permite determinar el valor de soporte o la capacidad portante que tiene el suelo. La capacidad portante de una subrasante se define a la fuerza capaz de soportar, las cargas sin que se produzcan asentamientos en la misma.

Finalmente cuando se hayan clasificado los suelos, se elabora un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo del cual se determinara los suelos que controlaran el diseño y se establecerá el programa de ensayos y correlaciones para el CBR (valor de soporte del suelo), referido al 95% de la máxima densidad seca (MDS) a una penetración de carga de 2.54mm. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2008b) (**Ver Tabla 5**)

1.3.4. Estabilización de Suelos

Según el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013b), la estabilización de un suelo es la mejora de las propiedades físicas del mismo, con procedimientos mecánicos e incorporación de productos naturales, químicos o sintéticos. Para realizar una estabilización por lo general el suelo debe ser inestable o pobre.

1.3.4.1. Tipos de estabilización de suelos

Según (Perez, 2014) existen dos tipos de estabilización para mejorar las propiedades de un suelo, estas son:

Estabilización granulométrica, mecánica o natural: consiste en mezclar dos o más tipos de suelos, los cuales tengan diferente granulometría y que sean complementarios.

Estabilización química: en este tipo estabilización se hace uso de algún producto industrial o un ligante, el cual se le añadirá al suelo a mejorar, dándole cohesión, o reducir el índice de plasticidad que esté presente. Los productos con los que se puede mejorar un suelo son:

- Cal: recomendable para suelos arcillosos disminuyendo la plasticidad.
- Cemento Portland: se emplea cuando hay presencia de arena o grava fina aumentando la resistencia.
- Productos asfálticos: se utiliza en suelos sin cohesión.
- Cloruro de sodio y cloruro de calcio: se aplica a suelos arcillosos y limosos, provocando que este sea impermeable.
- Escorias de fundición, etc.

1.4. Formulación del Problema de Investigación

1.4.1. Problema general

¿Cuál será el desempeño de la subrasante del Centro poblado La Golondrina al usar polímeros PET triturados entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serían las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura?
- ¿Cuál será la cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura?
- ¿En qué medida variará el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET?

1.5. Justificación

El actual proyecto de investigación se justifica de manera técnica, en vista que existe renovar el estado de los pavimentos, ya que estos en su gran mayoría se encuentran deteriorados, con el propósito de ofrecer una mejor transitabilidad y comodidad a las personas que hacen uso de estas vías. Por ello se propone mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, empleando polímeros PET, poniendo en práctica los conocimientos teóricos obtenidos durante el transcurso de la carrera profesional, para optar por decisiones que ayuden a mejorar la calidad y construcción de infraestructuras viales. Además, presenta una justificación práctica al procurar dar solución a suelos deficientes (de baja capacidad de soporte), mediante el uso de polímeros PET, y de igual manera poder disminuir el efecto contaminante visual del mismo, dándole una utilidad que beneficie el ámbito vial. Por otro lado se justifica metodológicamente, en proyectar una solución con una nueva estrategia o un nuevo método para mejorar el diseño de un pavimento con el uso de polímeros PET generando conocimiento y una vez que se demuestre la validez y confiabilidad del presente estudio, podrá servir de referencia para futuros proyectos de investigación. Por último presenta relevancia social, porque mediante la utilización de botellas plásticas, se estará contribuyendo con el cuidado ambiental y el mejoramiento de una obra vial, el cual reducirá costos al momento de su diseño y ejecución.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El uso de Polímeros PET triturados mejorará la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.

1.6.2. Hipótesis específicos

- Se podrá determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.

- Habrá una dosificación óptima de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.
- Es posible que exista una considerable diferencia entre el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar el uso de Polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.
- Obtener una cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.
- Comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

Experimental

El estudio es de tipo experimental, puesto que se basa en la observación de acontecimientos que suceden en el laboratorio. Además la variable independiente (Uso de Polímeros PET) se manipula de manera intencional con el objetivo de analizar las consecuencias de tal manejo sobre la variable dependiente (Mejorar la Subrasante).

2.1.2. Diseño de Investigación

Pre Experimental

El diseño de investigación, es pre experimental porque se manejan y detallan las variables, asimismo se estudia el problema y se analiza acudiendo a laboratorios donde se realizaran los respectivos ensayos.

1.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variables

- **Variable Independiente:** Uso de polímeros PET triturados, será la variable independiente debido a que, el material que se pretende usar provocará un efecto positivo o negativo en la subrasante.
- **Variable Dependiente:** Mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica, será la variable dependiente, debido a que, las propiedades de la subrasante variarán con los polímeros PET triturados.

2.2.2. Operacionalización de Variables

Cuadro 1: Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Escala
Polímeros PET triturados	El PET (tereftalato de polietileno) es un plástico de tipo I, el cual es usado mayormente para fabricar envases de bebidas. (Quintero Díaz)	Estimar una cantidad de polímeros PET	Se hace referencia a las botellas de diferentes bebidas que tengan en su etiqueta el número uno, como por ejemplo agua, gaseosa, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Reciclaje, lavado y secado de botellas PET. - Trituración de botellas PET. 	<p>Nominal</p> <p>Nominal</p>
Subrasante	Se denomina subrasante o terreno de fundación a la superficie de una carretera a nivel de movimiento de tierra (corte y relleno), en la que se apoya el paquete estructural del pavimento o una capa de afirmado. (Montalvo Farfán)	Evaluación del terreno natural (Propiedades Físicas y Mecánicas).	Subrasante es el suelo natural, el cual este puede presentar variaciones en su resistencia debido a su propiedades mecánicas y físicas.	<p>Estudio de mecánica de suelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis Granulométrico NTP. 339.128 – 1999 - Contenido de Humedad NTP. 339.127 – 1999 - Límites de Agtterberg AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318 - Clasificación de Suelos ASTM 2487 y AASHTO M 145 - Ensayo de Compactación ASTM D-698, D-1557 - Ensayo de CBR NTP. 339.145 – 1999 	<p>Intervalo</p> <p>Intervalo</p> <p>Intervalo</p> <p>Nominal</p> <p>Intervalo</p> <p>Intervalo</p>

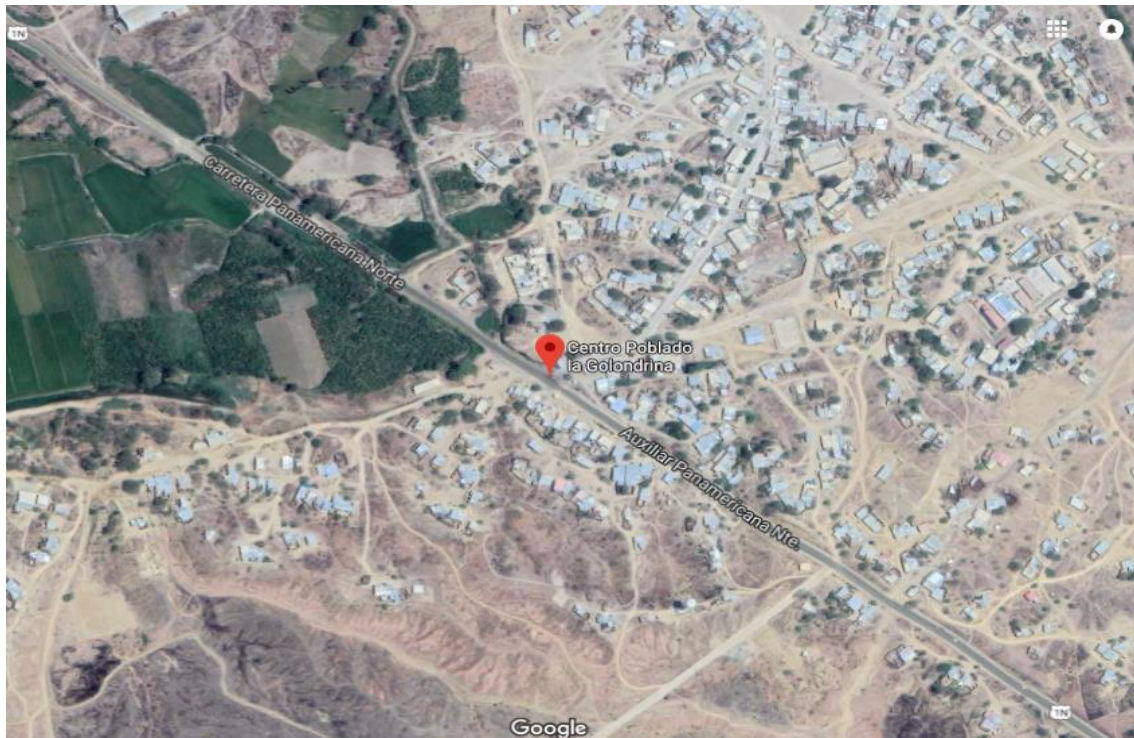
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

La población del actual estudio es el Centro poblado La Golondrina, la cual está localizada dentro de la zona rural del distrito de Marcavelica – Sullana.

Imagen 3: Plano de Ubicación - Lugar de Estudio



Fuente: Google Maps.

2.3.2. Muestra

La muestra que será analizada en el proyecto de investigación, son las progresivas 0+000 hasta 1+000 del Centro poblado La Golondrina, del distrito de Marcavelica – Sullana - Piura, cuyo tramo no se encuentra pavimentado.

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad

Para conseguir el logro de los objetivos específicos, se empleara las siguientes técnicas e instrumentos:

En el primer objetivo que es determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, se usará la técnica de observación y como instrumento se hará uso del laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura” donde se harán los ensayos que se realizarán a las muestras obtenidas de calicatas hechas en el terreno de fundación de la avenida en estudio. Para los ensayos de laboratorio que se le harán a las muestras obtenidas en el sitio de estudio, estas se pueden realizar según la Norma Técnica Peruana la cual ha sido elaborada por el Comité Técnico Permanente de Geotecnia en el año 1999, utilizando como antecedente la Norma ASTM D 422-63 (American Society for Testing Material, la cual detalla lo siguiente:

- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E-107)
- Contenido de humedad natural (MTC E-108)
- Límites de Atterberg: Índice Plástico (MTC E-110 y 111)
- Clasificación SUCS (ASTM 2487) y Clasificación AASHTO (AASHTO M 145)
- Ensayo de compactación (Proctor modificado) (MTC E-115)
- Ensayo de CBR (MTC E-132)

Para el segundo objetivo el cual es obtener una cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, se empleará la técnica de observación y de inducción; como instrumento se hará uso del laboratorio donde se realizaran respectivos ensayo con muestras del suelo y ciertas cantidades de polímeros PET (botellas plásticas) con la finalidad de obtener un valor adecuado en porcentaje del mismo, para utilizarlo como un agente estabilizador del suelo.

Y para el último objetivo que es comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET, se utilizará la técnica de observación y comparación; como instrumento se hará uso del laboratorio de mecánica de suelos “Tecmesul Piura”, ya que solo es necesario tener los resultados realizados de las muestras de suelo natural y las muestras del suelo mezclado con un porcentaje de polímeros PET.

Cuadro 2: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Objetivo específico	Fuente	Técnica	Herramienta	Logro
Determinar las propiedades físicas y mecánicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.	Subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.	Análisis documental y Observación	Fichas técnicas de acuerdo a los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos “Tecmesul Piura”	Conocer el análisis Granulométrico, Contenido de humedad natural, Límites de Agtterberg, Tipo de suelo, Ensayo de Compactación y CBR.
Obtener una cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.	Polímeros PET triturados.	Observación Inducción	Fichas técnicas de acuerdo a los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos “Tecmesul, Piura”	Obtener un porcentaje óptimo de polímeros PET para emplearlo como agente de mejora en la subrasante.
Comparar el valor de soporte (CBR), de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.	Muestras obtenidas por las calicatas del suelo natural del Centro poblado La Golondrina, mezcladas con los Polímeros PET triturados.	Observación Comparación	Datos obtenidos de las fichas de laboratorio.	Saber el porcentaje de diferencia en las propiedades mecánicas y físicas que tiene el suelo natural, con uno mejorado.

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Para el primer objetivo el cual es determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, se realizarán tres calicatas cada una a 250 metros ya que el tramo total de estudio equivale a un kilómetro, la calicata tendrá 1.50 metros de profundidad y su área será de 1.00 metro cuadrado a nivel de subrasante, por lo que se empleara herramientas manuales como, palana, barreta, wincha, sacos negros para transportar las diferentes muestras, así mismo equipos de protección personal. Luego una vez obtenida las muestras (diferentes estratos del suelo natural), se llevarán al Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura” para realizar los ensayos ya mencionados: Análisis granulométrico por tamizado (NTP. 339.128 – 1999), Contenido de humedad natural (NTP. 339.127 – 1999), Límites de Atterberg: Índice Plástico (AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318), Clasificación SUCS (ASTM 2487) y Clasificación por AASHTO (AASHTO M 145), Ensayo de compactación (Proctor modificado) (ASTM D-698, D-1557) y Ensayo de CBR (NTP. 339.145 – 1999). **(Ver Anexo 03)**

El segundo objetivo requiere obtener una cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, para ello se reciclarán botellas descartables PET, las cuales una vez obtenidas serán lavadas y secadas por aire y luego disgregadas por una máquina trituradora de plástico, convirtiéndolas en partículas finas. Posterior a ello, dichas partículas se mezclarán con las muestras obtenidas en campo (suelo natural) y se les realizará el Ensayo de compactación (Proctor modificado) (ASTM D-698, D-1557) y Ensayo de CBR (NTP. 339.145 – 1999) obteniendo valores diferentes de resistencia del suelo. **(Ver Anexo 03)**

Y para el último objetivo que es comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET, con la subrasante alterada por polímeros PET; se tomarán los resultados obtenidos anteriormente, con el fin de comparar los resultados de Ensayo de compactación (Proctor modificado) (ASTM D-698, D-1557) y Ensayo de CBR (NTP. 339.145 – 1999), con el propósito de conocer el valor de diferencia del suelo natural y el suelo mezclado con Polímeros PET.

2.6. Aspectos Éticos

Los investigadores se comprometen a respetar la autenticidad de los resultados del presente estudio, así mismo de la información obtenida (diferentes fuentes confiables). Ya que como futuros profesionales es nuestro deber contribuir al desarrollo socio-económico.

III. ANÁLISIS DE DATOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Procedimiento para lograr nuestros objetivos específicos

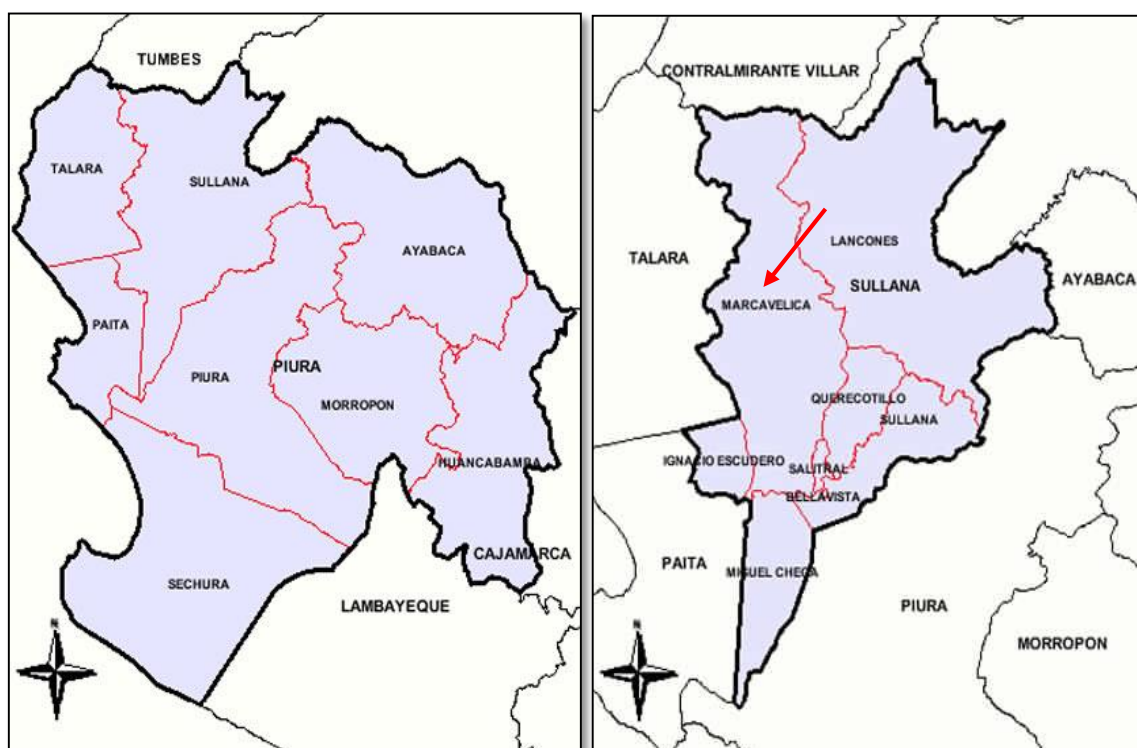
Cuadro 3: *Procedimiento Metodológico*

Paso N°1	Localizar y ubicar las muestras
Paso N°2	Trabajo de campo
Paso N°3	Ensayos de Laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo
Paso N°4	Recaudación de Polímeros PET (Botellas de plástico)
Paso N°5	Tratamiento del suelo con Polímeros PET
Paso N°6	Comparación de las propiedades del suelo

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

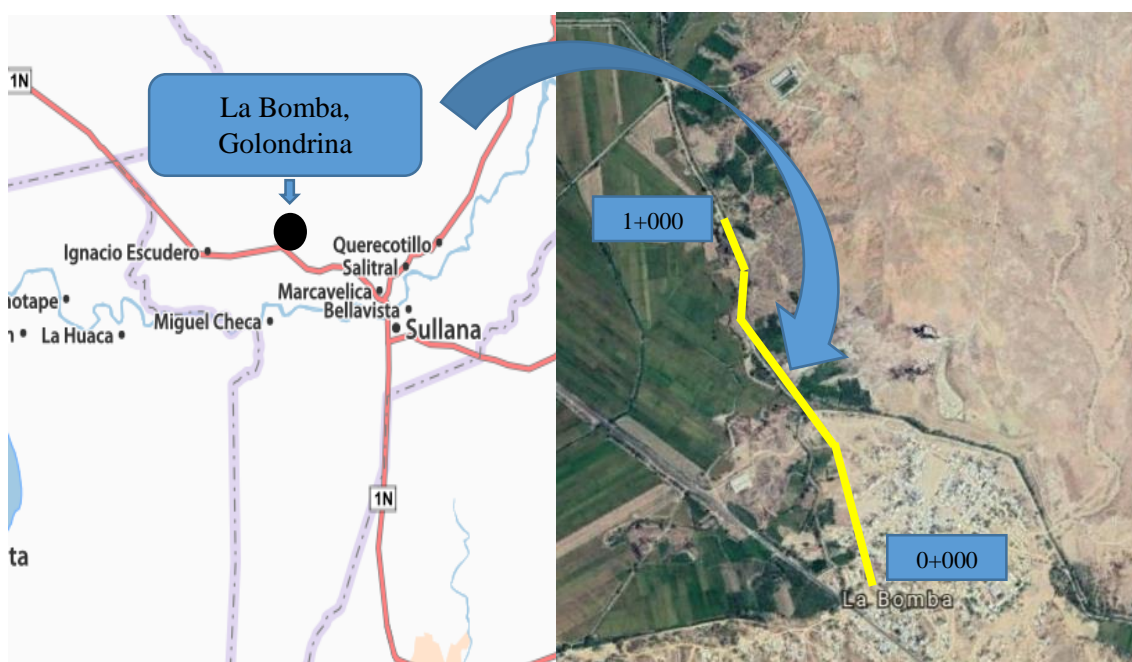
3.2. Localización de las Muestras

Imagen 4: *Localización Regional y Provincial*



Fuente: Municipalidad Distrital de Sullana, 2018.

Imagen 5: Localización Distrital



Fuente: Municipalidad Distrital de Sullana, 2018.

3.3. Trabajos de Campo y Ensayos de Laboratorio

Se realizó excavaciones (Calicatas) en el tramo de estudio, donde se llevó el reconocimiento del del suelo, mediante la observación. Las muestras obtenidas del suelo, fueron empaquetadas en sacos para su conservación y traslado al laboratorio.

3.3.1. Calicatas

Se realizaron 03 calicatas en el área de estudio, con una profundidad de 1.50 metros, cada una a 250 metros, en la carretera con la finalidad de definir las características de la subrasante y obtener el perfil estatigráfico del suelo.

Cuadro 4: Número de Calicatas

Progresiva (km)	Calicata	Profundidad (m)	Lado
0+250	C-1	1.50	Derecho
0+500	C-2	1.50	Izquierdo
0+750	C-3	1.50	Derecho

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.3.2. Ensayos Para el Desarrollo de la Investigación

Para determinar las propiedades mecánicas y físicas de las muestras extraídas, se empleará los ensayos establecidos en el manual de Ensayo de Materiales para Carreteras de Ministerio de Transporte y Comunicación:

Cuadro 5: *Ensayos de Laboratorio para el Estudio de Suelos*

Ensayos	Norma
Propiedades Físicas	
Análisis Granulométrico por Tamizado	NTP. 339.128 – 1999
Contenido de Humedad	NTP. 339.127 – 1999
Límites de Atterberg	AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318
Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO	ASTM 2487 y AASHTO M 145
Propiedades Mecánicas	
Ensayo de Compactación (Protector Modificado)	ASTM D-698, D-1557
Ensayo de CBR	NTP. 339.145 – 1999

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

3.4. PRIMER OBJETIVO: Determinar las Propiedades Mecánicas y Físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.

3.1.1. Propiedades Físicas de la subrasante

- **Contenido de Humedad Natural**

Tabla 6: *Resultados de Contenido de Humedad*

Calicata	Progresiva	Contenido de Humedad
C-1	0+250	8.1%
C-2	0+500	7.5%
C-3	0+750	8.2%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 6, se muestran los resultados del contenido de humedad natural de cada muestra, siendo la muestra de la calicata C-3 con un mayor porcentaje de humedad con un valor de 8.2%, la muestra muestra de la calicata C-1 tuvo un porcentaje de 8.1% de humedad y por último la muestra de la calicata C-2 fue la que resulto tener menor porcentaje de humedad con un valor de 7.5%.

- **Análisis Granulométrico por Tamizado**

El análisis granulométrico nos permitirá clasificar el suelo, en la siguiente tabla se muestra los porcentajes pasantes de cada muestra por las respectivas mallas.

Tabla 7: *Resultado Granulométrico del Suelo:*

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA		
Tamiz	mm	C-1	C-2	C-3
N° 4	4.75	100.0%	100.0%	100.0%
N° 10	2.00	98.2%	96.3%	97.9%
N° 20	0.85	97.8%	94.7%	97.6%
N° 40	0.43	96.8%	92.2%	96.8%
N° 80	0.25	95.8%	88.3%	96.0%
N° 100	0.15	90.3%	79.0%	93.2%
N° 200	0.07	62.7%	64.2%	80.1%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 7, en la cual se hace una comparación de los porcentajes de material de las 3 calicatas que pasan por las respectivas mallas; se observa que todas las muestras tienen en su totalidad partículas muy finas. Podemos deducir que, las partículas de la calicata C-1 y C-2 según el ensayo del análisis de granulometría, tienen el mismo diámetro y/o características; además la calicata C-3 es la que tiene un porcentaje más elevado de partículas finas.

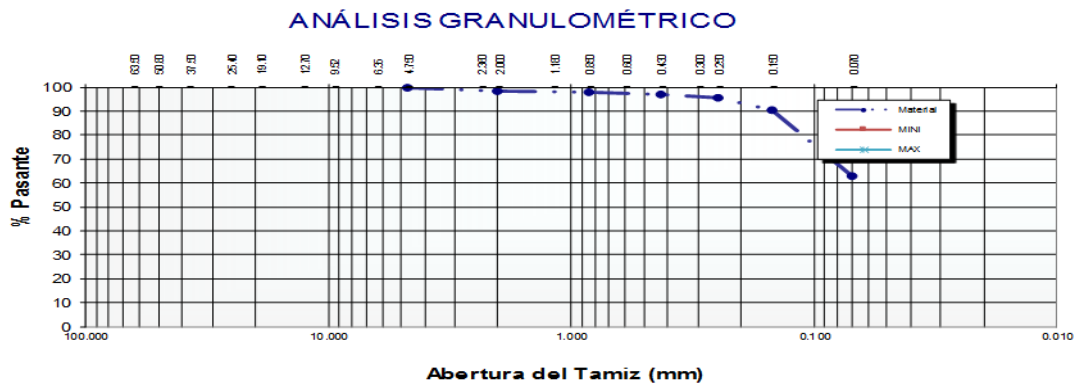
Tabla 8: *Porcentaje del Suelo*

Suelo	C-1	C-2	C-3
Arena N° 4 - N° 200	37.3%	35.8%	19.9%
Finos > N°200	62.7%	64.2%	80.1%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

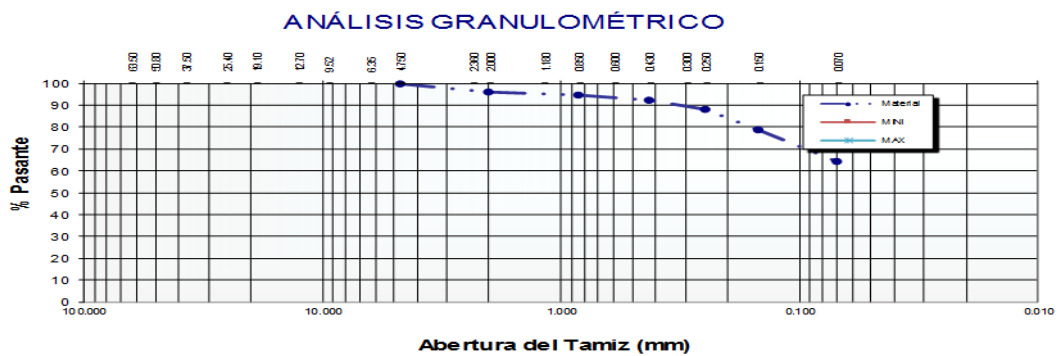
Interpretación: En la tabla 8, se clasifica el suelo por el tamaño de partículas, es decir, según el porcentaje que pasó por la malla N°200, ya que lo que pasa por esta malla son las partículas más finas. Por ello, la calicata C-1 y C-2 tienen un porcentaje de 62.7% y 64.2% de finos, y de arena 37.3% y 35.8% respectivamente, por último la calicata C-3 tienen un 80.1% de finos y 19.9% de arena.

Imagen 6: Grafico del Análisis Granulométrico de C-1



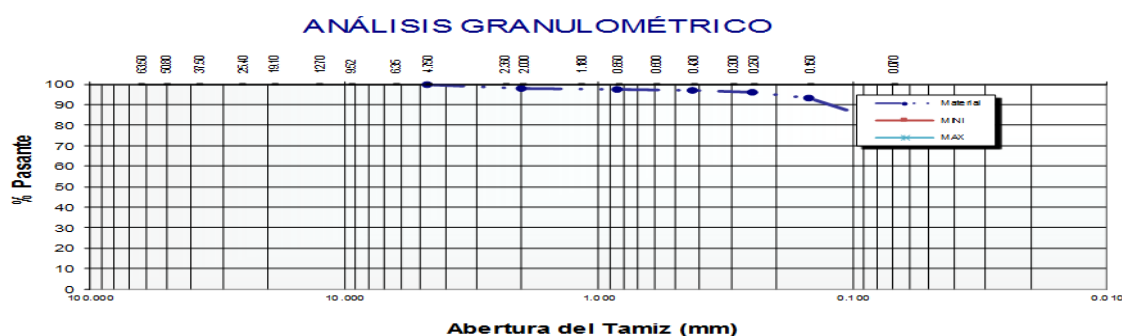
Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 7: Grafico del Análisis Granulométrico de C-2



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 8: Grafico del Análisis Granulométrico de C-3



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

- **Índice de Plasticidad, (Límites de Atterberg: Límite Líquido y Plástico).**

En la siguiente tabla se resume los ensayos de los Límites de Atterberg: Límite Líquido y Plástico, donde con los mismos obtenemos el Índice de plasticidad del Suelo al efectuar la diferencia entre ambos.

Tabla 9: Resultados de los Límites de Atterberg

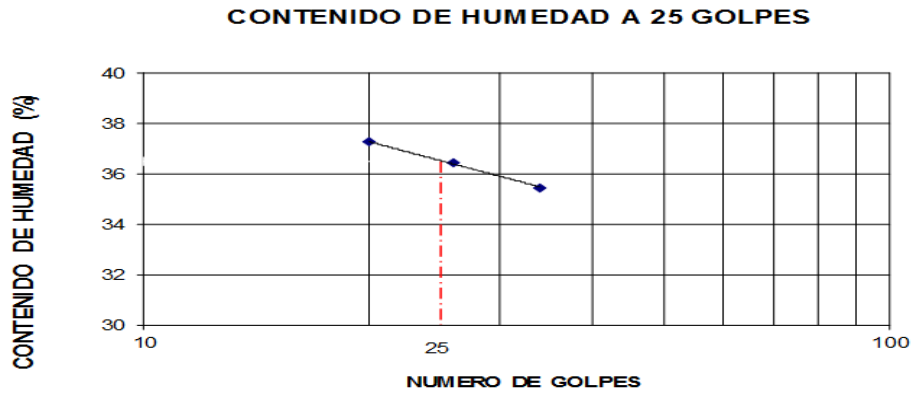
Calicata	Progresiva	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
C-1	0+250	36.5%	19.8%	16.7%
C-2	0+500	35.3%	18.0%	17.3%
C-3	0+750	43.8%	22.8%	21.0%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 9, se encuentran los resultados de los límites de Atterberg el cual nos permitirá determinar el índice de plasticidad de cada muestra; la calicata C-1 gracias al límite líquido se determina el contenido de humedad de 36.5% a los 25 golpes en la copa de Casa Grande, un índice plástico de 19.8%, dando como resultado un índice de plasticidad de 16.7%; la calicata C-2 tiene un contenido de humedad de 35.5% a los 25 golpes, un índice plástico de 18.0%, dando un valor de 17.3% de índice de plasticidad y finalmente la calicata C-3 que tiene un porcentaje más elevado que las dos anteriores muestras, esto debido a la finesa de sus partículas. La calicata C-3 tiene un contenido de

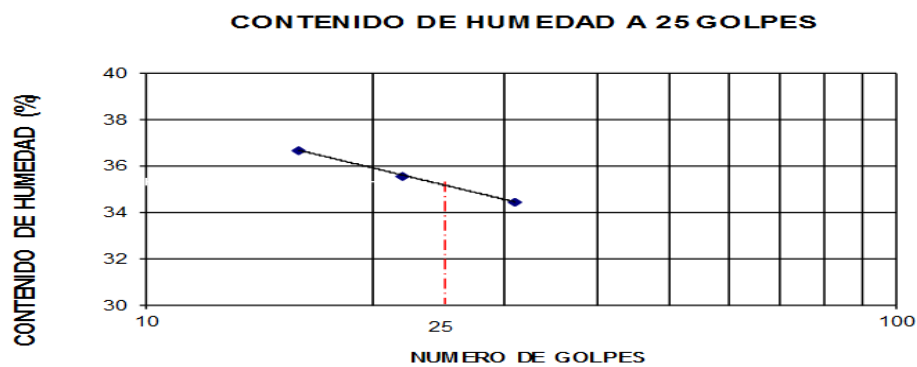
humedad de 43.8% a los 25 golpes, un índice plástico de 22.8%, dando un valor de 21% de índice de plasticidad.

Imagen 9: Límite Líquido de C-1



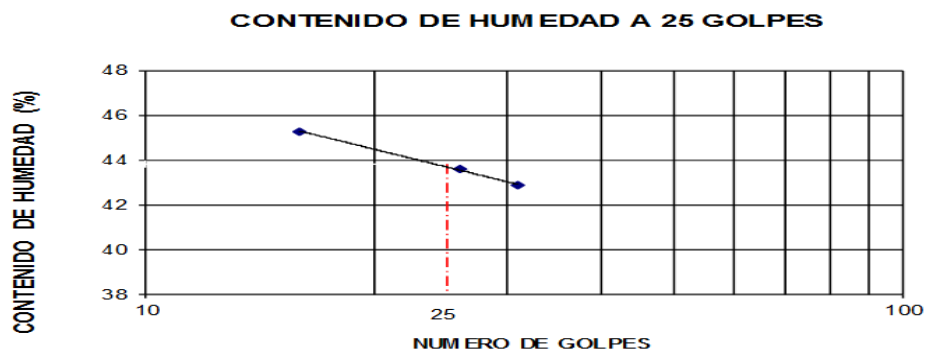
Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 10: Límite Líquido de C-2



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 11: Límite Líquido de C-3



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

- **Clasificación de suelos.**

Clasificación SUCS

Para la clasificación SUCS se ha considerado la granulometría y las características plásticas de las muestras.

Tabla 10: *Clasificación SUCS*

Calicata	C-1	C-2	C-3
Profundidad (m)	1.5	1.5	1.5
Progresiva (Km)	0+250	0+500	0+750
Arena N°4 -N° 200	37.3%	35.8%	19.9%
Finos > N°200	62.7%	64.2%	80.1%
Limite Liquido	36.5%	35.3%	43.8%
Índice de Plasticidad	16.7%	17.3%	21.0%
Clasificación SUCS	CL	CL	CL
Denominación	Arcilla de mediana y baja plasticidad	Arcilla de mediana y baja plasticidad	Arcilla de mediana y baja plasticidad

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 10, mediante el método Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, se determinó el tipo de suelo de cada muestra y para ello se necesita los resultados del límite líquido y el límite plástico, cuyos datos se ingresan en un abaco ya establecido. Finalmente el tipo de suelo que resultó de cada muestra, estuvo categorizado por las siglas “CL”, lo cual significa que es un suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad.

Imagen 12: *Tipo de suelo según la Clasificación SUCS de C-1, C-2 y C-3*

*Muestras medidas con wincha
Clasificación de suelos (S.U.C.S.)
CL

Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Clasificación AASHTO

Para la clasificación AASHTO, se tiene en cuenta los datos de granulometría (porcentajes pasante de las mallas), N°10, N°40 y N°200; así como las características plásticas y el índice de grupo.

Tabla 11: *Clasificación AASHTO*

Calicata	C-1	C-2	C-3
Profundidad (m)	1.5	1.5	1.5
Progresiva (Km)	0+250	0+500	0+750
% que pasa por malla N° 10	98.2%	96.3%	97.9%
% que pasa por malla N° 40	96.8%	92.2%	96.8%
% que pasa por malla N° 200	62.2%	64.2%	80.1%
Límite Líquido	36.5%	35.3%	43.8%
Índice de Plasticidad	16.7%	17.3%	21.0%
Índice de Grupo	8	9	17
Clasificación AASHTO	A-6	A-6	A-7-6
Denominación	Suelo Arcilloso	Suelo Arcilloso	Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 11, mediante el método AASHTO, se determinó el tipo de suelo de cada muestra y para ello se necesitan los resultados del límite líquido, el límite plástico y el índice de grupo. Finalmente el tipo de suelo que predominó en la calicata C-1 y C-2 fue un tipo de suelo A-6 y la calicata C-3 fue un A-7-6, que viene a ser un suelo arcilloso.

Imagen 13: *Tipo de Suelo mediante la clasificación AASHTO*

Clasificación AASHTO A-6 Suelo arcilloso Valor del índice de grupo (IG): 8	Clasificación AASHTO A-6 Suelo arcilloso Valor del índice de grupo (IG): 9
Clasificación AASHTO A-7-6 Suelo arcilloso Valor del índice de grupo (IG): 17	

Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

3.1.2. Propiedades Mecánicas

- **Ensayo de Proctor Modificado**

En el ensayo de proctor modificado se determinara la humedad optima y la densidad máxima seca de cada muestra.

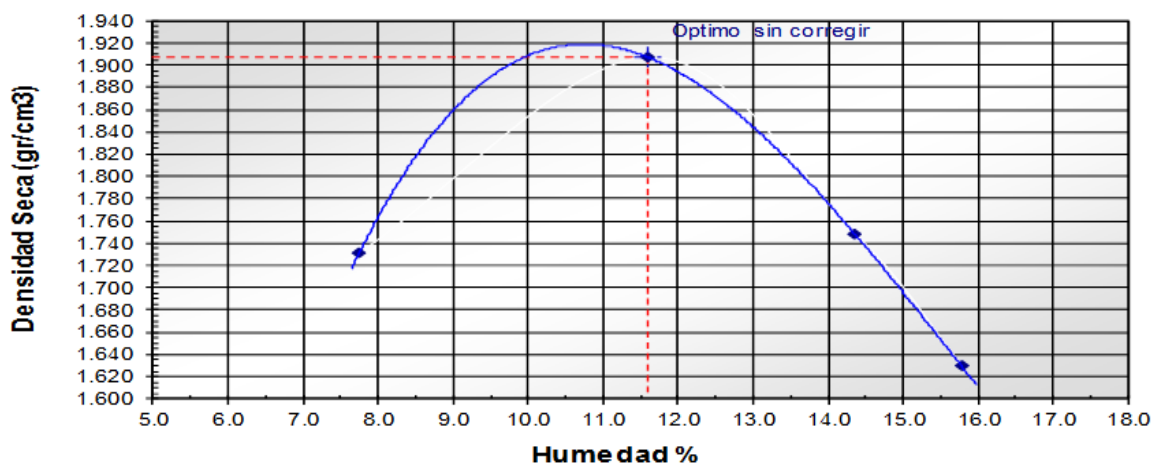
Tabla 12: Resultados de Ensayo de Proctor Modificado

Calicata	Progresiva	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca gr/cm ³
C-1	0+250	11.59%	1.91
C-2	0+500	10.16%	1.90
C-3	0+750	12.10%	2.00

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

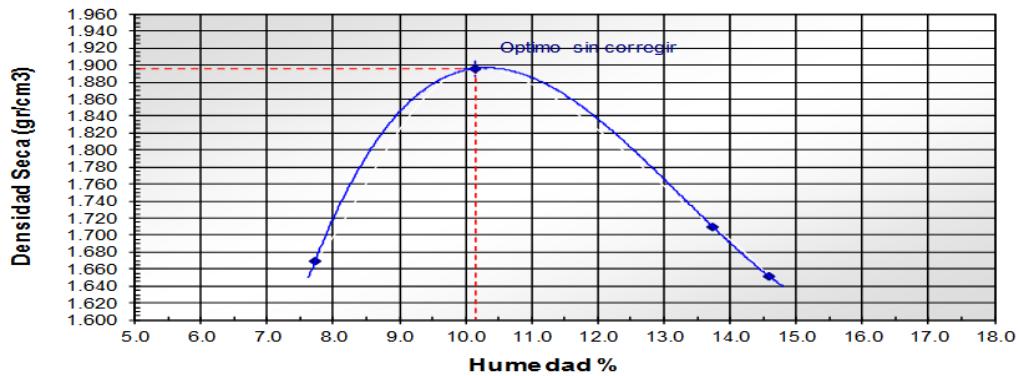
Interpretación: En la tabla 12, se determino la humedad optima y densidad máxima seca de cada muestra. La calicata C-1 arrojó 11.59% de humedad y una densidad máxima seca de 1.91 gr/cm³, la calicata C-2 su humedad optima es de 10.16% y su densidad maxima seca es de 1.90 gr/cm³ y finalmente la C-3 su humedad optima es de 12.10% y su densidad máxima seca de 2.00 gr/cm³.

Imagen 14: Curva de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca de C-1



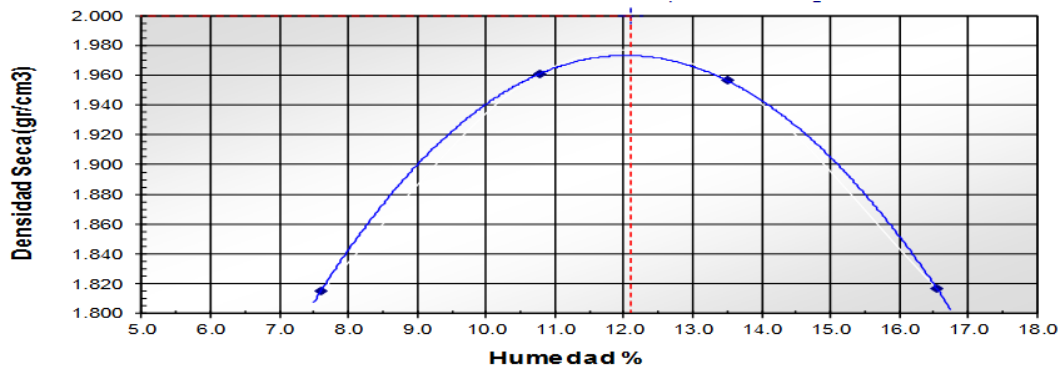
Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 15: Curva de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca de C-2



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 16: Curva de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca de C-3



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

- **Ensayo de CBR**

El ensayo de CBR determina la capacidad de soporte de los suelos de subrasantes y de las capas de subbase y afirmado para un pavimento.

Tabla 13: Resumen de CBR de cada calicata

Calicata	Progresiva	Penetración 0.2"	% de Expansión
		95% M.D.S. (56 golpes)	
C-1	0+250	2.0%	4.2%
C-2	0+500	2.0%	4.0%
C-3	0+750	2.0%	4.6%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 13, se muestran los resultados de ensayo CBR de cada calicata sometidas a una penetración de 0.2 pulgadas, donde todas las muestras alcanzaron un 2.0% de capacidad de soporte y cada una variando en el porcentaje de expansión.

Imagen 17: Resultados de CBR de Calicata C-1

DATOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 04 días		
% de humedad de compactación	11.6	11.6	11.6
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.75	1.84	1.91
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	2.8	3.4	4.2
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	1	2	2
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	1	1	2
Cantidad de sobrecarga	10 lbs.	10lbs.	10lbs.

Fuente : Resultados de Laboratorio, 2018.

Imagen 18: Resultados de CBR de Calicata C-2

DATOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 04 días		
% de humedad de compactación	10.2	10.2	10.2
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.73	1.82	1.90
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	2.6	3.1	4.0
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	1	1	2
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	1	2	2
Cantidad de sobrecarga	10 lbs.	10lbs.	10lbs.

Fuente : Resultados de Laboratorio, 2018.

Imagen 19: Resultados de CBR de Calicata C-3

DATOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 04 días		
% de humedad de compactación	12.1	12.1	12.1
Densidad seca antes de sumergirlos en agua	1.79	1.87	2.0
Compactación en golpes por capa	10	25	56

RESULTADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial	2.9	3.7	4.6
C.B.R. corregido a 0.1" de penetración	1	1	2
C.B.R. corregido a 0.2" de penetración	1	1	2
Cantidad de sobrecarga	10 lbs.	10lbs.	10lbs.

Fuente: Resultados de Laboratorio, 2018.

3.5. SEGUNDO OBJETIVO: Obtener una cantidad óptima de Polímero PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.

Ante la falta de un porcentaje de agregado grueso de las muestras, se optó por utilizar Polímeros PET triturados, el cual se adicionaría en dos valores de porcentaje, siendo estos 10% y 15% del peso de la muestra, para el ensayo de compactación y el ensayo de CBR, obteniendo nuevas propiedades mecánicas del suelo, obteniendo los siguientes resultados:

Propiedades Mécanicas de la muestra de la calicata C-3 con un 10% y 15% de Polímeros PET

- **Ensayo de Proctor Modificado**

En el ensayo de proctor modificado permite determinar la humedad óptima y la densidad máxima seca del suelo.

Tabla 14: Resultados de Ensayo de Proctor Modificado con 10% de polímeros PET

Calicata	Progresiva	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca gr/cm3
C-3	0+750	9.56%	2.046

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

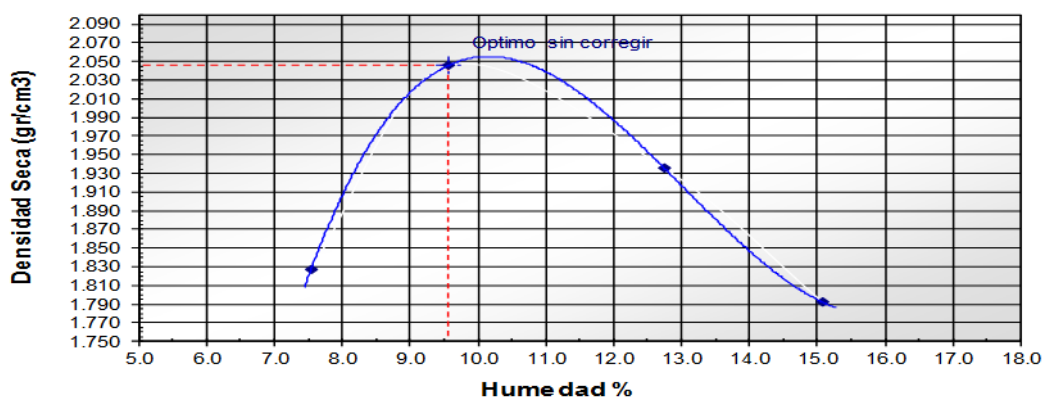
Tabla 15: Resultados de Ensayo de Proctor Modificado con 15% de polímeros PET

Calicata	Progresiva	Humedad Optima	Densidad Máxima Seca gr/cm3
C-3	0+750	10.98%	2.071

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

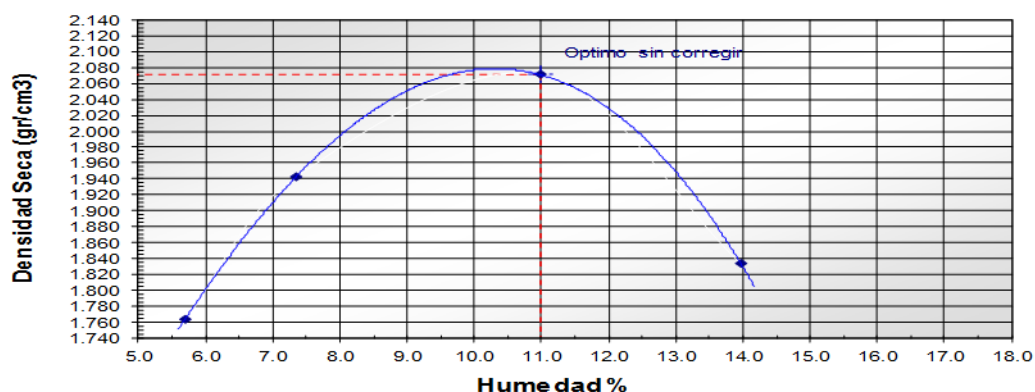
Interpretación: En la tabla 14 y 15, se determino la humedad optima y densidad máxima seca de la muestra de la calicata C-3 con un valor de 10% y 15% del peso de la muestra para el ensayo de compactación. Con el 10% de PET obtuvo un 9.56% de humedad y una densidad máxima seca de 2.046 gr/cm3 y con el 15% de PET su humedad optima fue de 10.98% y su densidad maxima seca es de 2.071 gr/cm3.

Imagen 20: Curva de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca de C-3 con 10% de PET



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

Imagen 21: Curva de Humedad Óptima y Densidad Máxima Seca de C-3 con 15% de PET



Fuente: Plantilla Excel del Laboratorio, 2018.

- **Ensayo de CBR**

El ensayo de CBR determina la capacidad de soporte del suelo.

Tabla 16: Resumen de CBR de calicata C-3 con adición de 10% de Polímeros PET

Calicata	Progresiva	Penetración 0.2"	% de Expansión
		100% M.D.S. (56 golpes)	
C-3	0+750	3.0%	5.1%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Tabla 17: Resumen de CBR de calicata C-3 con adición de 15% de Polímeros PET

Calicata	Progresiva	Penetración 0.2"	% de Expansión
		100% M.D.S. (56 golpes)	
C-3	0+750	4.0%	5.3%

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En la tabla 16 y 17, se muestran los resultados de ensayo CBR con un valor de 10% y 15% de Polímeros PET de la calicata C-3 sometidas a una penetración de 0.2 pulgadas, teniendo un CBR de 3% con un 10% de PET y un valor de 4% con un 15% de PET, Además el porcentaje de expansión fue de 5.1% y 5.3% respectivamente.

Imagen 22: Resultados de CBR de Calicata C-3 con un 10% de PET

DATOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 04 días		
% de humedad de compactación			9.56
Densidad seca antes de sumergirlos en agua			2.046
Compactación en golpes por capa			56
RESULTADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial			5.1
C.B.R. corregido a 0.1 ^{ra} de penetración			2
C.B.R. corregido a 0.2 ^{ra} de penetración			3
Cantidad de sobrecarga	10 lbs.	10lbs.	10lbs.

Fuente : Resultados de Laboratorio, 2018.

Imagen 23: Resultados de CBR de Calicata C-3 con un 10% de PET

DATOS DE LOS ESPECÍMENES ENSAYADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
Método de preparación y compactación	Húmedo	Húmedo	Húmedo
Condición al momento de ensayarlos	Remojados 04 días		
% de humedad de compactación			10.98
Densidad seca antes de sumergirlos en agua			2.071
Compactación en golpes por capa	10	25	56
RESULTADOS			
Espécimen	# 1	# 2	# 3
% de expansión con respecto a su altura inicial			5.6
C.B.R. corregido a 0.1 ^{ra} de penetración			2
C.B.R. corregido a 0.2 ^{ra} de penetración			4
Cantidad de sobrecarga	10 lbs.	10lbs.	10lbs.

Fuente : Resultados de Laboratorio, 2018.

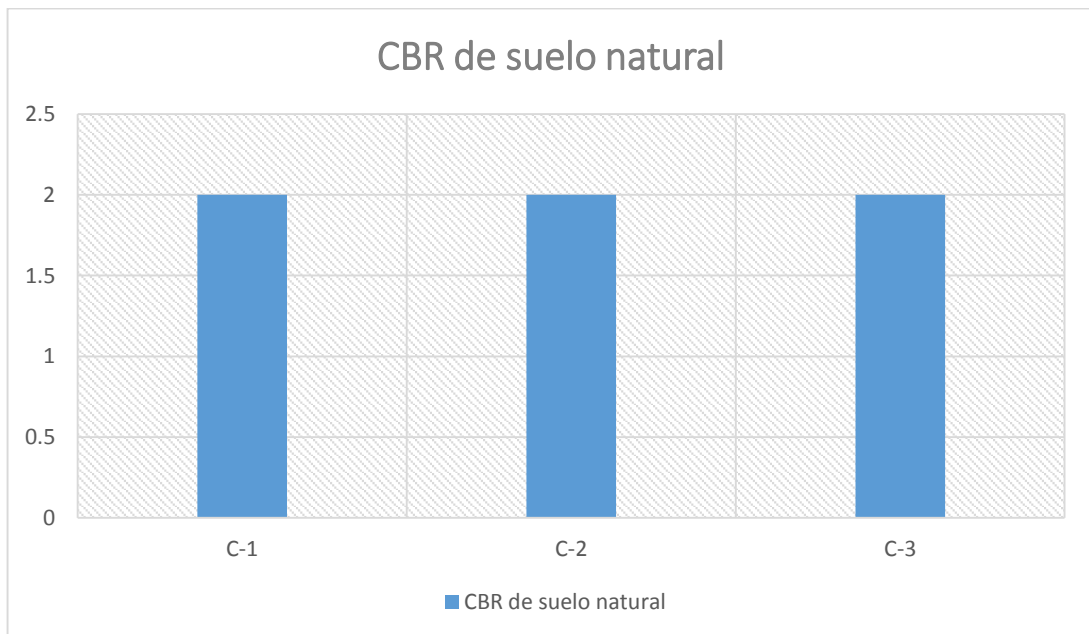
3.6. TERCER OBJETIVO: Comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.

Tabla 18: *Porcentaje de Incremento de CBR de C-3*

% Polímero	CBR	% Incremento
0.0%	2	
10.0%	3	33.3
15.0%	4	50

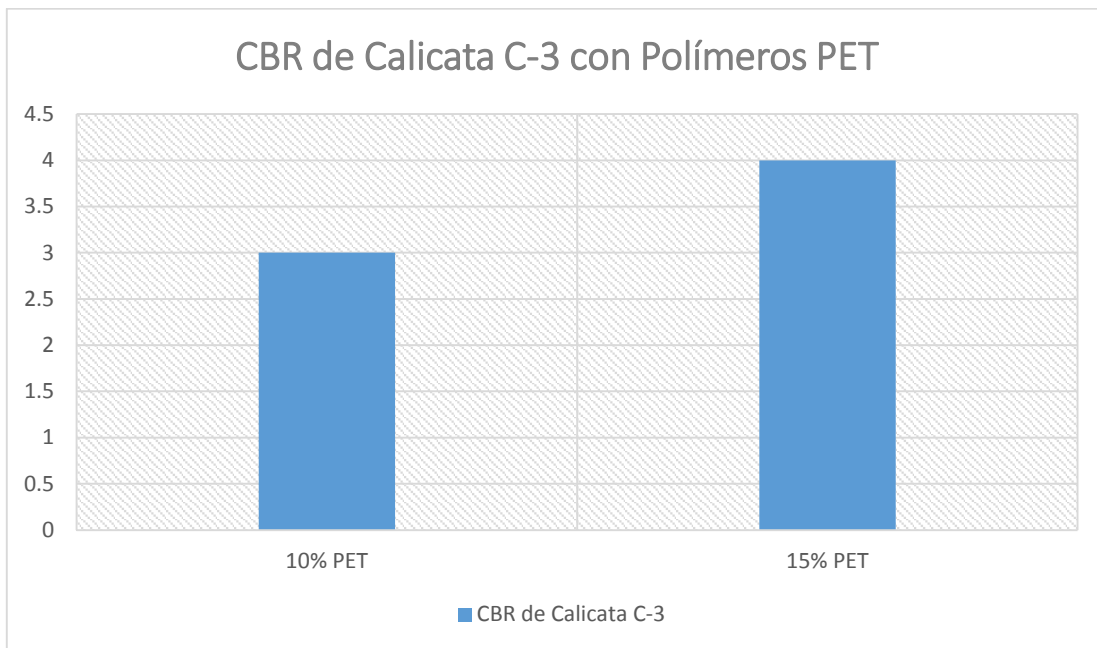
Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Grafico 1: *Comparación de CBR de suelo Natural*



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Grafico 2: Comparación de CBR de C-3 con Polímeros PET a 10% y 15%



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Interpretación: En el grafico 1 se observa que el valor CBR es igual para todas las muestras, sin embargo la muestra de la calicata C-3 según los ensayos anteriormente realizados es un suelo mas deficiente por ello se decidio agregarle un 10% y 15% de Polímeros PET triturados con la finalidad de mejorar sus propiedades mecanicas, siendo los resultados los que se muestran en el grafico 2, con un 10% de PET el valor de CBR fue de 3% y con un 15% de PET el valor fue de 4%.

IV. DISCUSIÓN

Una vez obtenidos los resultados de los respectivos ensayos realizados a las muestras extraídas de las tres calicatas, en el laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”, se procederá a discutir cada uno de los objetivos específicos con los trabajos previos del presente proyecto de investigación.

De acuerdo con nuestro primer objetivo “Determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito Marcavelica – Sullana – Piura. Para lograr el mismo se tuvo que ir al lugar de estudio y extraer muestras para poder realizar ensayos de laboratorio según la Norma Técnica Peruana (NTP). Al verificar “in situ” notamos que las muestras en su mayor parte eran agregados finos, por ello se les realizó los siguientes ensayos: Análisis granulométrico, Humedad natural, Límites de Atterberg, Clasificación de suelos SUCS y AASHTO, Ensayo de compactación (Protor modificado) y finalmente ensayo de CBR. En el análisis granulométrico de las tres muestras más del 60% eran partículas finas, y la humedad natural que éstas presentaban estaban en el rango de 7.5% hasta 8.2%, consecuentemente para los límites de Atterberg se determinó el límite líquido y plástico de cada muestra, obteniendo así el índice de plasticidad, cuyo valor está entre 16.7% y 21%, una vez obtenidos los datos de Granulometría y Límites de Atterberg se podrá determinar qué tipo de suelo arroja cada muestra. Independientemente, la clasificación SUCS afirmó que era un suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad (CL) y la clasificación AASHTO se registró un suelo arcilloso (A-6 y A-7-6). Según el ensayo de Compactación (Proctor Modificado) se obtuvo una máxima densidad seca de 1.90 gr/cm³ a 2.00 gr/cm³, datos esenciales para el ensayo de CBR, puesto que con ello se determinará el valor de soporte del suelo, todas las muestras arrojaron un 2% de CBR con una penetración de 0.2” a 56 golpes, características que conjuntamente determinan que la subrasante se encuentra nominada “Inadecuada” de acuerdo a la clasificación de la tabla N° 6 (categorías de subrasante) establecida por el MTC. Según los trabajos preliminares, Ramos Hinojosa Gabriel Paul, con su tesis “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE, MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCAVELICA 2014”, el tipo de suelo que resultó ser su zona de estudio, era un suelo de plasticidad moderada y un suelo plástico con arena y poco

porcentaje de grava, obteniendo como resultado en la capacidad de soporte CBR menor al 6%.

El segundo objetivo “Obtener una cantidad optima de Polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito Marcavelica – Sullana – Piura. Para el presente objetivo del proyecto se le agrego un 10% y 15% de Polímeros PET triturados a la muestra que presentaba mayores deficiencias en sus propiedades físicas y mecánicas, obteniendo como resultado el aumento del CBR a un 4%. En la tesis de Roly Roberth Leiva Gonzales, titulada “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”, en el presente proyecto se utiliza bolsas plásticas, un material que pertenece al grupo de los Polímeros. Leyva emplea las bolsas de polietileno fundida como agente de mejora de un suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad con un valor de soporte de 5%, obteniendo como resultado un aumento al 8.31% del valor de soporte con un 6% de bolsas plásticas.

Finalmente para nuestro último objetivo “Comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET, se logró tener un resultado favorable, ya que el CBR aumento a un 2% del terreno natural. Asimismo en la tesis de Ramos Hinojosa Gabriel Paul, titulada “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE, MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCVELICA 2014” se obtuvo resultados favorables en el valor de soporte del suelo, aumentándolo de 3.77% hasta 4.85% con 1.5% de Polímeros reciclados.

V. CONCLUSIONES

- Los Polímeros PET, intervienen en el mejoramiento de las subrasante del centro poblado Golondrina de progresivas 0+000 hasta 1+000, adicionándolos de manera triturada en porciones de 10% y 15% respecto al suelo seco, aumentando el valor de soporte en un 33.3% y 50% del natural respectivamente.
- Con la adición de Polímeros PET triturados, habrá un mejoramiento en las propiedades mecánicas y físicas del suelo. Siendo este un suelo Arcilloso de mediana y baja plasticidad según la clasificación de suelos SUCS. Así mismo se hace mención que el suelo natural del tramo de estudio presentaba una mala granulometría, gran presencia de finos y carencia de gravas.
- El CBR del suelo arcilloso de mediana y baja plasticidad fue de 2% y al agregarle un 10% de Polímeros PET triturados aumento al 3% y con un 15% de PET su capacidad de soporte fue 4%.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar polímeros PET triturados para el mejoramiento de subrasante en suelos de baja capacidad portante.
- Se debe realizar un estudio de mecánica de suelos (EMS), para poder conocer las propiedades físicas y mecánicas del terreno de fundación, para que se pueda elegir el tipo de agente de estabilizador recomendado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Se recomienda utilizar los Polímeros PET par suelos arcillosos de mediana y baja plasticidad ya que mejora el CBR en un 50% del natural.

VII. Referencias Bibliográficas

Becerra Salas, Mario. 2012. *Tópicos de Pavimentos de Concreto (Diseño, Construcción y Supervisión)*. Lima : s.n., 2012.

Blog Ambiental, A. 2010. Ambiental Blog. *Ambiental Blog*. [En línea] 6 de Noviembre de 2010. [Citado el: 10 de Mayo de 2018.] <https://ambientalblog2010.wordpress.com/2010/11/06/los-tipos-plasticos-reciclables/>.

Jiménez Ramírez, Lina Marcela. 2011. *Pavimentos con polímeros reciclados*. Medellín : s.n., 2011.

Leyva Gonzales, Roly Roberth. 2016. *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de a subrasante en el Jr. Arequipa, distrito de Orcotuna Concepción*. Huancayo : s.n., 2016.

Maila Paucar, Manuel Elías. 2013. *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Eileno Vinil Acetato (EVA)*. Quito : s.n., 2013.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Dirección general de Caminos y Ferrocarriles. 2013b. *Manual de pavimentos: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima : s.n., 2013b.

Ministerio de Transportes y comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2008b. *Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima : s.n., 2008b.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2008a. *Manual para el diseño de caminos no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima : s.n., 2008a.

Montalvo Farfán, Marco. Diseño estructural de pavimentos hidráulicos y asfálticos.

Pérez Muñoz, Liliana. 2012. *Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga*. México D.F. : s.n., 2012.

Perez, Elvis. 2014. Tipos de estabilización. *Tipos de estabilización*. 2014.

Quintero Díaz, Laura Andrea. *Diseño de una planta de reciclado de tereftalato de polietileno (PET)*. España : s.n.

Ramos Hinojosa, Grabiél Paul. 2014. *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014.* Huancayo : s.n., 2014.

Vargas Quispe, Nadia Pamela. 2017. *Efectos de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos.* Huancayo : s.n., 2017.

ANEXO N° 01

MATRIZ DE

CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables de Estudio
¿Cuál será el desempeño de la subrasante del Centro poblado La Golondrina al usar polímeros PET triturados entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura?	Evaluar el uso de Polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.	El uso de Polímeros PET triturados mejorará la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.	<p>Variable Independiente</p> <p>Uso de polímeros PET triturados.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclaje, lavado y secado de botellas PET. • Trituración de botellas PET.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable Dependiente
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles serían las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se podrá determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura. 	<p>Mejorar la subrasante del Caserio La Golondrina progresivas 0+000 hasta 1+000</p> <p>Indicadores</p> <p>Estudio de mecánica de suelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis Granulométrico NTP. 339.128 – 1999

-
- ¿Cuál será la cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura?
 - ¿En qué medida variará el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET?
 - Obtener una cantidad óptima de polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.
 - Comparar el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.
 - Habrá una dosificación óptima de polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura.
 - Es posible que exista una considerable diferencia entre el valor de soporte (CBR) de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada por polímeros PET.
 - Contenido de Humedad NTP. 339.127 – 1999
 - Límites de Agtterberg AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318
 - Clasificación de Suelos ASTM 2487 y AASHTO M 145
 - Ensayo de Compactación ASTM D-698, D-1557
 - Ensayo de CBR NTP. 339.145 – 1999

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

ANEXO N° 02

MÉTODOS DE INGENIERIA

Métodos de Ingeniería

En este apartado del presente proyecto de investigación se explicará el procedimiento de los ensayos realizados con los cuales hemos logrado determinar nuestros objetivos.

Para el primer objetivo “determinar las propiedades mecánicas y físicas que intervienen en la capacidad portante de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito Marcavelica – Sullana – Piura”. Se realizaron los siguientes ensayos:

Contenido de Humedad Natural

El ensayo de contenido de humedad consiste en determinar la cantidad de agua que la muestra contiene, expresando ese valor en un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. El valor del contenido de humedad es relativo debido a que este puede variar en condiciones atmosféricas. Es por ello que este ensayo se debe realizar inmediatamente cuando se obtienen las muestras.

Equipos y Accesorios:

- Fuentes de aluminio
- Estufa
- Cepillo o brocha

Procedimiento:

- Se pesan 500 gr de la muestra humedad que se va a analizar en una balanza de sensibilidad de 0.01gr. (W_{hum})
- Es secada en una estufa
- Se pesa la muestra seca (W_{sec})
- Y finalmente para determinar el valor en porcentaje se emplea la siguiente formula:

$$W(\%) = \frac{W_{hum} - W_{sec}}{W_{sec}} \times 100$$

Análisis Granulométrico por Tamizado

El ensayo del análisis granulométrico permite distribuir las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño, esto se logra mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de diferentes diámetros hasta el último tamiz N°200 ($d=0.074\text{mm}$), considerando el material que pasa dicha malla en forma global. El análisis granulométrico deriva a una curva granulométrica, la cual se grafica por el diámetro de los tamices y el porcentaje acumulado que pasa por cada malla.

Muestra:

- La muestra extraída de las calicatas debe secar al aire libre por 24 horas

Equipos y Accesorios:

- Tamices N°4, N°10, N°20, N°40, N°80, N°100 y N°200
- Balanza de sensibilidad 0.01gr
- Estufa
- Bandejas
- Cepillo o brocha

Procedimiento:

Análisis granulométrico de la porción fina

- Se cuartea y se pesan 500gr de la muestra a analizar en una balanza de sensibilidad 0.01gr.
- Los 500gr de muestra se lava en el tamiz N°200, esta se lava por porciones de manera que no se pierdan partículas mayores a 0.074 mm de diámetro
- Una vez que se lavó completamente el material se seca en una estufa
- Se vuelve a pesar en una balanza de 0.01gr. de sensibilidad, para determinar cuánto peso se perdió al lavar la muestra
- Luego de ello se pasa por los tamices respectivos los cuales fueron, N°4, N°10, N°20, N°40, N°80, N°100 y N°200.
- Finalmente se determina el peso retenido en cada Tamiz

Ecuaciones:

Para calcular el porcentaje retenido en cada Tamiz se emplea la siguiente ecuación:

$$\%Retenido = \frac{\text{peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

Una vez obtenido el porcentaje retenido en cada malla, se calcula el porcentaje retenido acumulado, para luego poder calcular el porcentaje que pasa por cada malla.

Límites de Atterberg: Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad (MTC E-110, MTC E-111)

Los límites de Atterberg nos permitirán clasificar e identificar el tipo de suelo que se va a analizar.

Equipos y Accesorios:

- Recipientes de porcelana o plástico para la muestra
- Tamiz N°40
- Espátula
- Aparato del límite líquido (copa de Casagrande) con su acanalador
- Cápsulas para obtener el contenido de humedad balanza
- Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr
- Horno para el secado de la muestra por 24 horas
- Recipiente con agua destilada
- Placa de vidrio esmerilado de por lo menos 30 centímetros de largo y 20 centímetros, con un espesor de 1 centímetro.

Limite Líquido

Este ensayo se determina mediante el instrumento de Copa de Casagrande (D-4318 ASTM) y se define como el contenido de agua con el cual se cierra una ranura de 1/2 pulg (12.7mm), mediante 25 golpes.

Procedimiento:

- Colocar 170 gr y 130 gr en un recipiente respectivamente del suelo pasante por el tamiz N°40 y añadir una pequeña cantidad de agua a la muestra de 170 gr. Dejar que la muestra se humedezca.
- Mezclar con ayuda de la espátula hasta que el color sea uniforme y conseguir una mezcla homogénea.

- Se deja secar la muestra saturada por 24 horas
- Se coloca una pequeña cantidad de masa húmeda en la parte central de la copa y se nivela la superficie, luego se pasa el acanalador por el centro de la copa para cortar en dos la pasta de suelo.
- Poner en movimiento la cazuela con ayuda de la manivela y suministrar los golpes a una velocidad de dos golpes por segundo que sean necesarios para cerrar la ranura en 12.7 mm cuando se cierre la ranura, registrar la cantidad de golpes y tomar una muestra de la parte central para la determinación del contenido de humedad.
- Este proceso se repite nuevamente con tres muestras más para lograr cuatro puntos a diferentes contenidos de humedad.

Limite Plástico

Es el contenido de agua con el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos de 3.2mm de diámetro.

Procedimiento:

- El límite plástico es la humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos de 3.2 mm de diámetro.
- Se trabaja con el material preparado para el límite líquido se toma aproximadamente 20 gr.
- Se amasa el suelo y se deja que pierda humedad hasta una consistencia a la que pueda enrollarse sin que se pegue a las manos esparciéndolo y mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio, la prueba continúa hasta que el rollito empieza a rajarse y tiende a desmoronarse.
- Una vez que se ha producido el límite plástico se debe colocar el rollito en un recipiente de peso conocido y se pesa para determinar el contenido de humedad.

Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad de determina una vez obtenidos los datos del Limite Líquido y el Limite Plástico, con la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

IP= Índice Plástico

LL= Limite Líquido

LP= Limite Plástico

Clasificación del suelo mediante SUCS Y AASHTO

Para la clasificación SUCS se empleara el Abaco de la Ilustración 5 “Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos SUCS”.

Procedimiento:

- Una vez que se ha determinado los Limites Agtterberg
- Se ubicara los valor de Limite Liquido y el Índice de plasticidad en la gráfica de plasticidad del SUCS
- Una vez ubicados los valores se podrá determinar el tipo de suelo de la muestra en estudio.

Para la clasificación AASHTO se empleara la tabla 1.2 “Clasificación de suelos por el método AASHTO”, de la Ilustración 5.

Procedimiento:

- Para poder clasificar el tipo de suelo por el método AASHTO, se debe determinar la granulometría del material para poder qué porcentaje de finos contiene, y por consiguiente se calcularan los Limites de Agtterberg y el índice de grupo
- Finalmente con los datos obtenidos de los ensayos determinaremos que tipo de suelo será nuestra muestra de estudio.

Ensayo de Compactación (Proctor Modificado)

Este ensayo permitirá determinar el contenido de humedad óptima, donde el suelo alcanzara su máxima densidad seca (MDS).

Equipos y Accesorios.

- Molde de 4 o 6 pulgadas con una altura de 4,584 pulg (116,4 mm) y un volumen de 0,0333 pie³ (944 cm³) y 0,075 pie³ (2,124 cm³)

- Un plato base metálico y un collar de extensión de 2".
- Pisón
- Balanza con sensibilidad de 0.01gr.
- Estufa
- Una platina de acero no menor que 10 pulgadas.
- Tamiz N°4 (4,75 mm).
- Probetas, fuentes para la mezcla completa de la muestra con incrementos de agua.

Muestra:

- Se empleara la muestra que se ha secado al aire libre por 24 horas.

Procedimiento:

- Se prepara mínimo cuatro especímenes con contenidos de agua, de modo que estos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado.
- Preparar cuatro o cinco muestras de 3 kg
- Determinar y anotar la masa y volumen del molde.
- Colocar la primera capa en el molde y aplicarle 25 o 56 golpes, según el método de ensayo.
- Compactar el espécimen en cinco capas. Cada una deberá tener aproximadamente el mismo espesor.
- Se aplicarán los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes por minuto.
- La última capa debe quedar en el collarín, de manera que luego se pueda nivelar.
- Determinar y registre la masa del espécimen, luego remover el material del molde para extraer una porción de suelo para determinar el contenido de humedad.
- Llevar las muestras a la estufa para determinar la humedad.
- Repetir el procedimiento para el resto de los especímenes a diferentes contenidos de humedad, dos de los cuales quedan en el lado seco de la curva y los otros dos en el lado húmedo.

Ecuaciones:

Cuando se tenga el contenido de humedad de cada espécimen se determina la densidad seca de cada punto con la siguiente ecuación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \omega}$$

Donde:

γ_d = densidad seca

γ_m = densidad húmeda

ω = contenido de humedad

Ensayo de CBR

Este ensayo permitirá determinar la capacidad de soporte (CBR) del suelo, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

Equipos y Accesorios:

- Prensa de compresión, la capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 KN (10,000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos
- Molde de metal cilíndrico de 152,4 mm de diámetro interior y de 177,8 mm de altura, un collar de metal de 50.8 mm de altura y una placa de base perforada.
- Disco espaciador de metal circular, de 150.8 mm de diámetro exterior y de 61,37 mm de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación
- Pisón de compactación (proctor modificado)
- Aparato medidor de expansión compuesto por una placa de metal perforada por cada molde de 149.2 mm de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura. Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de este y medir la expansión con aproximación de 0.025 mm (0.001”).
- Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de 4,54 kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de 2,27 kg.

- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular, de 49.63 mm de diámetro.
- Dos diales. con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001").
- Tanque para la inmersión de los moldes.
- Horno de secado.
- Misceláneos
- Tamices
- papel filtro
- espátulas
- Una platina de acero no menor que 10 pulgadas
- probetas.

Muestra:

- Se empleara la muestra que se ha secado con el aire libre

Procedimiento:

Fase de compactación

- Se toma 5 kg de suelo por cada molde CBR.
- Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de proctor.
- Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108. Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo.
- Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre este, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.
- Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas.
- La prueba se efectúa dando 56, 25 y 10 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima.

- Para suelos cohesivos, interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 56, 25 y 10 golpes por capa con diferentes humedades para obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.
- Si el espécimen se sumergirá, se toma una porción de material entre 100 y 500 gr (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del suelo. Si la muestra no será sumergida, la porción de material
- para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello, el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.
- Terminada la compactación se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador. Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base y finalmente se pesa.

Inmersión

- En el molde invertido se coloca la placa perforada con vástago y sobre esta los anillos necesarios para completar una sobrecarga. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb).
- Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (cuatro días).
- Al final del periodo de inmersión se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento.
- Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa.

Penetración

- Se aplica una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación), pero no menor de 4.54 kg (10 lb).
- Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50 N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración.
- Se aplica la carga sobre el pistón de penetración con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto (con la ayuda de un deformímetro de penetración y un cronómetro). Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Tabla 19: Penetraciones a considerar en el ensayo de CBR

Penetración	
Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

Fuente: MTC E-132

- Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables. Por último, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

Agua Absorbida

- El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de esta, la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso, debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

Expansión

- La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde que es de 127 mm (5”).

Cálculo del Índice CBR

- Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20: Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón

Penetración		Presión		
Milímetros	Pulgadas	MN/m ²	Kgf/cm ²	lb/plg ²
2.54	0.1	6.9	70.31	1
5.08	0.2	10.35	105.46	1.5

Fuente: MTC E-132

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas) y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1” y

0,2”) de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

- De la curva corregida, tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1,000 lb/plg²) y 10,3 MPa (1,500 lb/plg²), respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1”) de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2”) de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2”) de penetración.

Ecuaciones

Solo se empleara una ecuación y es para determinar la expansión de la muestra:

$$\%Expansión = \frac{L2 - L1}{127}$$

L1 = Lectura inicial en milímetros

L2 = Lectura final en milímetros

En el segundo objetivo segundo objetivo “obtener una cantidad optima de Polímeros PET de manera triturada, con el fin de mejorar la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito Marcavelica – Sullana – Piura”. A continuación se explicara cómo se logró el mismo:

Paso N°1: Reciclaje de Polímeros PET (Botellas de Plástico)

Debido a la gran abundancia de botellas descartables en el medio ambiente, se nos facilitó el reciclaje de las mismas para emplearlas en el presente proyecto. Se reciclaron las botellas de Tipo 1.

Paso N°2: Lavado y secado de las botellas plásticas

Las botellas recicladas se encontraban arenadas y empolvadas, por lo que se procedió al lavado y secado al aire libre de las mismas.

Paso N°3: Obtención de los Polímeros PET de manera triturada

Las botellas plásticas recicladas se llevaron a una maquina industrial trituradora en la zona del distrito de Castilla, Provincia Piura, donde las mismas fueron desagregadas en tamaños pequeños para poder utilizarlos como un agente de mejora para el terreno natural.

El costo por Kilogramo de Polímeros PET triturados se detalla en el siguiente costo unitario:

Trituración de Polímeros PET con Trituradora
Partida: Industrial

Rendimiento:	350	kg/Día	Jornada:	8	horas/Día
--------------	-----	--------	----------	---	-----------

Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra					0.36
Peón	hh	1.0000	0.0229	15.82	0.36
Materiales					
Botellas Descartables	kg		1.0000	0.80	0.80
Herramientas y Equipos					0.47
Herramientas Manuales	%M.O.		3.0000	0.36	0.01
Trituradora Industrial	hm	1.0000	0.0229	20	0.46
					Costo Unitario por kg
					1.63

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

El costo unitario por kilogramo de Polímeros PET triturados es de S/ 1.63 Soles.

Tamaño y forma de los Polímeros PET triturados

El tamaño de las partículas plásticas que iba procesando la trituradora era variable, ya que esta no trituraba de manera uniforme las botellas que se le ingresaban. Sin embargo, para el presente objetivo se utilizaron las partículas más pequeñas, puesto que estas son las que finalmente iban a ser mezcladas y compactadas con el suelo natural, teniendo así una mejor trabajabilidad.

Al obtener los Polímeros PET triturados se procedió a realizar los ensayos de laboratorio con la muestra de la calicata C-3, calicata utilizada ya que en ésta se encontró un menor porcentaje en relación a la capacidad de soporte del suelo. Por ello, optamos en agregarle las partículas trituradas con el fin de mejorar la misma.

Los ensayos que se realizaron fueron:

- Ensayo de compactación (Proctor Modificado) (MTC E-115)
- Ensayo de CBR (MTC E-132)

Los cuales ya fueron explicados anteriormente, se seguirá el mismo procedimiento y lo único que se agregara será los Polímeros PET triturados.

Finalmente el tercer objetivo, “comparar el valor de soporte CBR de la subrasante del Centro poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito Marcavelica – Sullana – Piura, con la subrasante alterada con Polímeros PET triturados”.

Para el cumplimiento de nuestro último objetivo solo se empleó los datos obtenidos en nuestro ensayo de compactación (Proctor modificado) y el ensayo de CBR, realizados a nuestra muestra natural y la muestra alterada con Polímeros PET triturados.

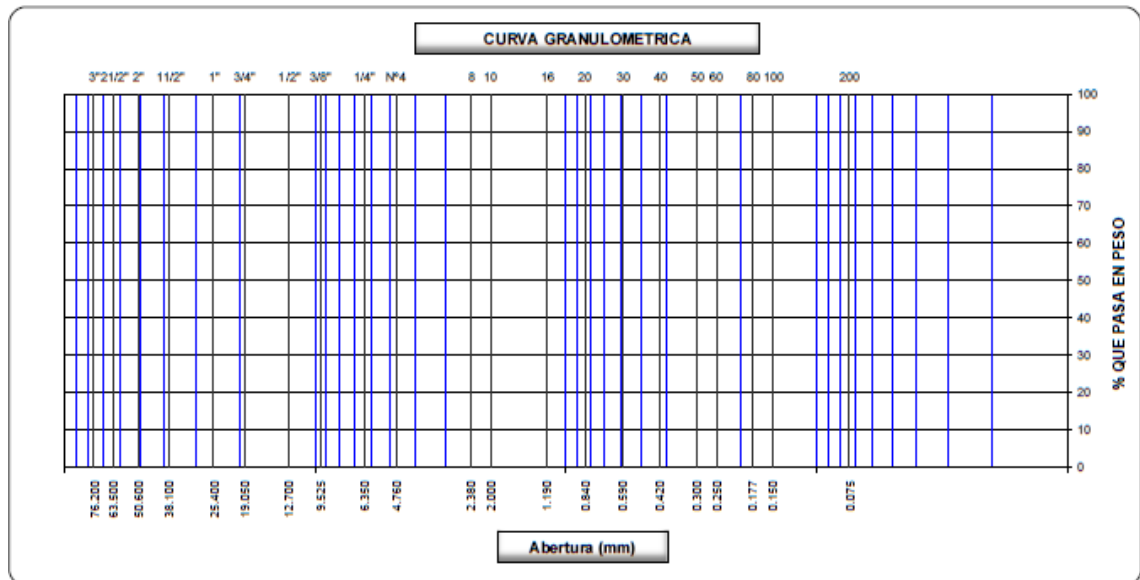
ANEXO N° 03

INSTRUMENTOS

Ilustración 1: Ficha Técnica de Análisis Granulométrico

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
PROYECTO :							
CALICATA :							
MUESTRA :					ING.RESP. :		
PROFUNDIDAD :					TECNICO :		
KILOMETRO :					FECHA :		
LADO :							
SOLICITA :							

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
5"	127.000						1. Peso de Material
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) _____
3"	73.000						Peso Fracción Fina Para Lavar (gr) _____
2 1/2"	60.300						2. Características
2"	50.800						Tamaño Máximo _____
1 1/2"	37.500						Tamaño Máximo Nominal _____
1"	25.400						Grava (%) _____
3/4"	19.000						Arena (%) _____
1/2"	12.700						Finos (%) _____
3/8"	9.520						Modulo de Fineza (%) _____
1/4"	6.350						3. Clasificación
N° 4	4.750						Límite Líquido (%) _____
N° 8	2.360						Límite Plástico (%) _____
N° 10	2.000						Índice de Plasticidad (%) _____
N° 16	1.190						Clasificación SUCS _____
N° 20	0.850						Clasificación AASHTO _____
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
Pasante							



Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”

Ilustración 2: Ficha Técnica de Contenido de Humedad

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
PROYECTO	:		
CALICATA	:		
MUESTRA	:		ING.RESP. :
PROFUNDIDAD	:		TECNICO :
KILOMETRO	:		FECHA :
LADO	:		
SOLICITA	:		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)		
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)		
Peso de la tara + muestra seca (gr)		
Peso del agua contenida (gr)		
Peso de la muestra seca (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”

Ilustración 3: Ficha Técnica de Límites de Consistencia

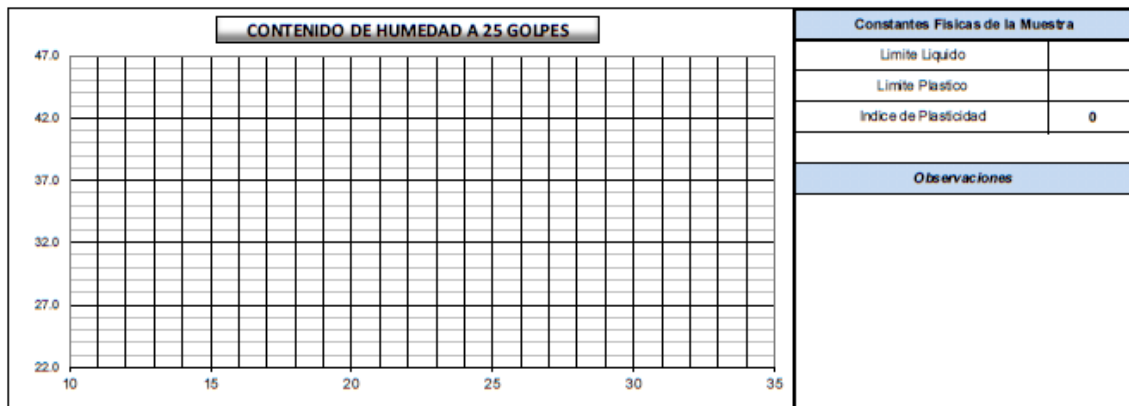
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
LÍMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
PROYECTO :			
CALICATA :			
MUESTRA :			ING. RESP. :
PROFUNDIDAD :			TECNICO :
KILOMETRO :			FECHA :
LADO :			
SOLICITA :			

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tamo					
Peso de Tamo + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tamo + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tamo	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%				
Numero de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tamo					
Peso de Tamo + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tamo + Suelo seco	gr.				
Peso de Tamo	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%				



Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”.

Ilustración 4: Clasificación de Suelo

Sistema unificado de clasificación de los suelos SUCS

Divisiones Mayores		Símbolo de Grupo	Nombres Típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares			
Suelos de grano grueso Si menos del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Gravas Si menos del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$			
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW			
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 4$	A los materiales sobre la línea A con $4 < IP < 7$ se considera de frontera y se les asigna doble símbolo		
		GC		Límites de Atterberg por encima de la línea A o $IP > 7$			
	Arenas (Si más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4)	Arenas limpias (pocos o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino		$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{30}^2/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino		No cumplir todos los requisitos de gradación para SW	
Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)		SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $IP < 4$	Si el material está en la zona sombreada con $4 \leq IP \leq 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo		
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A o $IP > 7$					
Suelos de grano fino Si más del 50% del material pasa el tamiz No. 200	Limos y arcillas (Límite Líquido LL < 50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2. Dependiendo del porcentaje de finos (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% --- GW, GP, SW, SP Más del 12% --- GM, GC, SM, SC De 5 a 12% --- Casos de frontera que requieren doble símbolo			
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras				
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	Limos y arcillas (Límite Líquido LL > 50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos				
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas				
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos				
	Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos				



Fuente: American Society of Testing Materials – ASTM 2487.

Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145:

Clasificación General ⁽¹⁾	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla N° 200)							Materiales Limo-Arcillosos (pasan más del 35% la malla N° 200)			
Clasificación por Grupos:	A -1		A -3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A-7 ⁽²⁾
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Análisis Granulométrico Porcentaje que pasa:											
Tamiz N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa la malla N° 40											
<i>Límite Líquido:</i>			No plástico	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
<i>Índice de Plasticidad:</i>	6 máx			10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de los materiales componentes importantes.	Fragmentos de Piedra, Grava y Arena.		Arena Fina	Arena y Gravas limosas o arcillosas.				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasific. Gral como Subrasante.	DE EXCELENTE A BUENA.						DE REGULAR A MALA.				

Nota (1): Procedimiento de Clasificación: Teniendo presente los datos de prueba necesario, procédase de izquierda a derecha en el cuadro; se encontrará el grupo correcto siguiendo un proceso de eliminación. El primer grupo de la izquierda que corresponda con los datos de la prueba es la clasificación correcta.

Nota (2): El grupo A-7 se subdivide en A-7-5 o A-7-6, según su plasticidad. Para $IP \leq LL-30$, la clasificación es A-7-5; para $IP > LL-30$, tenemos A-7-6.

Fuente: American Association of State Highway and Transportation officials (AASHTO M 145)

Ilustración 5: Ficha Técnica de Ensayo Proctor

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)									
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)									
PROYECTO :									
CALICATA :									
MUESTRA :									
PROFUNDIDAD :									
KILOMETRO :									
LADO :									
SOLICITA :									
ING.RESP. : TECNICO : FECHA :									
Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	2113,99	m3.	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Peso Molde	6079	gr.	N° de golpes	25 Glp
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde					gr.				
Peso Suelo Humedo Compactado					gr.				
Peso Volumetrico Humedo					gr.				
Recipiente Numero					-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara					gr.				
Peso Suelo Seco + Tara					gr.				
Peso de la Tara					gr.				
Peso del agua					gr.				
Peso del suelo seco					gr.				
Contenido de agua					%	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Densidad Seca					gr/cc	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
RESULTADOS									
Densidad Máxima Seca					(gr/cm3)	Humedad óptima		%	
Densidad Máxima Seca Corregida					(gr/cm3)	Humedad óptima		%	
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA									

Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”.

Ilustración 6: Ficha Técnica de Ensayo de CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
PROYECTO :															
CALICATA :															
MUESTRA :															
UBICACIÓN :															
0															
0															
USO															
SOLICITA :															
ING. RESP. :															
TECNICO :															
FECHA :															
CALCULO DEL CBR															
Molde N°															
Capas N°															
Golpes por capa N°															
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)															
Peso de molde (g)															
Peso del suelo húmedo (g)															
Volumen del molde (cm ³)															
Densidad húmeda (g/cm ³)															
Tara (N°)															
Peso suelo húmedo + tara (g)															
Peso suelo seco + tara (g)															
Peso de tara (g)															
Peso de agua (g)															
Peso de suelo seco (g)															
Contenido de humedad (%)															
Densidad seca (g/cm ³)															
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-01	
		STAND.	CARGA	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	pulg.	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
OBSERVACIONES :		Anillo;													

Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”.

Ilustración 7: Ficha Técnica de Ensayo CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS													
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR													
(MTC E.132 / ASTM D.1683 / AASTHO T.193)													
PROYECTO :													
CALICATA :													
MUESTRA :													
UBICACIÓN :													
9	ING.RESP. :												
9	TECNICO :												
USO :	FECHA :												
SOLICITA :													
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR													
<p>Densidad Seca (g/cm³)</p> <p style="text-align: center;">95%</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>METODO DE COMPACTACION</td> <td>:</td> <td>AASHTO T-181</td> </tr> <tr> <td>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</td> <td>:</td> <td></td> </tr> </table>	METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T-181	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:		OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:		95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	
	METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T-181										
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:												
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:												
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:												
	<p>RESULTADOS:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.1"</td> <td>=</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.1"</td> <td>=</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.2"</td> <td>=</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.2"</td> <td>=</td> <td>%</td> </tr> </table> <p>OBSERVACIONES:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.1"	=	%	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.1"	=	%	Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.2"	=	%	Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.2"	=	%
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.1"	=	%											
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.1"	=	%											
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D. S. a 0.2"	=	%											
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D. S. a 0.2"	=	%											
EC = GOLPES	EC = GOLPES	EC = GOLPES											
<p>Carga, kilos</p> <p>Penetración (mm)</p>	<p>Carga, kilos</p> <p>Penetración (mm)</p>	<p>Carga, kilos</p> <p>Penetración (mm)</p>											

Fuente: Ficha Técnica del Laboratorio de Mecánica de Suelos “Tecmesul Piura”.

ANEXO N° 04

**CONSTANCIA DE
VALIDACIÓN**

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Rosa Mariela Pachares Orejuela con DNI N° 02817452 Ingeniero (a)
 en Civil / Industrial N° CIP: 62058 de
 profesión Ingeniera desempeñándome actualmente como
 jefe del Area de Estudios y proyectos en Municipalidad distrital Veintiseis de Octubre.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los Ensayos Realizados en Laboratorio de Mecánica de Suelos, del proyecto **“Uso de Polímeros PET triturados para mejorar la subrasante del Centro Poblado La Golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de Marcavelica – Sullana – Piura”**.

Luego de realizar los ensayos de mecánica de suelos y obtener los resultados, puedo formular las siguientes apreciaciones.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 28 días del mes de Noviembre del dos mil dieciocho.

Ingeniero(a) : Rosa Mariela Pachares Orejuela
 DNI : 02817452
 Especialidad : Ing. Civil
 E-mail : mariela19021@hotmail.com


Rosa Mariela Pachares Orejuela
 INGENIERO INDUSTRIAL / CIVIL
 CIP N° 62058

ANEXO 05

DE BASES

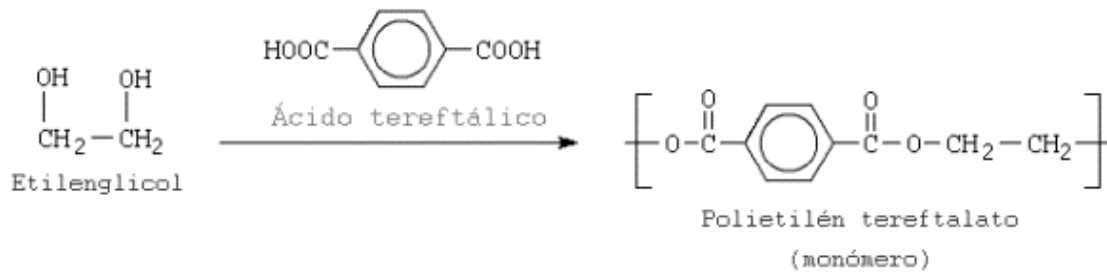
TEÓRICAS

Imagen 1: *Tipos de Polímeros Reciclables*



Fuente: (Blog Ambiental, 2010)

Imagen 2: *Formula Molecular del PET*



Fuente: (Quintero Díaz)

Tabla 1: *Tipo de Material*

Tipo de Material	Tamaño de Partículas
Grava	75 mm - 4.75 mm
Arena	Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
	Arena Media: 2.00 mm - 0.425 mm
	Arena Fina: 0.425 mm - 0.075 mm

Material	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
Fino	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013b).

Tabla 2: Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelo muy arcillosos
IP < 20 e IP > 7	Media	Suelo arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico	Suelos extensos de arcilla

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013b).

Tabla 3: Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008a)

Tabla 4: Clasificación de Suelos

Clasificación de suelos ASSHTO	Clasificación de suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP

A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008a).

Tabla 5: *Categorías de Subrasante*

Categorías de 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: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013b).

ANEXO 06

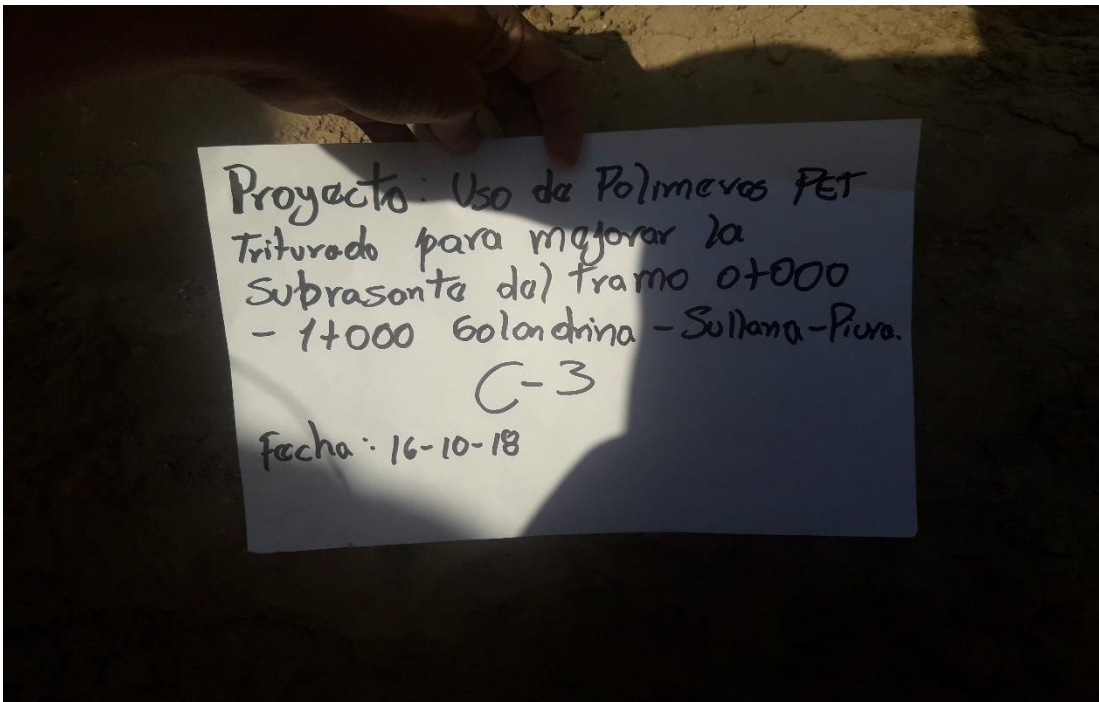
DE VISTA

FOTOGRAFÍCAS

DE ENSAYOS DE

LABORATORIO

Vista Fotográfica 01: Calicata C-1, C-2 y C-3



Fuente: Fotografía, 2018.

En las fotografías apreciamos la estratigrafía de cada calicata, estas tienen una profundidad de 1.50 metros las cuales fueron excavadas cada 250 metros a lo largo del tramo.

Vista Fotográfica 02: *Muestras extraídas*



Fuente: Fotografía, 2018.

Una vez extraídas las muestras de las calicatas se empaquetaron en sacos para poder transportarlas al laboratorio, donde allí se dejaban expuestas a la temperatura para su secado natural.

Vista Fotográfica 03: *Análisis Granulométrico de cada muestra*



Fuente: Fotografía, 2018.

Antes de empezar el análisis granulométrico se debe cuartear la muestra, luego de ellos se extraen 500gr, cuya muestra se lavara en el Tamiz N°200 con la finalidad de eliminar las partículas más finas (limo), las cuales esta pasaran por la malla hasta el lavador.

Vista Fotográfica 04: Límites de Atterberg



Fuente: Fotografía, 2018.

En las fotografías se observa que para realizar los límites de Agtterberg se debe extraer muestra la cual debe pasar por el tamiz N°40. Para el límite líquido se extrae 170gr el cual se saturara con agua y otro recipiente con 100gr el cual este servirá para bajar la humedad si es que la muestra saturada se excede de agua.

Vista Fotografía 05: *Ensayo de Compactación*



Fuente: Fotografía, 2018.

En las fotografías se observa el molde con el cual se realizara el ensayo de compactación. Asi como la muestra las cuales se saturaran con diferente porcentaje de agua, con la finalidad de obtener una máxima densidad seca M.D.S.

Vista Fotográfica 06: *Ensayo de CBR*



Fuente: Fotografía, 2018.

En las fotografías se observa la muestra de Calicata C-3 donde se le realiza el ensayo CBR en el laboratorio (Telmesuc Piura).

Vista Fotografía 07: *Polímeros PET triturados*





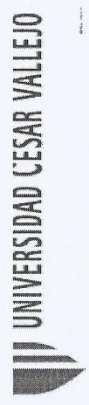
Fuente: Fotografía, 2018.

Los polímeros PET (Botellas plásticas reciclables), se llevaron a una máquina trituradora con la cual se obtuvo partículas plásticas para utilizarlas como agente de mejora.

ANEXO N° 07

DOCUMENTO DE

SIMILITUD



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO

"USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA SUBSANTANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE

MARCAVELICA - SULLANA - PIURA"

AUTORES:

RAMOS GONZALES, Yanella Alexandra

SEMINARIO CHIRA, Wilmer Anthony



Yanella Ramos
Ing. Yanella Ramos Zentillos Vilchez
INGENIERO INDUSTRIAL
CIP N° 23.727

Resumen de coincidencias

27 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias	
1	repositorio.continental... Fuente de Internet 6 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet 6 %
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet 4 %
4	Entregado a Universida... Trabajo de estudiante 3 %
5	Entregado a Universida... Trabajo de estudiante 2 %
6	Entregado a Universida... Trabajo de estudiante 1 %

ANEXO N° 08

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

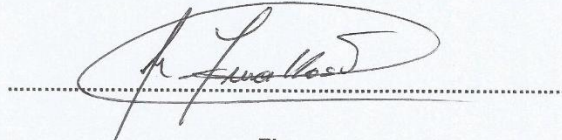
Yo, **MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ** docente de la Facultad INGENIERIA y Escuela Profesional **INGENIERIA CIVIL** de la Universidad César Vallejo Piura, revisor (a) de la tesis titulada

“USO DE POLIMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE MARCAVELICA - SULLANA -PIURA”

De los estudiantes **RAMOS GONZALES, Yanella Alexandra** y **SEMINARIO CHIRA, Wilmer Anthony**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 27 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Piura, 28 Marzo 2019.



Firma

Mg. Ing. MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ

DNI: 03839229



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

ANEXO N° 09

**AUTORIZACIÓN DE
PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSICIÓN
INSTITUCIONAL UCV**



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Seminario Chira Wilmer Anthony..... identificado con DNI N° 71039151.....
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.....
de la Universidad César Vallejo, autorizo (), No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado
"Uso de Polímeros, PET triturados para mejorar la subrasante del centro poblado
la galandina entre las Progresivas otoco hasta Itoco del distrito de Moravallca
Sullana - Piura....."; en el Repositorio Institucional de la UCV
(<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley
sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 71039151

FECHA: 20 de Marzo del 2019



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

ANEXO N° 10

**AUTORIZACIÓN DE LA
VERSIÓN FINAL DEL
TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTAN:

SEMINARIO CHIRA WILMER ANTHONY

RAMOS GONZALES YANELLA ALEXANDRA

INFORME TITULADO:

“USO DE POLÍMEROS PET TRITURADOS PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DEL CENTRO POBLADO LA GOLONDRINA ENTRE LAS PROGRESIVAS 0+000 HASTA 1+000 DEL DISTRITO DE MARCAVELICA -SULLANA - PIURA”.

PARA OBTENER EL GRADO O TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 28 DE MARZO DEL 2019.

NOTA O MENCIÓN: SEMINARIO CHIRA WILMER ANTHONY	15 (QUINCE)
RAMOS GONZALES YANELLA ALEXANDRA	15 (QUINCE)



FIRMA DEL COORDINADOR DE INVESTIGACIÓN – E.A.P. INGENIERÍA CIVIL
MG. EDWIN RAUL LAZO ECHE