

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**INFLUENCIA DEL DRENAJE SUBTERRANEO  
EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA  
OYÓN – AMBO, TRAMO II**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CARDENAS ARAUJO, Angel Eduardo**

**Línea de investigación institucional: Transporte y urbanismo**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO-PERÚ**

**2023**

# **FALSA PORTADA**

**ASESOR**  
**Mg. Leonel Untiveros Peñaloza**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera  
Presidente

---

Mg. Julio Fredy Porras Mayta  
Jurado

---

Mg. Nataly Lucía Cordova Zorrilla  
Jurado

---

Ing. Christian Mallaupoma Reyes  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
Secretario docente

## **DEDICATORIA**

- A mis padres Edgar y Gloria por la confianza que depositaron en mí.
- A mi abuelo Corsinio por los valores y formación que me brindó.
- A mis hermanas Angely y Sol por ser las mejores compañeras en la vida.

Bach. Angel Eduardo Cardenas Araujo

## **AGRADECIMIENTOS**

A los diferentes docentes que me enseñaron en los de ciclos académicos durante mi formación como profesional, por compartir sus diferentes conocimientos adquiridos en su vida profesional.

A las personas que me brindaron información acerca del tema a desarrollar en el presente informe.

A todos mis familiares que me apoyaron en distintos aspectos durante mi formación académica y personal.

Bach. Angel Eduardo Cardenas Araujo

## CONSTANCIA 083

### DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado:

“INFLUENCIA DEL DRENAJE SUBTERRANEO EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA OYÓN - AMBO, TRAMO II”

Cuyo autor (a) : Angel Eduardo, Cardenas Araujo.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil

Que, fue presentado con fecha 09.02.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 10.02.2023, con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 25%. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el 30%. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: modalidad de Suficiencia Profesional.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 13 de febrero del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas  
Director de la Unidad de Investigación

# INDICE

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS .....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
INDICE.....	viii
RESUMEN.....	x
INTRODUCCION.....	xi
CAPITULO I.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. PROBLEMA .....	15
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4. DELIMITACIÓN.....	17
CAPITULO II.....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES.....	19
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	28
CAPITULO III .....	36
3. METODOLOGIA .....	36
3.1. TIPO DE ESTUDIO.....	36
3.2. NIVEL DE ESTUDIO .....	36
3.3. DISEÑO DEL ESTUDIO .....	36
3.4. POBLACION Y MUESTRA .....	37
3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS	38
CAPITULO IV .....	39
4. DESARROLLO DEL INFORME.....	39
4.1. ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL PROYECTO.....	39
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.....	40
4.3. CRITERIOS PARA DETERMINAR UN MEJORAMIENTO .....	41
4.4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y EXPANSIÓN .....	45
4.5. ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA SOBRE LA SUBRASANTE TERMINADA ..	46
4.6. FUNDAMENTO TÉCNICO TEÓRICO: INGENIERIA BÁSICA DE PAVIMENTOS	48



4.7. DEFINICIONES PRELIMINARES DE MEJORAMIENTO TÉCNICO DEL PROYECTO.....	50
4.8. EVALUACION DE SUELOS DE SUBRASANTE.....	55
4.9. EVALUACION E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	57
4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	64
CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXOS.....	68
PANEL FOTOGRÁFICO.....	69

## RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional partió del problema general: ¿Cuál es la influencia del drenaje subterráneo en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II?, el objetivo general fue; Determinar la influencia del drenaje subterráneo en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II.

El tipo de estudio, fue el aplicado, el nivel de estudio es de carácter descriptivo, en el diseño de estudio fue de tipo no experimental, de tipo transeccional o no longitudinal; como técnica de recolección de datos fue la observación. En ese sentido, se utilizó fichas técnicas como instrumento de recolección de datos, para identificar un total de 8.9 km de longitud que comprende la muestra del presente informe.

Finalmente se llegó a la conclusión d que la influencia de los drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II fueron favorables, ya que ayudaron a evacuar las aguas sub superficiales, evitando daños en la sub rasante con ello se logró disminuir los espesores de los mejoramientos para su estabilización

**Palabras claves:** Drenaje subterráneo, mecánica de suelos, Subrasante.

## INTRODUCCION

La ejecución del proyecto: “Mejoramiento De La Carretera Oyón – Ambo tramo II”, coincidió con la finalización de este trabajo de suficiencia profesional. Ubicado en el departamento de Pasco, provincia de Daniel Alcides Carrión, posee una longitud de 48+900 km, proyecto que aun viene ejecutándose en la actualidad. Específicamente se realizó en el tramo comprendido entre las progresivas 181+100 al 190+000.

Durante la ejecución de los trabajos correspondientes a mejoramientos de la subrasante se atravesó por suelos inestables, bofedales, ojos de agua y filtraciones de aguas sub superficiales, para ello se empleó la construcción de diversos tipos de obras de drenajes subterráneos. Por ello fue necesario contar con la presencia permanente de la supervisión y contratista (áreas competentes) con el propósito de determinar las profundidades de mejoramiento y el tipo de drenaje subterráneo adecuado a emplear según la necesidad.

En el presente informe se muestran los diversos tipos de drenes subterráneos que fueron empleados durante el mejoramiento de la subrasante del tramo en estudio. Cuya finalidad es obtener una subrasante estable la cual pueda soportar cargas a la que será expuesta durante la vida útil del proyecto, para ello fue necesario llevar un adecuado control a nivel de la subrasante para evitar reparaciones posteriores.

Cuatro capítulos componen este informe, y están organizados de la siguiente manera:

En el capítulo primero denominado Planteamiento del problema, se desarrolla la formulación del problema, objetivos, justificación de la investigación y la delimitación.

En el capítulo segundo denominado Marco teórico, se desarrollan ítems como: los antecedentes de la investigación y el marco conceptual.

En el capítulo tercero denominado Metodología de la investigación se desarrollan aspectos como: tipo, niveles y diseño de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

En el capítulo cuarto denominado Resultados de la investigación, se tendrá en cuenta los ítems: resultados y la discusión de resultados.

Finalmente, se ha establecido las conclusiones y recomendaciones; así como también las referencias bibliográficas y anexos.

**Bach. Angel Eduardo Cardenas Araujo**

## **CAPITULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La enorme diversidad litológica y geológica en muchas regiones del país, origina compleja sectorización y clasificación de rocas y suelos disponibles para fines constructivos. Desde aquellos de calidad aceptable hasta otros de nulas bondades técnicas, son encontrados durante la ejecución de obras viales.

Agentes climáticos (temperatura, agua, presión atmosférica, viento, etc.), responsables de la meteorización y degradación geotécnica en formaciones rocosas matrices, cumplen roles decisivos en la calidad encontrada sobre suelos de fundación para pavimentos.

En zonas de altitud creciente, donde minerales de compleja composición físico química forman parte del terreno, son localizadas rocas y suelos en avanzado estado de alteración que afectan grandemente su resistencia mecánica y consistencia en presencia de agua.

Las obras viales, que incluyen construcción de pavimentos, promueven la preparación de capa de suelo denominada subrasante, capaz de soportar solicitaciones climáticas y de carga proveyendo serviciabilidad y durabilidad a la estructura, acordes con exigencias del proyecto.

Esta cama de apoyo geoméricamente constituye un nivel alcanzado luego de excavar o rellenar. Geométricamente responde a suelos con propiedades adecuadas para

alcanzar niveles tolerables de carga y deformación. Cuando estos requisitos no son cumplidos (especificación técnica de obra) se requiere mejorar sus propiedades a través de procedimientos tales como: compactación, liberación de presiones intersticiales mediante drenajes, reemplazo de suelos, estabilización química, etc.

El estudio de ingeniería contempla la partida de “Mejoramiento de Subrasante” inducida por sondajes aislados en la vía existente, distanciados por longitudes apreciables (250 m) perdiendo representatividad por razones expuestas e inherentes a la complejidad geológica.

El proyecto que se viene desarrollando, dispone de corte lateral de taludes en procura de ampliar la vía. Constituyendo casi el 80% del ancho de diseño, (excavación de suelos naturales), hasta la cota de subrasante, es una actividad recurrente y de enorme incidencia en la obra.

Este procedimiento imposibilita efectuar calicatas y evaluaciones en fases de proyecto, siendo su valoración solamente durante la ejecución de obra, determinando así la real cantidad de movimiento de tierras para la partida en estudio.

La temporada de lluvias o época seca, incidirá notablemente en evaluaciones desarrolladas, tanto en fases de estudio como en ejecución de obra, por ello resulta pertinente contemplar tal condición.

Es por ello que durante el proceso de construcción de una carretera es necesario llevar un adecuado control de calidad de los trabajos realizados en cada una de las etapas, es responsabilidad del contratista y supervisor mediante las áreas correspondientes garantizar el óptimo rendimiento estructural de una carretera frente al paso del tiempo y de las cargas que será sometida durante su vida útil en servicio. Para ello tiene que cumplirse con los parámetros y requisitos que están estipulados en el “Manual de carreteras” emitido por el MTC.

En la etapa correspondiente a la ejecución de mejoramiento de sub rasante, es necesario garantizar una adecuada superficie de fundación, ya que de esta depende en gran parte la estabilidad estructural de la carretera. Para ello es fundamental evacuar las aguas provenientes de filtraciones subterráneas y aguas freáticas, mediante el uso de diversos tipos de drenaje.

En nuestra realidad nacional, regional y local, constantemente podemos evidenciar problemas concernientes al deterioro prematuro de nuestras vías, estos deterioros pueden estar sujetos a diversas causas, las que pueden ser estructurales o sub estructurales también se pueden dar por fenómenos meteorológicos y falta de mantenimiento.

Dándose así que durante la construcción de la carretera Oyón – Ambo tramo II que comprende aproximadamente 49 km de longitud, se llevó a cabo la construcción de obras de drenaje subterráneo, llevando un control de los mejoramientos y niveles freático con la finalidad de obtener una optima subrasante que será sometida a cargas transmitidas por las capas superiores del pavimento por el paso de los vehículos. Es pertinente mencionar que la vía atraviesa por diversas zonas fangosas, bofedales y suelos inestables, se encuentra a una altura que varía entre los 4538 msnm y 2768 msnm donde frecuentemente existen precipitaciones las cuales aumentan el flujo de las aguas subterráneas es por ello que hubo la necesidad de la construcción de drenes subterráneos, actualmente la vía aún se encuentra en proceso de construcción.

## **1.1. PROBLEMA**

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la influencia de los drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II?

### **1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

- a) ¿Cuáles son las principales características de un suelo para determinar la construcción de drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II?
- b) ¿Cuáles son los tipos de drenes subterráneos construidos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II?
- c) ¿Cómo determinar el tipo de drenes subterráneos a construir en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la influencia de los drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II

### **1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

- a) Identificar las principales características de un suelo para determinar la construcción de drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II.
- b) Definir los tipos de drenes subterráneos construidos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II.
- c) Determinar el tipo de drenes subterráneos construidos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

### **1.3.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA O SOCIAL**

El presente informe se realizó con la finalidad de determinar cuál es la influencia de los drenes subterráneos en el mejoramiento de la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II, brindando información acerca de los distintos tipos de drenes subterráneos; como y cuando emplearlos, donde construirlos, proceso constructivo, funcionamiento y efectividad según sea el caso.

La vía en estudio nos servirá como referencia para tener un conocimiento más amplio acerca de los drenes subterráneos, ya que en ésta se vienen construyendo diversos tipos por la variada topografía que atraviesa.

Además, la ejecución de este proyecto permitirá beneficiar social y socialmente a las poblaciones aledañas a la carretera, así como a los usuarios de ésta.

### **1.3.2. JUSTIFICACIÓN METOLÓGICA**

Los diversos aportes de los drenes subterráneos en el mejoramiento de la subrasante, garantizaran el correcto comportamiento estructural de la carretera, como contribución a futuras investigaciones. En este enfoque, se



fomentará su uso en proyectos posteriores con cualidades similares , ayudando a mejorar la forma en que se construyen las carreteras y permitiendo elogios legítimos para proyectos relacionados en una variedad de contextos .

El presente trabajo de suficiencia profesional, se desarrolló en base a las normativas peruanas estipuladas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que, a través de los manuales enfocados al diseño vial establece parámetros de construcción.

A ello se añade la recopilación de fuentes documentales referidas al problema de investigación planteado.

## 1.4. DELIMITACIÓN

### 1.4.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en la provincia de Daniel Alcides Carrión, Región Pasco, específicamente en la vía PE-18, en el tramo comprendido entre el km 181+100(desvío a Cerro de Pasco) al km 230(desvío a Chacayán), considerando una longitud de 48.9kms.

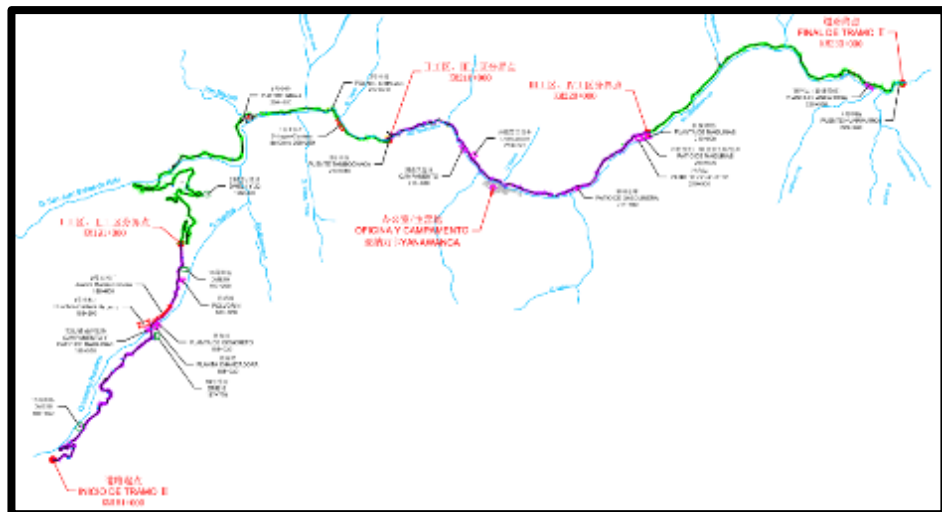
### LOCALIZACION DEL DEPARTAMENTO



## LOCALIZACION DEL DEPARTAMENTO



## UBICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO



### 1.4.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló durante la ejecución del proyecto “Mejoramiento de la Carretera Oyón – Ambo tramo II” en el año 2019 en los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre.

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES**

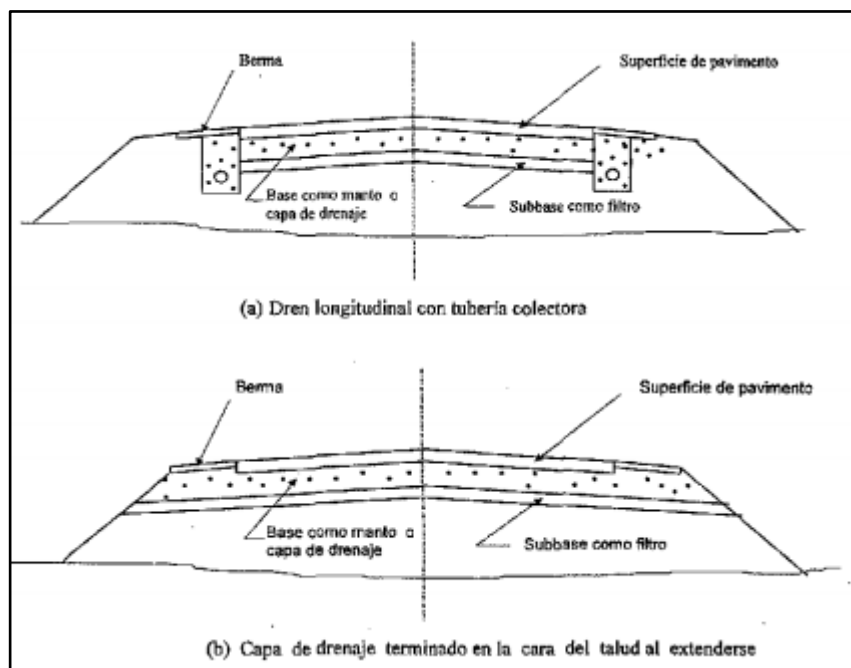
**Chuyes (2005) – Piura**, Realizó la tesis *“Diseño De Subdrenaje De Pavimentos Con Parámetros Locales Del Norte Peruano”*, en el cual define los métodos para controlar el agua en pavimentos; los cuales fueron:

**Prevención:** Para prevenir que el agua ingrese a la estructura del pavimento se requiere la retención del agua subterránea y el sellado de la superficie del pavimento. Debido a que la prevención completa no es posible durante la vida útil del pavimento, podría ser necesaria la instalación de un sistema de drenaje interno para remover el agua.

**Remoción:** Si el agua ingresa a la estructura del pavimento tanto por infiltración o a través del agua subterránea, debe removerse rápidamente antes que pueda iniciarse cualquier daño. Tres instalaciones diferentes de drenaje, individualmente o en combinación se usan frecuentemente para el

diseño de pavimentos: capa o manto de drenaje, dren longitudinal y dren transversal.

La figura 1 muestra un manto de drenaje para detener la infiltración superficial. El manto de drenaje puede terminarse con drenes longitudinales y tubería de salida, como se muestra en la figura (a), o puede terminarse en la cara del talud al extenderse, como se muestra en (1)



**Figura 1.** Manto de drenaje con un dren longitudinal alternativo

En resumen, el objetivo de su investigación fue ampliar y profundizar sobre el diseño de subdrenaje en pavimentos con tal de lograr la adaptación de la metodología de diseño de subdrenaje en pavimentos a la zona norte del Perú. logró una revisión de conceptos básicos y criterios generales de subdrenaje para poder entender a fondo el problema del mismo, lo cual es de suma importancia para el diseño. Ha sido importante conocer el procedimiento de diseño de subdrenaje teniendo en cuenta parámetros de la zona norte del Perú como el Fenómeno del niño, la Hidrología de la zona norte del Perú, la granulometría y permeabilidad tanto del suelo natural in situ como de los agregados. Estos factores influyentes en las decisiones de diseño son necesarios para la optimización del diseño de subdrenaje de pavimentos. También se ha buscado aplicar a la teoría valores locales introduciendo un análisis de periodo de retomo para la determinación de la intensidad de lluvia

necesaria, y para la optimización del diseño. Y finalmente para un mejor entendimiento de la metodología de diseño se ha expuesto con detalle la aplicación de la teoría a un lugar de la ciudad de Piura, mostrando la optimización del diseño correspondiente.

**Rodríguez (2017) – Huancayo**, presentó la tesis titulada: *“Estabilización de subrasante con nivel freático alto a través de drenaje subterráneo de la obra: mejoramiento de calles del distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja – Huancavelica,”* Esta investigación, tiene como finalidad determinar la relación entre la construcción de un drenaje subterráneo y la estabilización de subrasante con nivel freático alto, para esto en primer instancia, se realizó un estudio de los factores que intervienen en la Estabilización de Subrasante con nivel freático alto y las causas que origina este fenómeno que es perjudicial para la estructura de un pavimento. En tal sentido la investigación tiene como problema general: ¿Existe relación entre drenaje subterráneo y la estabilización de subrasante con nivel freático alto de la obra: MEJORAMIENTO DE CALLES DEL DISTRITO DE AHUAYCHA, PROVINCIA DE TAYACAJA – HUANCAVELICA?, Y el objetivo general es Determinar la relación entre el drenaje subterráneo y la estabilización de subrasante con nivel freático alto. Para así llegar a la hipótesis que Existe relación directa entre drenaje subterráneo y la estabilización de subrasante con nivel freático alto. Al realizar esta investigación se llega a la conclusión que: Existe relación directa entre drenaje subterráneo y estabilización de subrasante con nivel freático alto, puesto que mejoró considerablemente la calidad de la subrasante como se muestran en los ensayos realizados después de plantear el drenaje subterráneo, el cual está enmarcado a los parámetros que plantea el manual de hidrología, hidráulica y drenaje (10 de agosto 2011) MTC, después de 45 días de haber construido el drenaje subterráneo, se tomaron muestras de suelo y estudios de laboratorio y se concluye que se modificaron las propiedades del suelo lo cual indica que mejoró considerablemente.

**Sicha (2018) – Lima**, sustentó la tesis: *“Diseño Con Geosintéticos Para La Función De Separación, Filtración Y Refuerzo En Pavimentos Flexibles”* que consistió en el diseño, análisis técnico y económico del uso de

geosintéticos para tres funciones en particular en pavimentos flexibles. Primero, se evaluó la aplicación de un geotextil no tejido punzonado de separación entre el material granular y el suelo de fundación. Luego, se analizó la aplicación de un geotextil no tejido punzonado como envoltura de subdrenes longitudinales cumpliendo la función de filtración. Por último, se evaluó la aplicación de una geomalla triaxial de refuerzo para la optimización del pavimento en estudio. Para la función de separación, el diseño realizado se basó en la norma AASHTO M288-96 y en libro “Designing with Geosynthetics” del Dr. Koerner.

Como problema general se planteó: ¿Los geotextiles de separación evitan la mezcla de los materiales entre capas; ¿Esto ayuda a mantener los espesores de diseño y por consiguiente aumentan la durabilidad del pavimento?

la hipótesis plantea que el uso de geosintéticos buscaría mejorar técnica y económicamente el comportamiento de los pavimentos con respecto a los métodos convencionales.

Esta tesis tuvo como objetivo principal brindar una idea global acerca del diseño con geotextil como separación y filtración y geomalla como refuerzo. Para esto, se aplicaron distintos métodos de diseño y se evaluó el impacto técnico y económico de estos materiales. Se desarrolló una aplicación en Visual Studio tanto el diseño, como el análisis técnico y económico y se aplicó para un caso de estudio en particular.

Llegando a la conclusión que geotextil especificado para la función de separación fue el geotextil GT320P. Este cumplió tanto con el diseño por especificación y con el diseño por función. En caso se desee emplear un geotextil de otro proveedor, será necesario verificar que sus propiedades mecánicas e hidráulicas cumplan con los diseños realizados. Además, deberá evaluarse la diferencia de precios de las distintas marcas seleccionadas y la disponibilidad del material para elegir la opción más adecuada.

**Vite (2019) – Piura**, realizó el trabajo de investigación: *“Mejoramiento De Capacidad De Soporte Del Suelo De Fundación Por*

*Incorporación De Sistema De Subdrenaje En El Km 8+500 Al Km 9+500 Con Problemas De Filtraciones En La Carretera Alto Chira – Sullana - Piura*” El cual plantea como problema general: ¿Es posible mejorar la capacidad de soporte en el suelo de fundación incorporando un sistema de subdrenaje entre los km 8+500 y km 9+500 de la carretera Alto Chira, teniendo en cuenta que la presencia de agua de filtraciones es constante y el tipo de suelo es orgánico y arenoso?

La carretera del Alto Chira tiene problemas de presencia de niveles freáticos en excavaciones a cielo abierto, producto de los cultivos de arroz y quebradas naturales propias de la zona. La propuesta técnica es diseñar un sistema de subdrenaje (DREN FRANCES) que consiste en interceptar, conducir y/o desviar los flujos superficiales (subterráneos) que se encuentren en el suelo de fundación de la carretera y/o provenientes de los taludes adyacentes. Este mejoramiento lograremos evitar el impacto negativo de la presencia del agua. Para buscar un desempeño en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad a lo largo la vida útil del paquete estructural.

**Navarro (2019) - Huancayo** presentó el trabajo de suficiencia: *“Uso Del Geotextil Tipo Nw024 En El Subdren De La Rehabilitación Y Mejoramiento De La Carretera Abra Toccto – Vilcashuamán”* En el cual planteó como problema general fue: ¿Cuáles son los beneficios del uso del geotextil NW024 en la Rehabilitación y Mejoramiento De La Carretera Abra Toccto Vilcashuaman, Tramo: Condorcocha – Vilcashuaman? El objetivo principal fue: Identificar los beneficios del uso del geotextil del tipo NW024 (geotextil no tejido), en el Rehabilitación Y Mejoramiento De La Carretera Abra Toccto Vilcashuaman, Tramo: Condorcocha – Vilcashuaman. El tipo de estudio fue aplicado, nivel descriptivo, diseño de estudio: no experimental. La técnica de recolección de datos fue la observación y el instrumento fue la ficha de observación. La población fue la carretera Abra Toccto – Vilcashuaman, tramo Emp PE32A-Vilcashuaman. La muestra fueron 11 tramos de la carreta que requieren de subdrenaje. La conclusión principal es que se tienen beneficios con el uso del geotextil del tipo NW024, ya que presenta un proceso constructivo no complicado de realizar, posee mejores características técnicas (propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas) y sus

costos por metro cuadrado son menores.

### 2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

**Orozco (2007) – Colombia**, sustento la tesis “*Sistemas De Subdrenaje En Obras De Estabilización*” en la que menciona que las propiedades geomecánicas de un suelo se encuentran íntimamente ligadas con la presencia de agua al interior de su estructura, hecho que incide en la estabilidad de las obras civiles que allí se localicen, por cuanto la humedad en altas proporciones puede generar disminución en la durabilidad y funcionalidad de las mismas. En particular, en obras de estabilización o contención tales como muros, pantallas y otras, es de vital importancia la implementación de sistemas de subdrenaje que permitan evacuar los excesos de las aguas infiltradas y subterráneas que puedan comprometer la calidad y estabilidad de las obras y generar sobrecostos en el mediano y largo plazo. Se ha demostrado que muy frecuentemente, la causa de falla de las obras de estabilización, tiene origen en un drenaje inadecuado o inexistente, por lo que es fundamental llevar a cabo el diseño del subdrenaje, de acuerdo con las condiciones del sitio.

Esto permitirá una mayor confiabilidad en la estabilidad de las obras por proteger y un incremento apreciable en la vida útil de las mismas. En el caso de cortes y terraplenes que hagan parte de una vía, los métodos de subdrenaje tienden a controlar el flujo del agua que trata de brotar en los taludes, reorientando la dirección de las fuerzas de filtración y aumentando la resistencia al esfuerzo cortante de la ladera.

En su estudio expone los tipos de drenajes aplicables a diferentes obras de contención, protección y estabilización de taludes y su dimensionamiento.

**Benavides (2009) – Chile**, presentó la tesis: “*Análisis Comparativo Proyecto Mejoramiento Ruta T-35, Los Lagos - Valdivia*” en el trabajo de titulación considera el estudio de un camino que se encuentra en ejecución entre las localidades de Los Lagos y Valdivia, específicamente los primeros 16,1 Km. desde Los Lagos a Antilhue, esta Ruta es conocida con el Rol T –



35 y se analizaron aspectos importantes del proyecto de mejoramiento de la misma. El análisis abordó en detalle modificaciones principales que se realizaron durante la ejecución del contrato y cómo incidieron en el presupuesto oficial de la obra, además se conocieron aspectos importantes de los estudios preliminares del proyecto, el diseño de pavimento, hidráulico e hidrológico y antecedentes generales básicos del saneamiento de esta obra vial.

En tal sentido, el objetivo principal consiste en obtener las razones por las que el proyecto de Mejoramiento de la Ruta T – 35, se vio modificado. Además, se analizaron cada una de estas modificaciones con la finalidad de:

- Visualizar los mayores problemas que incidieron en que el desarrollo del proyecto no fuera el programado.
- Identificar la o las falencias que se produjeron previo o durante el contrato.

Llegando a la conclusión que se comprueba la importancia que tiene para cualquier Proyecto Vial, la realización de un estudio acabado del Saneamiento del Camino; es decir se deben considerar todos los aspectos que influyen en la pronta y eficiente “evacuación de las aguas” que lleguen a la vía, ya sea por precipitación directa, infiltración, afluentes de aguas subterráneas, entre otros

**Monroy (2010) – Guatemala** sustentó la tesis “*Diseño De Sistemas De Subdrenaje Con Elementos Filtrantes En Obras Viales*” que propone como guía práctica, que de tal forma ayuda a que se llegue a un diseño, técnico y económicamente más conveniente. Lo que tradicionalmente en la ingeniería se ha llamado filtros, realmente es un sistema de drenaje o subdrenaje. Un sistema de drenaje subsuperficial eficiente y estable, es necesario que esté compuesto por un medio filtrante y otro drenante.

El elemento filtrante es el encargado de retener las partículas de los suelos y dejar pasar el agua. El elemento drenante es el encargado de transportar los fluidos que pasan a través del elemento filtrante, función que desempeña cualquier medio poroso que bien puede ser natural o sintético.

Los ensayos realizados permitieron determinar las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas de los materiales, los cuales fueron una arcilla limosa con presencia de arena color café y una arena limosa color beige, estos ensayos fueron: granulometría, límites de Atterberg y permeabilidad, para luego determinar el diseño y el comportamiento más eficiente de los geotextiles basándose en criterios como: retención, permeabilidad, colmatación, supervivencia y durabilidad Posteriormente, se evaluó el comportamiento de la permeabilidad del conjunto (suelo-filtro) con los dos tipos de suelos y el geotextil funcionando como elemento filtrante en el sistema, para finalmente presentar aportes para el diseño de elementos filtrantes en un sistema de subdrenaje.

**Alvarado y Naranjo (2012) – Ecuador**, sustentaron la tesis: *“Diseño Del Subdrenaje Vial En La Vía La Tranca – Tambo Viejo De 3.6 Km”* en él se menciona que Los problemas que se presentan en las vías terrestres debido al agua subterránea se deben a una saturación incontrolada y al desarrollo de presiones de poro imprevistas. Aquí juega un papel fundamental la acción capilar del agua. Es por eso, que hoy en día la alternativa mejor utilizada para el control de la estabilidad de los caminos es la instalación de subdrenes, la cual tiende a mantener el agua subterránea alejada de la obra básica y/o de la subrasante. Aquellas personas encargadas de la estabilidad de las masas de tierras en carreteras saben que ésta depende de la correlación existente entre la época de lluvias y la intensidad de las mismas con las fallas, que es tan claro persuadir que la obra necesita de la instalación de subdrenes. El subdrenaje es conveniente y beneficioso, pero mucha de las veces tiene un costo bastante elevado, sin embargo, debería prescindirse del mismo debido al beneficio que al largo o corto plazo proporciona el subdrenaje. Al considerar la relación beneficio – costo se concluye que el subdrenaje es un arma valiosa cuya justificación económica es indiscutible. En este sentido, la importancia que tenga la vía de acuerdo al movimiento económico y cultural se deberá condicionar la medida de la frecuencia e intensidad de aplicación de subdrenaje; además de esto se requiere de una buena información sobre la disposición y naturaleza de los materiales naturales en dónde se pretende construir el subdren. Un adecuado sistema de subdrenaje debe siempre estar

en tal disposición como para sufrir todos los cambios y adaptaciones necesarias durante la construcción de la vía y en su vida útil. El ingeniero debe estar consciente de que un buen diseño hará que la vida útil y la funcionalidad de la carretera den los mejores resultados.

Es por ello que esta investigación estuvo enfocada en elegir el mejor sistema de subdrenaje para la vía La Tranca-Tambo Viejo de 3.6 km localizada en la provincia del Cañar y a su vez emitir recomendaciones y observaciones para el diseño del mismo.

El objetivo principal de esta monografía fue analizar y establecer la necesidad y/o mejor alternativa de subdrenaje de la zona objeto de estudio, y por ende indicar las zonas donde sea necesario implantar subdrenes a lo largo de los 3.6 Km del tramo vial con lo cual se presentará una alternativa para el mejoramiento de las condiciones actuales de la vía de estudio.

Se llegó a la conclusión de que La instalación de subdrenes es de gran importancia para la preservación de una vía, pues permite interceptar el agua subterránea, agua de infiltración e incluso la conducción de aguas de escorrentía superficial.

**Marín y Pérez (2014) – México**, realizaron la tesis “*Drenaje y Subdrenaje En Carreteras*” con la finalidad de obtener el título de ingeniero civil, plantean como objetivo que el primer término del drenaje en carreteras es; el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una u otra forma llaga al mismo y en segundo término dar salida rápida del agua que llega al camino.

Para que un camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas provocando la destrucción del pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas, se estanque y reblandezca las terracerías originando perdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamiento según el tipo de material de corte, y debe evitarse, que el agua subterránea

reblandezca la sub rasante con el peligro que este implica.

El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados. Sin embargo, debido a la necesidad de un alineamiento determinado, el camino puede atravesar por suelos variables, permeables, obligado a ello la construcción de obras de drenaje de acuerdo con las condiciones requeridas.

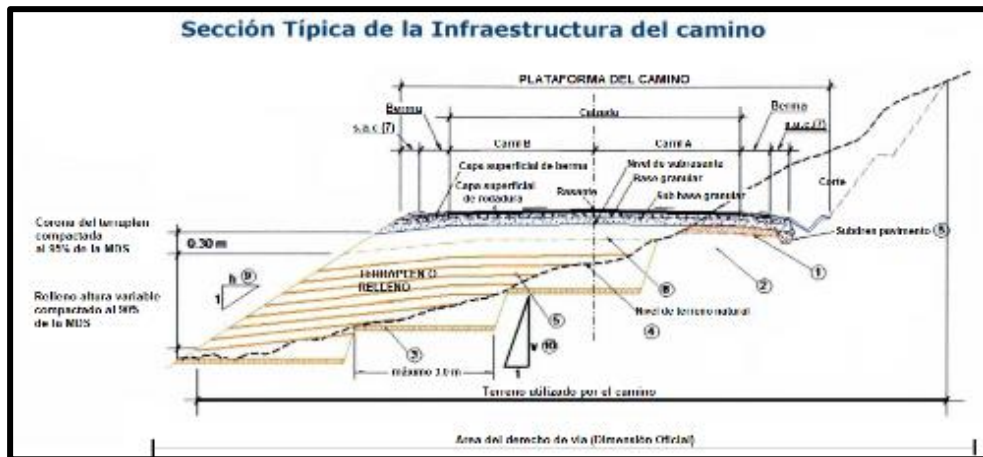
La investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- Las obras de drenaje y subdrenaje en proyectos carreteros son necesarios ya el objetivo primordial es preservar las capas de suelo que conforman la subrasante donde se llevara a cabo nuestra obra de pavimento por este motivo es primordial realizar una obra de drenaje adecuada.
- Por su importancia, el diseño y construcción de un sistema de drenaje requiere la realización de estudios de clima, suelo hidrología y geología ecológicos.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. CARRETERA**

Es un camino destinado para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normativas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.



**Figura N°02:** Sección típica de la infraestructura del camino

**Fuente:** Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos  
Sección: suelos y pavimentos

### 2.2.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se denomina preparación y conformación del terreno natural: el allanado, nivelado y compactado sobre el cual se construirá la infraestructura del camino. En territorios con fuertes pendientes transversales (pendiente natural  $\geq 20\%$ ), la explanada se construye formando terrazas, cuando el terreno natural de la explanada es de mala calidad, éste debe ser reemplazado o estabilizado para que la explanada sea estable.

### 2.2.3. EXPLANACIÓN

Se denomina explanación, al movimiento de tierras, conformado por cortes y rellenos (terraplén), para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la subrasante del camino.

### 2.2.4. TERRAPLÉN

La parte del movimiento de tierras conocida como terraplén, también llamada relleno, se sitúa en el terreno preparado.

La base y cuerpo de y terraplén o relleno será conformado en capas de hasta 0.30m. y compactadas al 90% de la máxima densidad del ensayo Proctor modificado.

La corona es la parte superior del terraplén tendrá un espesor mínimo de 0.30m. y será conformada en capas de 0.15m, compactada al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor.

### **2.2.5. CORTE**

El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de subrasante del camino.

El fondo de las zonas excavadas se preparará mediante escarificación en una profundidad de 0.15m. conformado y nivelado de acuerdo con las pendientes transversales especificadas en el diseño geométrico vial; y se compactará al 95% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

En zonas de corte en roca, se deberá excavar como mínimo 0.15m. por debajo del nivel superior de la subrasante, la superficie final del corte en roca deberá quedar allanada, limpia y encontrarse libre de cavidades, de puntas de roca, de excesos y libre de todo material deletéreo. Las zonas profundizadas deberán ser rellenadas, hasta el nivel superior de la subrasante, con material de relleno seleccionado o de subbase granular, que tenga un  $CBR \geq 40\%$

### **2.2.6. SUBRASANTE**

El manual de carreteras “*Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*” – sección suelos y pavimentos define la subrasante como la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado, la subrasante es el asiento directo de la estructura de pavimento y forma parte del prisma de la carreta que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en el terreno natural, que soportara la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en optimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituye las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocara encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado.

La subrasante viene a ser la capa fundamental que es la que soportara al resto de las capas que conforman el pavimento. Por ello es principal contar con el correcto proceso constructivo y buen control de calidad.

Para que los suelos presenten una buena capacidad portante se tomara como referencia a una profundidad que no será inferior a 60 centímetros con referencia a la subrasante para ello deberá ser suelos adecuados y estables con  $CBR \geq 6\%$ .

Siendo el caso que está presente un  $CBR < 6\%$  es denominada subrasante pobre o subrasante inadecuada, corresponde estabilizar los suelos, de tal modo que el ingeniero responsable evaluara las alternativas de solución.

Para ello el manual de carreteras nos presenta las categorías de la subrasante como se muestra a continuación:

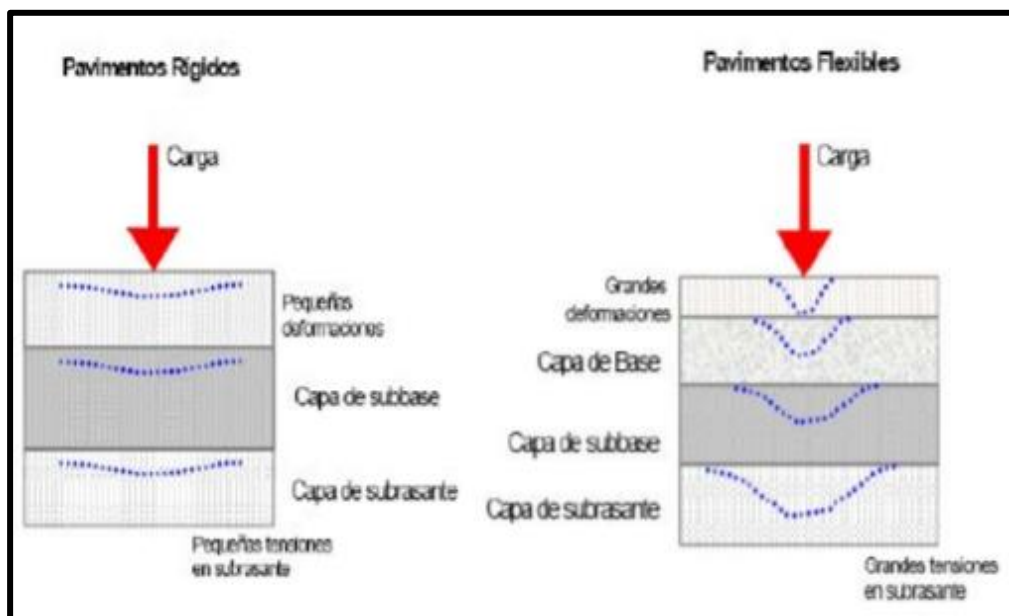
CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
So : Subrasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
S1 : Subrasante Pobre	DE $CBR \geq 3\%$ A $CBR < 6\%$
S2 : Subrasante Regular	DE $CBR \geq 6\%$ A $CBR < 10\%$
S3: Subrasante Buena	DE $CBR \geq 10\%$ A $CBR < 20\%$
S4 : Subrasante Muy Buena	DE $CBR \geq 20\%$ A $CBR < 30\%$
S5 : Subrasante Extraordinaria	$CBR \geq 30\%$

**Tabla 01:** Categoría de la Subrasante  
**Fuente:** Manual De Carreteras DG-2013

### 2.2.7. PAVIMENTO

El pavimento es la estructura construida sobre la subrasante de la carretera para soportar y dispersar las presiones ejercidas por los vehículos y mejorar la seguridad y comodidad del tránsito. La subbase, la base y la capa de rodadura son las capas típicas que la componen .

Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. Su comportamiento cuando se les aplican cargas es muy diferente, como puede verse en el siguiente gráfico:



**Figura N°03:** Comportamiento de los tipos de pavimentos  
**Fuente:** Montiel, Adolfo, Apuntes de clases Obras viales caminos.

Debido a la consistencia de la superficie de rodadura, existe una excelente distribución de la carga en un pavimento rígido, lo que genera muy poca tensión en la subrasante.

La superficie de rodadura de un pavimento flexible, por otro lado, se deforma más y provoca mayores tensiones en la subrasante ya que es menos rígida.

#### 2.2.8. MEJORAMIENTO

El mejoramiento de suelos consiste básicamente en excavar el terreno por debajo de la subrasante para su reemplazo parcial o total con materiales que deben cumplir con los requerimientos de calidad establecidas en las especificaciones técnicas EG-2013, estos son acomodados y compactados, de acuerdo con las 11 especificaciones técnicas, así también se dará conformidad a las dimensiones, alineamientos y pendientes establecidas en los planos del proyecto.



Para mejoramiento de suelos, otras opciones que se pueden considerar es el uso de estabilizadores, del mismo modo también puede realizarse el mejoramiento utilizando geotextiles de acuerdo a lo establecido en el proyecto.

Los materiales que se empleen en la construcción de mejoramientos deberán cumplir lo siguiente:

**Requisitos de los Materiales**

Condición	Partes del mejoramiento		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño mínimo(cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca >7,64cm	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10
Desgaste de los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207)			
Tipo de material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3			

**Tabla 02:** Requisitos de los materiales  
**Fuente:** Manual De Carreteras EG-2013.

### 2.2.9. DRENAJE SUBTERRÁNEO

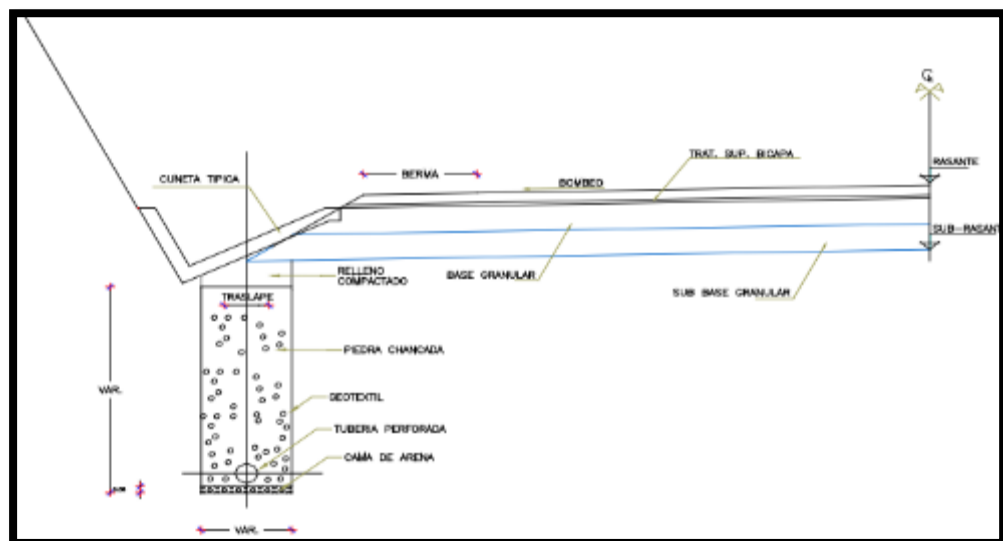
El drenaje subterráneo se proyecta con el objetivo de interceptar, conducción y/o desviar los flujos subsuperficiales (subterráneos) que se encuentran en el suelo de fundación de la carretera y/o provenientes de los taludes adyacentes.

En efecto el agua en los pavimentos es perjudicial, por lo que debe ser evacuada a través de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. Debe conocerse tanto su procedencia como su caudal, así como el marco geográfico en el que se encuentra. Los efectos desfavorables son múltiples, erosión interna de los finos, sifonamiento, tubificación, arrastre y expulsión de los finos, acelerando el fallo estructural de la calzada y acortando su vida útil. Para el buen funcionamiento del sistema de drenaje subterráneo se requiere una pendiente adecuada y una buena red de evacuación de agua.

## 2.2.10. SUBDRENAJE CONVENCIONAL

Las zanjas utilizadas para el subdrenaje se excavan a mano o con retroexcavadora y se rellenan con material filtrante y elementos de captación y tránsito de agua (tubería perforada). Los subdrenajes se emplean típicamente en las siguientes situaciones:

- Colocado longitudinalmente al pie de los taludes de corte para interceptar filtraciones y flujos subsuperficiales que llegan a la carretera.
- Longitudinalmente en un terraplén, ubicado en la zona donde discurre el agua subterránea.
- Formando parte de un sistema de drenes transversales y longitudinales o dispuestos como una “esпина de pescado”, a fin de evacuar el flujo subsuperficial presente en la zona de emplazamiento de la carretera.



**Figura N°04:** Sección Típica De Subdren  
**Fuente:** Manual De Hidráulica, Hidrología Y Drenaje – MTC

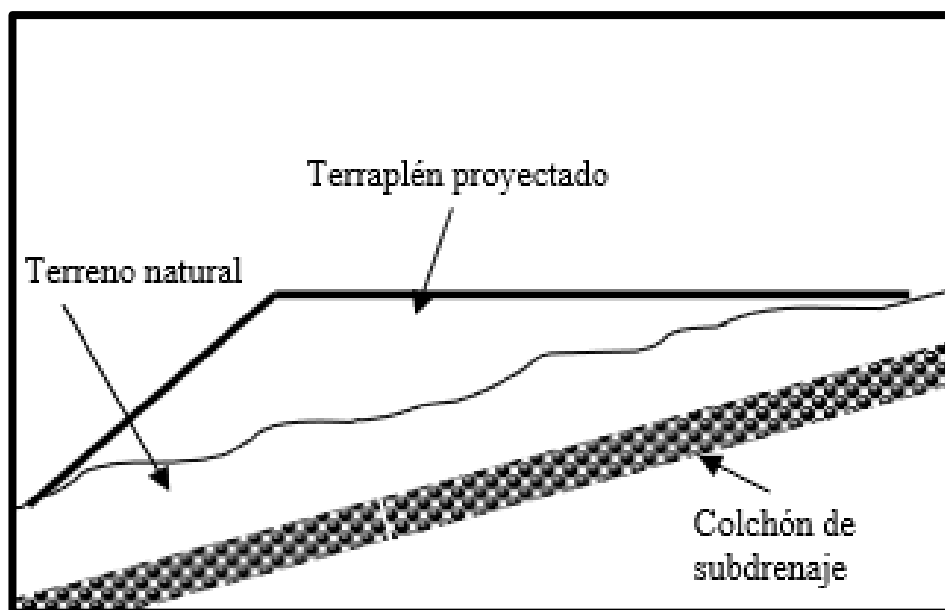
## 2.2.11. ESPOLON

Son zanjas excavadas y rellenas con material drenante, generalmente roca de tamaño no mayor a 50cm que sirven para evacuar afloramientos de agua puntuales, generalmente son empleados cuando hay apariciones de puntos de agua dentro de la calzada, tienen una profundidad mayor a la de subrasante para poder evacuar las aguas adecuadamente y

desaguan en el lado del talud inferior de la vía.

### 2.2.12. COLCHÓN DRENATE

Son capas de material drenante, que se colocan debajo de terraplenes, generalmente se emplean después de haber removido suelos sueltos, suelos finos o suelos saturados, consiste en una capa de material grueso impermeable conformado por rocas que oscilan entre 20cm a 50 cm de tamaño, envueltos. A veces se utilizan mangueras o tubos perforados para la recolección, que ocasionalmente se envuelve con mantas de geotextil.



**Figura N°05:** Sección Típica Un Colchón Drenante  
**Fuente:** Sistemas De Subdrenaje En Obras De Estabilización

## **CAPITULO III**

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. TIPO DE ESTUDIO**

Este trabajo de suficiencia profesional presenta las condiciones metodológicas de un estudio de tipo aplicativo ya que busca el empleo de conocimientos y procedimientos descritos en los manuales técnicos propuestos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

#### **3.2. NIVEL DE ESTUDIO**

El nivel de estudio del presente trabajo de suficiencia profesional es de carácter descriptivo, porque en este nivel se describe situaciones, fenómenos o eventos, especificando sus propiedades y características tal como suceden en la realidad.

#### **3.3. DISEÑO DEL ESTUDIO**

El diseño que se utilizó en el presente trabajo de suficiencia profesional es uno de tipo no experimental, porque se basó en la obtención de información sin manipular los valores de las variables, es decir, tal y como se manifiestan en la realidad.

Cuando el investigador se limita a observar los acontecimientos sin

intervenir en los mismos entonces se desarrolla una investigación no experimental, de manera que el presente informe se adapta a los mencionados lineamientos.

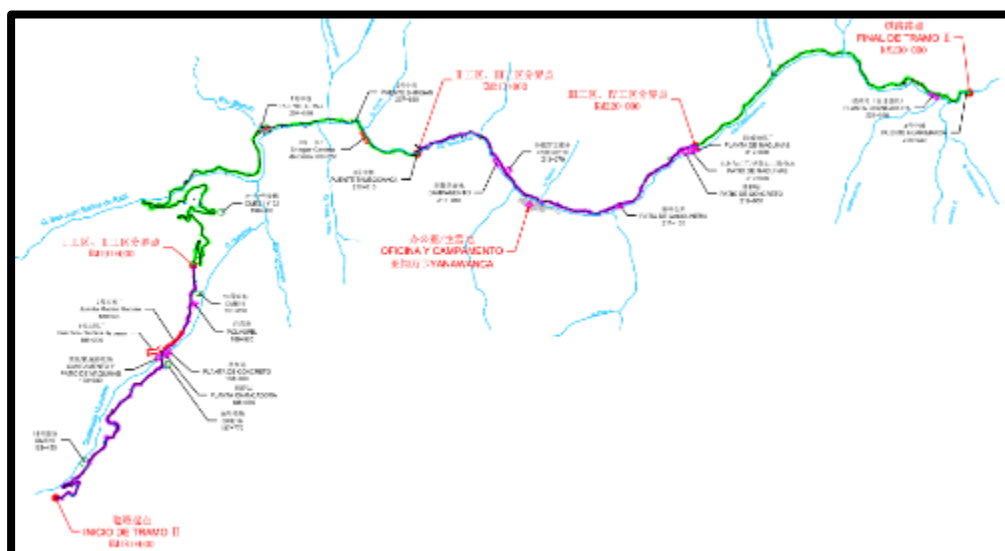
Así mismo el diseño aplicado es de tipo transeccional o no longitudinal.

### 3.4. POBLACION Y MUESTRA

#### 3.4.1. POBLACIÓN

La población del presente trabajo de suficiencia profesional está constituida por la carretera Oyón – Ambo tramo II, que comprende 48+900 km, ubicado en el departamento de Pasco, provincia de Daniel Alcides Carrión.

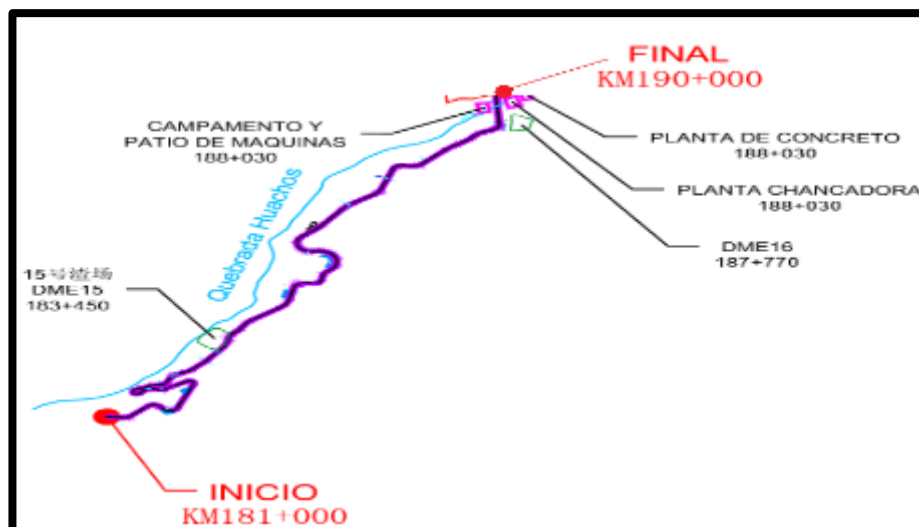
CARRETERA OYON – AMBO TRAMO II



#### 3.4.2. MUESTRA

El tipo de muestreo aplicado es el muestreo no aleatorio o dirigido, y para el presente trabajo de suficiencia profesional se seleccionó el tramo que comprende entre el km 181+100 al km 190 +000, siendo esta de 8.9 kilómetros, porque se puede evidenciar ojos de agua, bofedales y presencia de napa freática a nivel de subrasante.

## TRAMO EN ESTUDIO



### 3.5. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

#### 3.5.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizó como técnica principal la observación, que consistió en el procedimiento intencional, selectivo e interpretativo que realiza el investigador para observar el objeto materia de análisis.

#### 3.5.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron fichas que fueron elaboradas en función a lineamientos establecidos por el MANUAL DE CARRETERAS

#### 3.5.3. ANÁLISIS DE DATOS

La información de campo, se procesó, analizando los resultados y representándolos en gráficos y cuadros, con apoyo de marcos teóricos contemplados en Manuales De Carreteras propuesto por el Ministerio De Transportes Y Comunicación.

Para el análisis y procesamiento de la información recabada en campo se empleó el software office Excel 2018.

## **CAPITULO IV**

### **4. DESARROLLO DEL INFORME**

#### **4.1. ANTECEDENTES TÉCNICOS DEL PROYECTO**

Geológicamente el proyecto vial, corresponde al otro Oyón – Ambo tramo II: Dv. Cerro de Pasco Dv. Chacayán, se enmarca en una zona volcánica de nula actividad. Sus formaciones rocosas presentan altas dosis de intemperismo que eventualmente califican como suelos residuales de pobres bondades técnicas (pobre calidad).

La geología regional esclarece que el proyecto se emplaza en áreas donde afloran las siguientes unidades geomorfológicas: Superficie de puna, quebradas y valles (en forma de V). y las unidades estratigráficas corresponden al Neo proterozoico, complejo marañon exquisito, pérmico superior, grupo mitu, cretáceo inferior, grupo goyllarisquisga, formación chulec-pariatambo, cretacio superior, formación jumasha, cretacio terciario inferior, formación casapalca, depósitos aluviales, cretáceo terciario inferior y volcánico calipuy.

## 4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO

La sección 220.B, perteneciente al proyecto Dv. Cerro de Pasco – Dv Chacayan, provincia de Yanahuanca, departamento de Cerro de Pasco – Huánuco, se denomina: Mejoramiento de Subrasante con material de cantera” y conceptualmente se define como “este trabajo consiste en el reemplazo de material inadecuado de la subrasante o del terreno natural debido a un ensanchamiento de la plataforma, o secciones que no reúnen las condiciones necesarias para servir de suelos de fundación de la estructura del pavimento. Las zonas donde se realiza este trabajo, estarán indicadas en un listado dentro del expediente técnico con dimensiones aproximadas, sin embargo, las medidas definitivas serán determinadas por el supervisor durante la etapa de construcción.

Complementariamente estipula que aquellos suelos sustitutos poseerán un valor relativo de soporte (CBR) igual o superior al 20% de la máxima densidad seca del proctor modificado.

Se distinguen dos tipos de mejoramiento diferenciados por la profundidad de sobre excavación.

- **Superficiales  $H < 1.00$  m.** ejecutados sobre suelos finos de mediana consistencia.
- **profundos  $H \geq 1.00$  m.** ejecutados sobre terrenos blandos con elevada humedad natural.

La misma especificación técnica recomienda como “trabajo previo” al inicio de la partida se deberá auscultar realizando una evaluación deflectométrica con la Viga Benkelman (definiendo previamente el nivel de deflexión admisible máximo); y una vez definidos los posibles sectores, se procederá a determinar la caracterización de los suelos tanto en plataforma como en terreno de fundación, efectuando calicatas (profundidad mínima 1.50m, o la indicada por el supervisor) donde se determinará:

- Materia orgánica (visualmente color y olor)
- Índice plástico, humedad natural y humedad optima
- Clasificación de suelos SUCS – AASHTO
- Índice de consistencia  $< 1.0$  (estado de suelo)



- Capacidad de soporte CBR<6% (de diseño)

Sin embargo, para el caso que nos ocupa, fue necesario realizar la evaluación de los suelos de subrasante mediante sondajes para una mejor evaluación y precisión.

#### 4.3. CRITERIOS PARA DETERMINAR UN MEJORAMIENTO

Los materiales aptos para la conformación del cuerpo y corona del terraplén deben cumplir ciertas características indicadas en las especificaciones técnicas. Asimismo, existen otros criterios válidos para determinar si el suelo es apropiado o no para ser parte del terraplén que servirá de soporte al pavimento.

Tales criterios validos son los que se indican a continuación:

- Índice de consistencia (grado de trabajabilidad del suelo de acuerdo a su humedad y a sus límites de Attemberg)
- Índice de liquidez (inestabilidad del suelo al absorber agua rápidamente)
- Suelos expansivos (arcillas expansivas capaces de producir levantamiento de la plataforma)
- Capacidad de soporte y expansión (cumplimiento y exigencias del proyecto)
- Capacidad de carga admisible

##### 4.3.1. ÍNDICE DE CONSISTENCIA

Según Terzaghi, el termino consistencia se refiere al grado de adherencia entre las partículas del suelo y la resistencia ofrecida las fuerzas que tienen la tendencia a deformar o romper la masa del suelo.

- **Índice de Consistencia.**- El índice de consistencia es el cociente entre la diferencia del contenido de límite líquido y la humedad dividido entre el índice plástico.

$$I_c = \frac{LL - W}{I_p}$$

Donde:  
 LL : Límite líquido  
 W : Contenido de humedad  
 I<sub>p</sub> : Índice de plasticidad

Si el valor tiende a cero es indicativo que se encuentra en el estado líquido y si tiende a 1.0 indicará que está en su estado sólido, en el intermedio

existen otros estados en los cuales será posible o no la trabajabilidad del suelo dependiendo de la humedad natural del material in situ y limite líquido.

Las características de los suelos, según el índice de consistencia del suelo, son:

Índice de Consistencia	Caracterización
< 0.00	El suelo es líquido
0.00 – 0.25	Semi líquido
0.25 – 0.50	Plástico muy blando
0.50 – 0.75	Plástico blando
0.75 – 1.00	Plástico duro
> 1.00	Estado sólido

En general si el índice de consistencia está por debajo del 0.5 el suelo tiene a una consistencia de un barro líquido y prácticamente no es posible compactarlo; cuando esta entre 0.5 y 0.75 la compactación es muy difícil; y cuando está por encima de 0.75 la compactación es posible, pero poco eficaz. Se requiere alcanzar un valor de 1 para decir que la compactación será eficaz.

#### 4.3.2. ÍNDICE DE LIQUIDEZ

Cuando el suelo absorbe grandes cantidades de agua y muy rápidamente se produce una pérdida de resistencia y un desequilibrio en sus partículas. Se puede calcular de la siguiente manera:” diferencia entre la humedad y limite plástico, todo dividido entre el índice plástico”, según Reynolds, Henry P.

- **Índice de Liquidez.**- El índice de liquidez es el cociente entre la diferencia del contenido de humedad y el límite plástico dividido entre el índice plástico.

$$I_c = \frac{W - LP}{I_p}$$

Donde:  
 LP : Límite plástico  
 W : Contenido de humedad  
 I<sub>p</sub> : Índice de plasticidad

Cuando el valor del índice de liquidez supera la unidad (IL > 1.0 ) es indicativo de que ocurra el colapso, presentándose el suelo como una masa viscosa ( suelo colapsable) . pero si la humedad natural del material in situ es

menor que el limite plástico el valor resulte negativo, indicativo que la consistencia del suelo es bastante seca y no se puede amasar si es trabajable.

Las características de los suelos, según el índice de liquidez del suelo, son:

Índice de Liquidez	Caracterización
> 1	Contenido de agua > al LL. El suelo es viscoso fluye como un líquido
< 1	Contenido de agua < al LL. El suelo es sobre consolidado

#### 4.3.3. SUELOS CON POTENCIAL EXPANSIVO

Los suelos arcillosos presentan características de sufrir grandes cambios de volumen cuando absorben agua afectando su estabilidad volumétrica y características de resistencia al esfuerzo cortante. Los principales efectos que un suelo expansivo puede producir a un pavimento son:

- Contracción por secado
- Expansión por humedecimiento
- Desarrollo de presiones de expansión en los suelos confinados en que se restringe la expansión.
- Disminución de la resistencia al esfuerzo cortante y capacidad de carga como consecuencia de la expansión.
  - Es normal que se presente alguno de estos fenómenos por presencia de los suelos finos siendo las consecuencias:
- Elevación o descenso de la superficie de rodamiento en una longitud importante, que se traduce en desigualdades e irregularidades, aunque no produzcan agrietamientos u otros daños visibles (más frecuente)
- Agrietamiento longitudinal
- Deformaciones significativas localizadas generalmente acompañadas de agrietamientos

El potencial de expansión se determina a partir de los índices de consistencia, humedad o clasificación de suelo. la Bureau of Reclamation de los estados unidos intento clasificar las arcillas en base al potencial de

expansión. También puede definirse en base al Límite de Contracción, Índice Plástico, porcentaje de partículas menos a una micra y la expansión libre.

La siguiente tabla es una referencia de clasificación según Holtz y Gibbs (Bureau of Reclamation de los EE. UU):

**Potencial expansivo de los suelos en función a la plasticidad**

Potencial de Expansión	Índice de Plasticidad	Límite Líquido
Muy alto	> 32	> 70
Alto	23 – 32	50 – 70
Medio	12 – 23	35 – 50
Bajo	< 12	20 - 35

Según el expediente técnico, suelos con potencial expansivo alto o muy alto, deberán ser reemplazados hasta una profundidad de un metro (1.0m).

#### 4.3.4. SUELOS COMPRESIBLES

Los asentamientos de los suelos cohesivos pueden causar graves problemas a nivel superficial del terraplén. Estos asentamientos pueden causar:

- Pérdida de bombeo, la presión en el terraplén es mayor, bajo en centro de la corana que baja a los hombros.
- Los asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal por heterogeneidad en el terreno de cimentación, en especial en los ensanches de la plataforma donde se ha efectuado un mejoramiento por presencia de suelo fino y que aún puede sufrir algún grado de asentamiento debido al peso del terraplén y de vehículos.
- Disminución de alturas de terraplenes; es posible cuando se atraviesan zonas inundables o inundadas.
  - En terreno de cimentación constituidos por Limos Plásticos y Arcillas, deben distinguirse dos casos diferentes:
    - Cuando su compresión es relativamente baja (suelos ML, CL, OL)
    - Cuando sean francamente compresibles (suelos MH, CH, OH Y Pt). Según Carlos Villalaz, determina el grado de compresibilidad de un

suelo en función del índice de compresibilidad según la siguiente tabla:

Índice de Compresibilidad	
Coefficiente de Compresibilidad (Cc)	Grado de Compresibilidad
0.00 - 0.19	Baja
0.20 - 0.39	Media
Mayor a 0.40	Alta

Terzaghi y Peck demuestran que el índice de compresibilidad de un suelo puede ser expresado en función al límite líquido, la expresión es la siguiente (W. Lambe – R. Shitman, “Mecánica de Suelos):

$$C_c = 0.009 (LL - 10)$$

#### 4.3.5. SUELOS ORGÁNICOS

Los suelos orgánicos se originan por la impregnación de materia orgánica en sedimentos preexistentes o por la transformación carbonífera de materiales, generalmente en origen vegetal, contenidos en el material sedimentar. Son suelos de color oscuro, fibroso y olor putrefacto, siendo que la turba está constituida por grandes cantidades de carbono por lo que presenta pequeña densidad.

Conforme es descrito en el Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000), Anexo 01, página 1, cual es basado en el criterio del Departamento de Caminos Públicos de USA (Bureau of Public Roads), si un suelo es altamente orgánico (turba) puede ser clasificado como A-8 solo con una verificación visual, sin considerar el porcentaje bajo el tamiz N° 0.074 mm, límite líquido e índice de plasticidad, luego para estas clasificaciones no es requerido ensayo.

#### 4.4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y EXPANSIÓN

El proyecto Oyón – Ambo tramo II: Dv. Cerro de Pasco – Dv. Chacayán, en la etapa de estudio determina el CBR de diseño (6%), considerando que este se encuentra al 95% de la MDS, es probable que se presenten suelos de baja

capacidad de soporte que se encuentren por debajo de este nivel de compactación, siendo así la resistencia ofrecida es inferior a la supuesta, también se encontrara suelos cuya humedad se aleje demasiado del óptimo contenido de humedad, de la misma manera esto originará que la compactación de este suelo natural no sea la supuesta en la etapa de diseño.

Siendo que no se puede determinar la verdadera resistencia en sus condiciones naturales de densidad y humedad, ya que el ensayo de CBR se trabaja bajo condiciones óptimas y posterior saturado, se trata en lo posible de eliminar todo suelo calificado como pobre o muy pobre. De esta manera se garantiza que la estructura del terraplén esté conformada por capas consolidadas (afirmado antiguo) y materiales granulares provenientes del mejoramiento del terraplén anterior, así como mejoramientos de Subrasante y ampliación de plataforma.

#### **4.5. ENSAYO DE DEFLECTOMETRÍA SOBRE LA SUBRASANTE TERMINADA**

De acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto una vez terminada la subrasante con el propósito específico de determinar problemas puntuales de baja resistencia que puedan presentarse durante el proceso constructivo deben ser realizadas mediciones de deflexiones sobre la subrasante para análisis y oportuna aplicación de los correctivos a que hubiere lugar. Sin embargo, para el presente informe no fue considerada por considerar la ejecución de sondajes de mayor precisión.

##### **4.5.1. CARGA ADMISIBLE**

En el expediente técnico del proyecto indica que; a partir de la verificación de la calidad de los suelos presentados, la estimación de la profundidad de los mejoramientos por baja capacidad portante, la correlación entre el índice de consistencia definido como una relación entre el límite líquido, la humedad natural y el índice plástico del material y la calificación de los suelos según los estados líquidos, semilíquido, muy blando, blando, duro y sólido, a partir de los cuales determina un rango de características en cuanto a valores de resistencia a compresión no confinada ( $q_u$ ), para cuyo efecto presenta una adaptación de la tabla 4 Guide for consistency of fine Grain Soils, publicado por la NAVAC DM-7-3 (Naval Facilities Engineering

Command), según se indica a continuación:

**Adaptación de la Tabla 4, Guide for Consistency of Fined Grain Soils**

NAVFAC DM 7.63 Y TENG (*)		G. E. BARNES SOIL MECHANICS	
Consistencia a la Presión Manual (**) kg/cm <sup>2</sup>		IC = Índice de Consistencia (LI, LP, Wn)	
Líquido	0.025	líquido (límite líquido)	< 0
Plástico Muy blando	0 a 0.25	Plástico Muy Blando	0-0.25
Plástico Semi Blando	0.25 a 0.50	Plástico Semi Blando	0.25-0.50
Plástico	0.50-0.75	Plástico	0.50-0.75
Plástico semirígido	0.75 a 1	Plástico semirígido (LP)	0.75 a 1.00
Rígido LC (**)	1 a 2	Rígido (LC) (**)	1.00 a 2.00
Sólido LC (**)	2-4	Sólido (volumen constante) (**)	2.00-4.00

(\*) Adaptación Tabla 4, Guide for Consistency of Fined Grain Soils, NAVFAC DM-7.3  
 (\*\*)  $q_u$  = Resistencia a la Compresión No Confinada

Así mismo los valores de cohesión  $C$  y  $q_{adm}$ , se determinan por:

$$c'' = 0.5 \cdot q_u$$

$$q_{adm} = c'' N_c / 3 \quad (c'' = 5.14/3)$$

$$N_c = 5.14$$

(\*\*) Adaptación del Autor

Luego, la estimación de la profundidad de mejoramiento por baja capacidad portante, es determinada a partir de la gráfica calculada por evaluación analítica de la influencia de los esfuerzos de un vehículo tipo C3 de peso 28 Tn según las condiciones de obra, a diferentes profundidades, para cuyo efecto utiliza la teoría de Boussinesq:

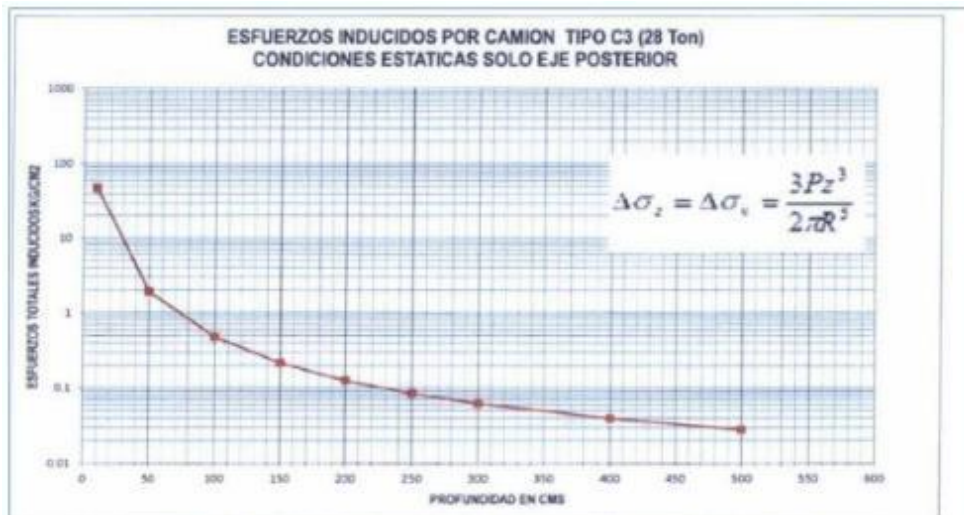


Figura N° 2. Gráfica de esfuerzos inducidos por un camión tipo C3

Se considera que la profundidad de reemplazo será aquella en la que la carga actuante es similar a la capacidad portante admisible  $q_{adm}$ ; a continuación se presenta los resultados para la condición de suelos de baja capacidad portante:



#### 4.6. FUNDAMENTO TÉCNICO TEÓRICO: INGENIERIA BÁSICA DE PAVIMENTOS

Los pavimentos rígidos están compuestos por una capa granular apoyada en terreno natural o mejorado, llamada subrasante, localizada en determinada cota o nivel.

Las cargas vehiculares y climáticas también son transmitidas hacia la capa de subrasante mediante esfuerzos y deformaciones, solicitantes tales que deberán ser absorbidas y/o atenuadas por aquellas que integran la estructura del pavimento. Solo una fracción de carga es asumida y tomada por el suelo de subrasante. Este material, entonces deberá poseer propiedades físico mecánicas para resolver tal exigencia.





#### 4.6.1. ESFUERZOS Y DEFORMACIONES VERTICALES

Un camión convencional aplica presiones verticales sobre el pavimento de 5.7 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente (condiciones ideales de inflado). La teoría de Bussinesq, mediante análisis elástico, calcula la profundidad bajo la cual los esfuerzos verticales son disipados por los suelos constitutivos del pavimento.

El gráfico de distribución de esfuerzos y/o presiones en el pavimento, elaborado por el mencionado investigador. Bajo 150 mm. El esfuerzo vertical transmitido asciende a 0.10 kg/cm<sup>2</sup>, valor literalmente resistido por gran parte de los suelos, constituyendo la frontera permitida para la remoción y reemplazo de ellos.

Los pavimentos no suelen fallar de modo inmediato cuando exceden su capacidad de soportar estas presiones verticales, sino cuando un número elevado de repeticiones de carga se presenta bajo la misma área. Originando daño o roturas por efecto de fatiga.

Las fuerzas vehiculares aplicadas al terreno, son traducidas en componentes horizontales cuya posición crítica se sitúa al fondo de las capas. Ellas producen compresiones y tracciones según la concavidad de la deformada o curva de deflexión, originando rotura de suelo al sobrepasar su resistencia luego de muchas repeticiones de carga.

Estos efectos, también son mitigados con incorporación de materiales de mejor calidad y espesores tales que absorban aquellas sollicitaciones, con especial atención a capa rígida (Concreto), susceptibles de recibir directamente esfuerzos y deformaciones de tracción.

Una buena parte de aquella deflexión producida, es causada **por la performance resiliente de capas de subrasante**. Ella será altamente deformable si está constituida por suelos finos, situación opuesta ocurrirá si los suelos granulares forman parte de dicha estructura.

#### **4.7. DEFINICIONES PRELIMINARES DE MEJORAMIENTO TÉCNICO DEL PROYECTO**

En el cuadro N°2. Resumen de sectores de mejoramiento y sus respectivas profundidades, que ha sido elaborado por el proyectista, basado en la evaluación de resultados de ensayos de suelos, de **muestras tomadas previas a la ejecución de cortes y explanaciones en la plataforma**, son definidos profundidades de mejoramiento según los criterios específicos ya mencionados en el presente informe técnico. De acuerdo a este cuadro N° 2, entre las progresivas km. 181+000 – 187+900, es requerido un espesor (profundidad) de 1.50 metros basado a la “capacidad de Carga Admisible” y/o  $Q_{adm}$ .

Ha sido verificada la necesidad de revisión de los datos preliminares de definiciones de mejoramiento del proyecto, una vez constatado que entre las progresivas mencionadas, posterior a la realización del conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera hasta el nivel de subrasante, que algunos criterios y evidencias no fueron considerados.

##### **4.7.1. HIDRÁULICA DE SUELOS**

Por veces los proyectos se enfrentan con situaciones en que es necesario controlar el movimiento de agua a través de suelos y evidentemente proporcionar una protección contra los efectos nocivos de este movimiento.

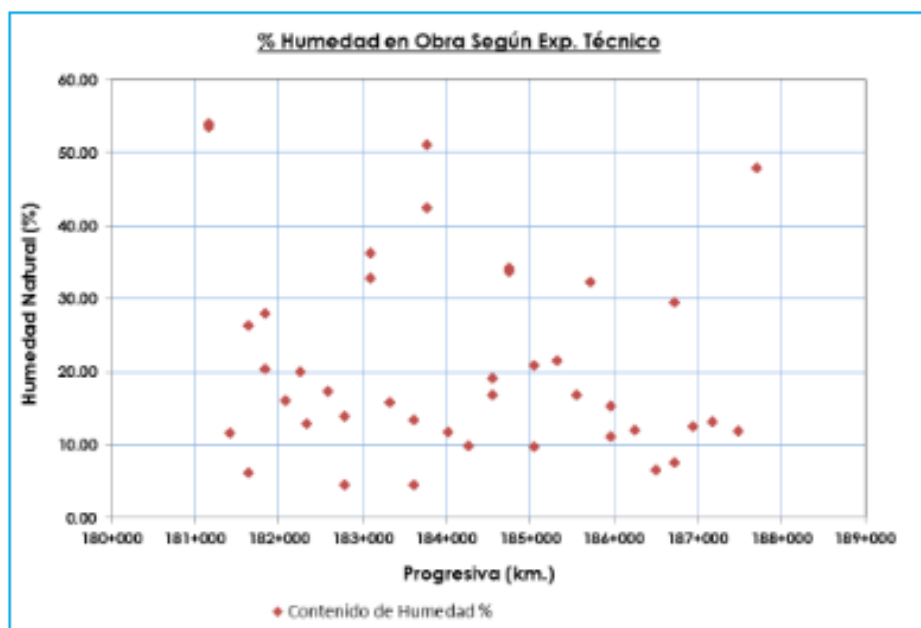
Desde el punto de vista práctico, el agua puede ser considerada como incompresible y sin ninguna resistencia al cizallamiento, lo que permite, bajo la acción de altas presiones penetrar en micro fisuras, poros y ejercer presiones elevadas que pueden llevar las fundaciones al colapso.

Un aspecto importante en cualquier proyecto en que se tenga presencia de agua; es la necesidad del reconocimiento del papel que los pequeños detalles de la naturaleza desempeñan. Así que; no basta realizar solamente verificaciones matemáticas, mas también recoger a juicio criterios de estas particularidades, por lo que ellas no pueden ser suficientemente cuantificadas.

El expediente del proyecto, presenta suelos con contenido de humedad

que no reflejan las condiciones reales del material existente en la plataforma (debajo del nivel de subrasante), visto que los valores indicados oscilan entre 4.4 hasta 53.90% y en promedio de 19.24%.

Cabe destacar que en algunos sectores es posible apreciar la napa freática próxima al nivel de subrasante en la plataforma.



Consecuencia del estado de saturación de los suelos, aquí detallado, según evaluaciones realizadas en determinados tramos, serán requeridos espesores de mejoramiento, en virtud de que en la etapa constructiva no es práctico ni técnico realizar la debida reconfiguración del terreno mejorado, con el espesor requerido con la presencia de agua y/o sin la estabilidad de la plataforma.

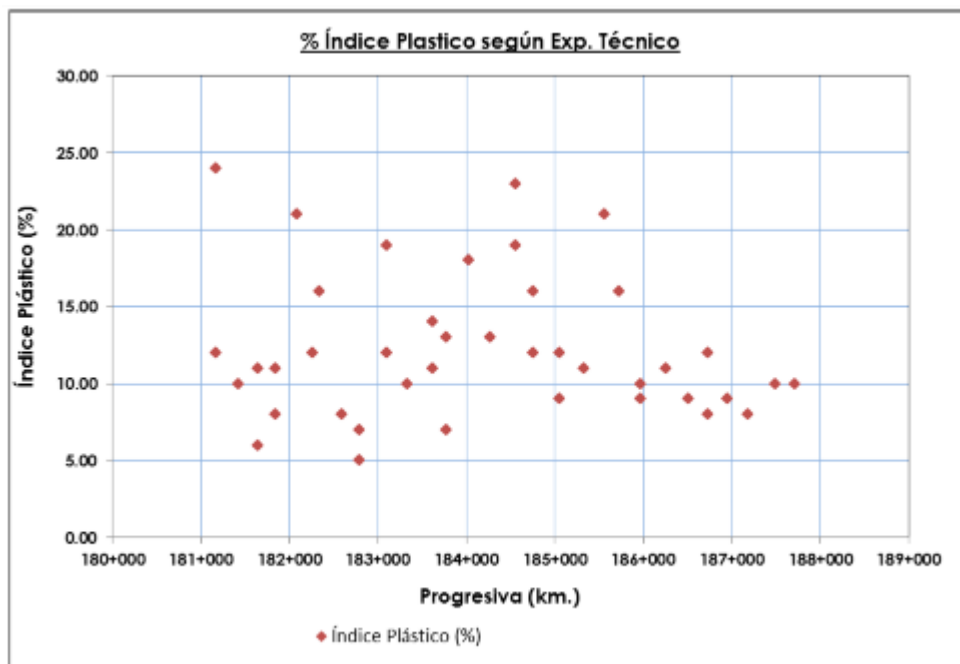
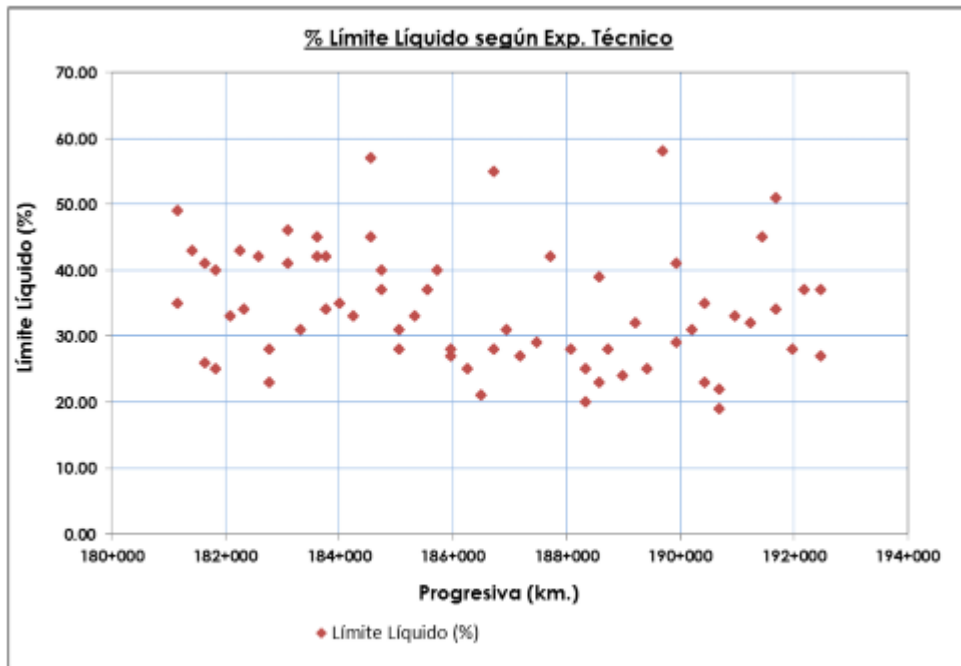
#### 4.7.2. SUELOS DE COMPRESIBILIDAD Y POTENCIAL DE EXPANSIÓN

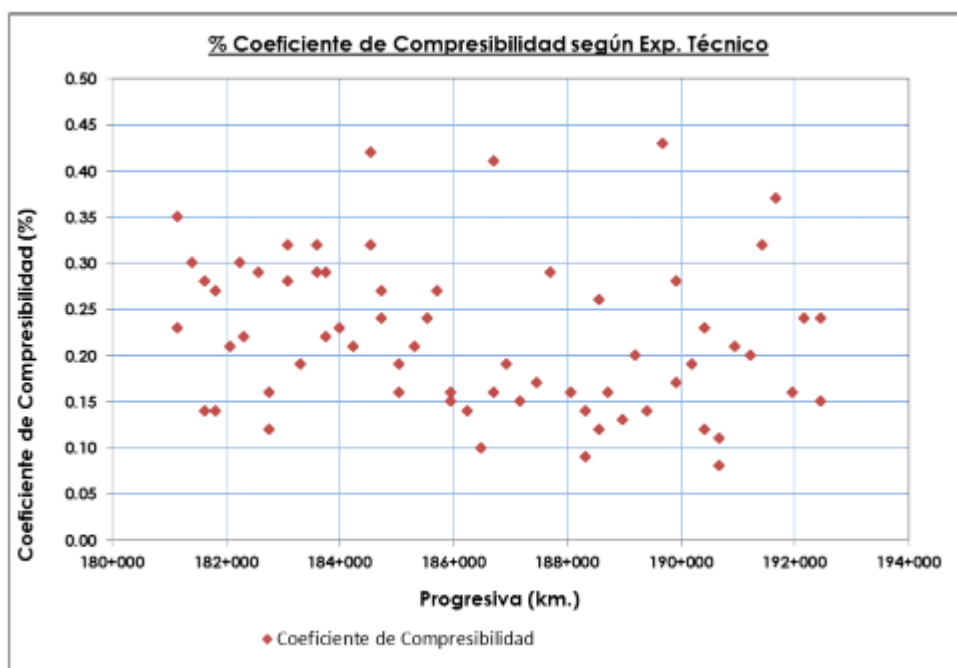
De acuerdo a registros de ensayos del expediente técnico, por la caracterización de los materiales realizado no existiría la posibilidad de ocurrir asentamientos de los suelos visto que según estos ensayos a lo largo del tramo predominan suelos de granos gruesos y medianamente grueso (suelos con más de la mitad es mayor que el tamiz N°200, GC, SW, SM, SC).

Para evidenciar mejor las características de los materiales indicados en el expediente técnico, a seguir son presentados gráficos con el resumen de

los registros de plasticidad. Limite liquido e índice de compresibilidad, entre las progresivas 181+000 hasta 187+900.

De acuerdo a los ensayos del expediente técnico predominarían en este tramo suelos con potencial de expansión de medio para bajo y suelos con índice de compresibilidad de medio para bajo.





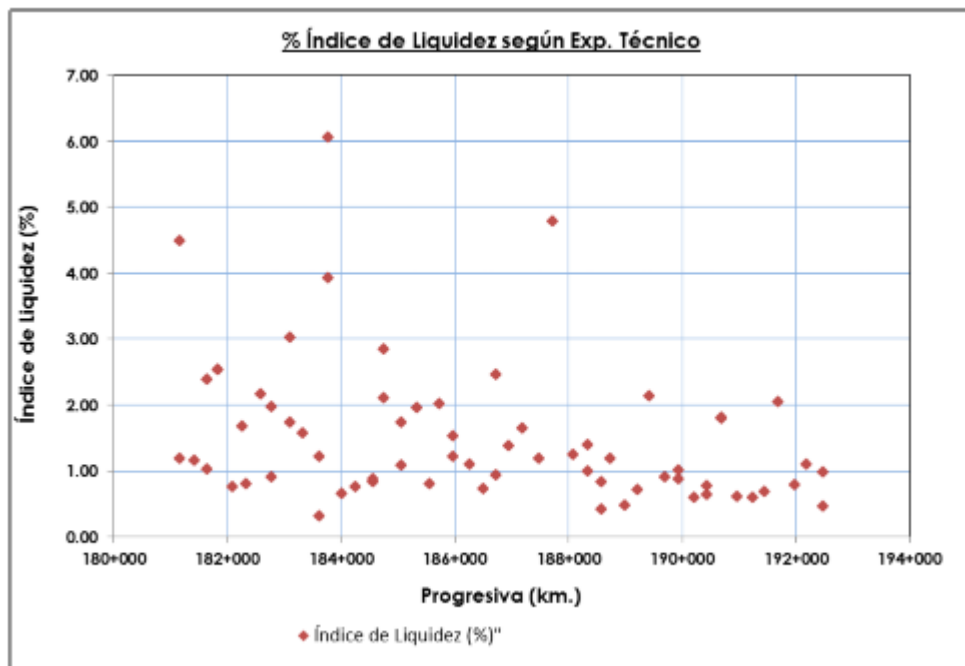
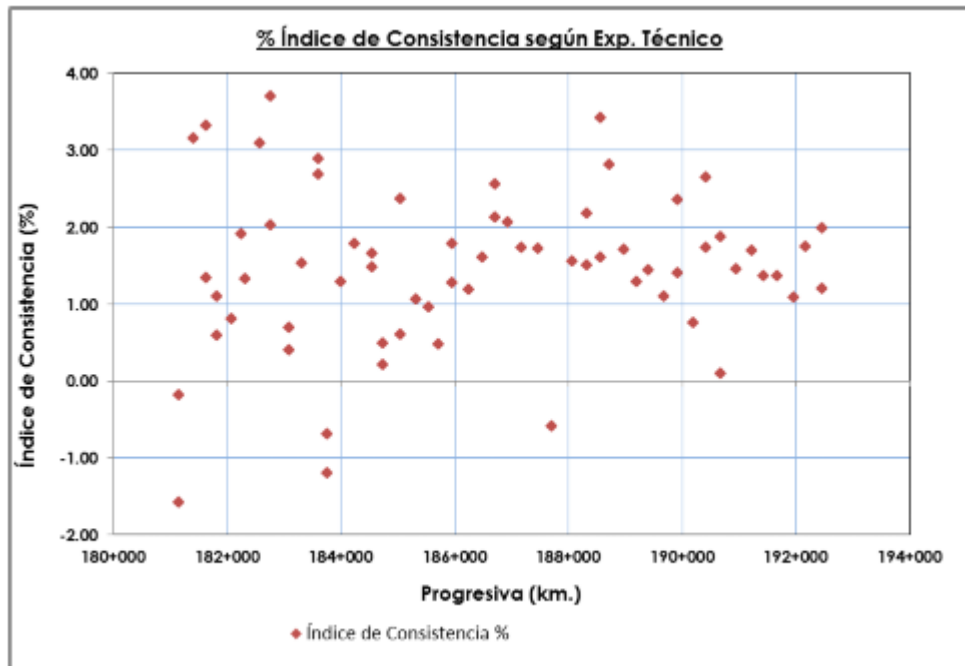
De acuerdo a las revisiones realizadas en campo, lo que se observa a lo largo de los tramos analizados y contrario a lo que afirma el expediente técnico, es la presencia de suelos de granos finos que se tratan de suelos finos que pueden ser la causa de graves problemas a nivel superficial del terraplén, (Suelos con mas del material es menor que le tamiz N°200, ML, CL, CH y MH). Estos suelos en su gran mayoría presentan potencial de expansión de medio para alto e índice de compresibilidad de medio para alto.

#### 4.7.3. ÍNDICE DE CONSISTENCIA E ÍNDICE DE LIQUIDES

Conforme ya mencionado en el presente informe en el ítem criterios para determinar los mejoramientos, según expediente técnico, memoria descriptiva Suelos, Canteras y fuentes de agua (Volumen i. Tomo III.1) y en conformidad a las especificaciones técnicas de la obra y generales (EG-2000) del MTC, suelos colapsables ( $IL > 1.0$ ) deberán ser reemplazados por material granular adecuado. El mismo tratamiento debe ser dado para suelos de consistencia baja ( $IC < 0.75$ ) y para materiales con CBR inferior a 6%.

Tomándose como referencia los ensayos presentados en el expediente técnico y los criterios de índice de consistencia y liquidez entre las progresivas 181+000 hasta 187+900, en teoría estos tramos no ameritan las profundidades definidas en el mejoramiento indicado para todo el tramo, una

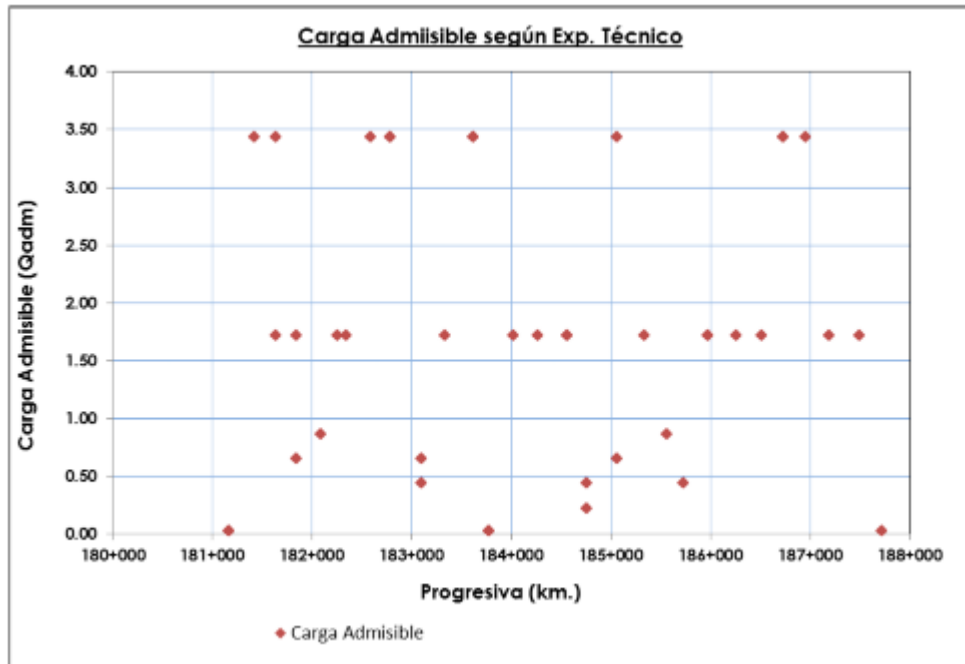
vez que conforme puede ser verificado en los gráficos de estos dos índices no se aplicaran estos casos.



#### 4.7.4. CARGA ADMISIBLE

Bajo el criterio de carga admisible el Proyecto (expediente técnico) en el sector en estudio, ha definido la profundidad de los mejoramientos, siendo estos desde 0.50m hasta 1.50m, bajo esfuerzos inducidos desde 0.021 hasta 3.43 kg/cm<sup>2</sup>; representando ello un 67% del criterio de Qadm en comparación

con los criterios de potencial de expansión, cbr, etc.



En líneas generales para definir los espesores de mejoramiento, de acuerdo al expediente técnico ha sido utilizado en mayor relevancia el criterio de carga admisible, seguidos del potencial expansivo de los suelos y finalmente el valor relativo de soporte ( $CBR > 6\%$ ).

Bajo el escenario descrito y todas las evidencias de poca representatividad de ensayos, mal uso de criterio de las especificaciones técnicas ya mencionadas se deduce fácilmente que cálculos y consideraciones preliminares del proyecto, en cuanto a definiciones de los Mejoramientos de Subrasante difieren notoriamente con aquellas cantidades por ejecutar en obra.

#### 4.8. EVALUACION DE SUELOS DE SUBRASANTE

La evaluación se realizó sobre secciones excavadas, siendo necesario respetar la siguiente secuencia.

##### 4.8.1. TRABAJO DE CAMPO

El área de suelos y pavimentos en total correspondencia con sus funciones y valiéndose del laboratorio de materiales, desarrollo una minuciosa campaña de auscultación de campo sobre aquellos suelos de subrasante, valiéndose de los siguientes recursos:

- 01 ingeniero especialista a tiempo parcial
- 01 técnico de laboratorio de suelos
- 02 auxiliares de campo
- 01 camioneta
- 01 excavadora
- Bolsas plásticas y sacos de polietileno para la toma de muestras
- Libreta de apuntes, cámara fotográfica, planos, etc.
- El procedimiento consistió en:
  - Localización del eje de vía (trazado con anterioridad)
  - Identificación de sección transversal (corte y/o terraplén)
  - Ubicación de estaca o progresiva de evaluación
  - Ejecución de sondaje con excavadora según profundidad auscultada en campo. La referencia topográfica allí instalada, sirvió para ubicar geoméricamente los estratos encontrados.
  - Colecta de muestras, dada la estratigrafía hallada.
  - Cierre del hoyo con material propio
  - Envío diario de suelos tomados en calicatas hacia el laboratorio.

#### **4.8.2. TRABAJO EN GABINETE O LABORATORIO**

Fueron desarrollados los siguientes controles o ensayos, en plena correspondencia con la exigencia de control, emanada del mismo expediente de obra.

- Granulometría (% que pasa la malla N°200)
- Límites de consistencia (líquido, Plástico e índice de plasticidad)
- Clasificación de suelos ASHTO y SUCS
- Cálculo del índice de consistencia, índice de liquidez, potencial expansivo, índice de compresibilidad y carga admisible (Qadm).
- Valor relativo de soporte (CBR), para condiciones óptimas de humedad y compactación, sobre cata tipología de resultados identificados en el tramo.



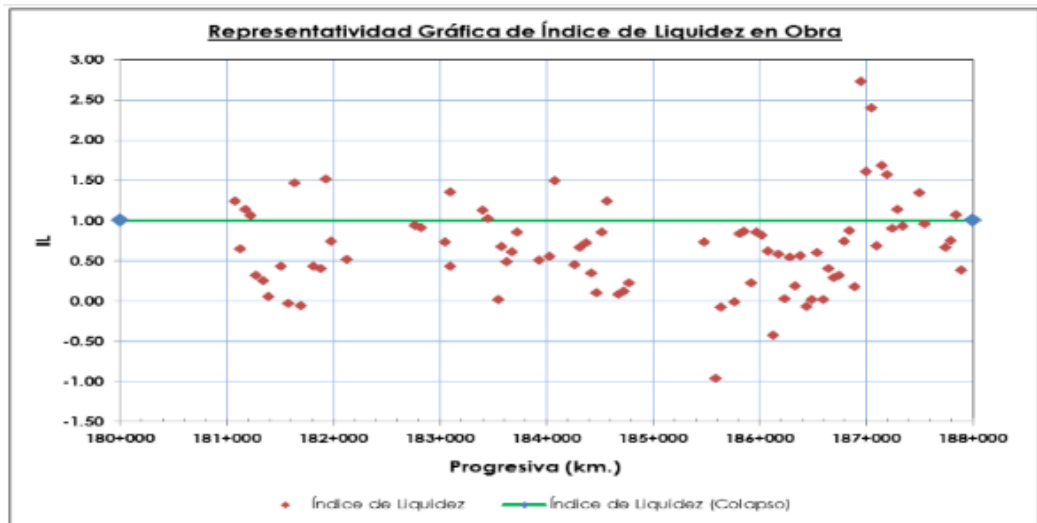
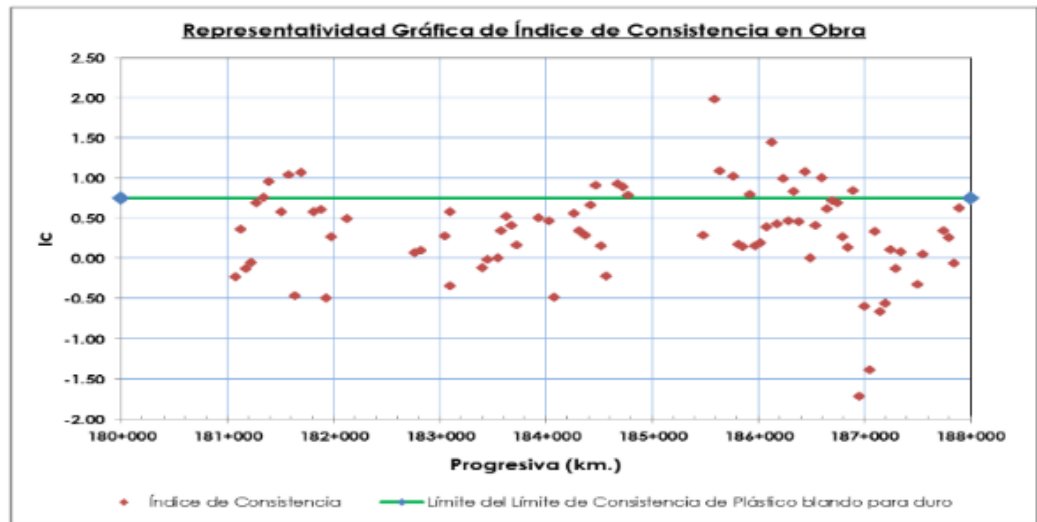
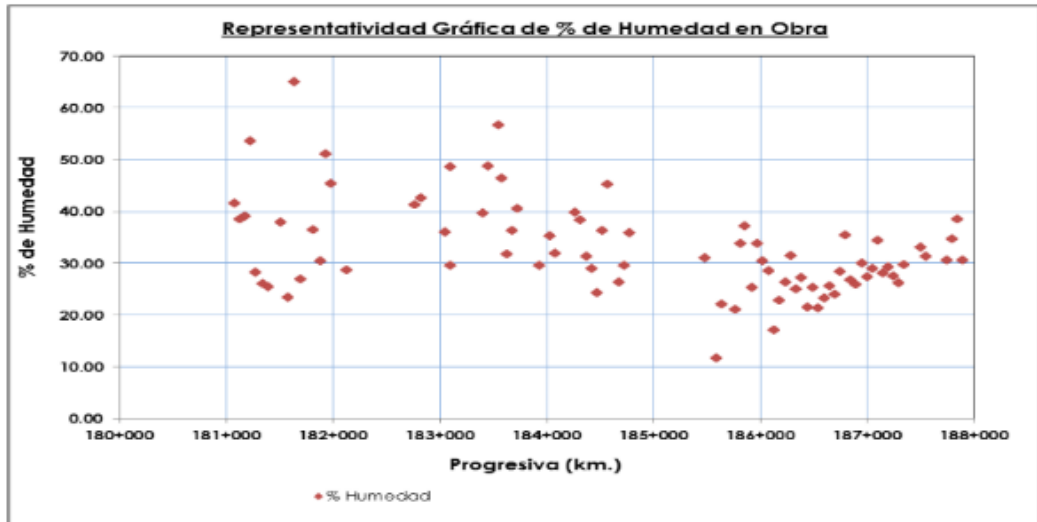
#### **4.9. EVALUACION E INTERPRETACION DE RESULTADOS**

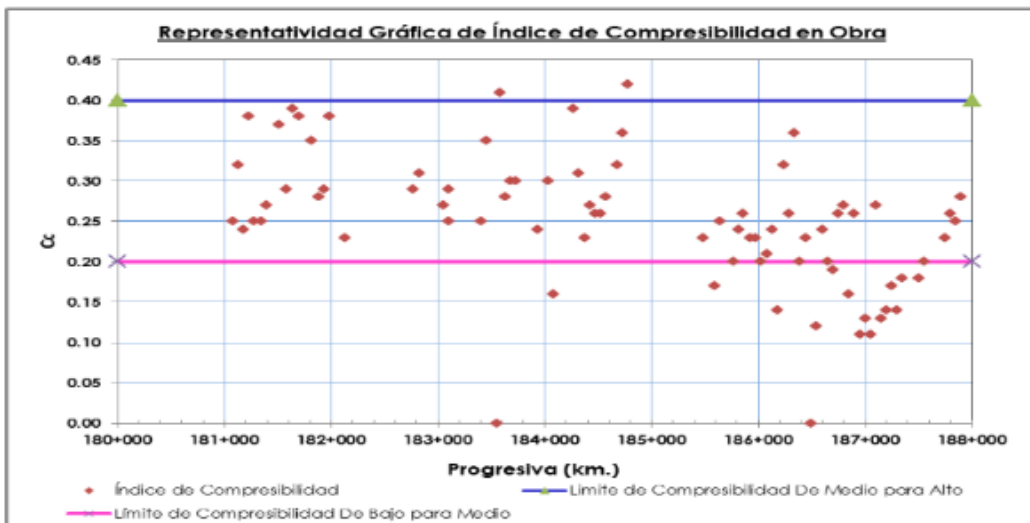
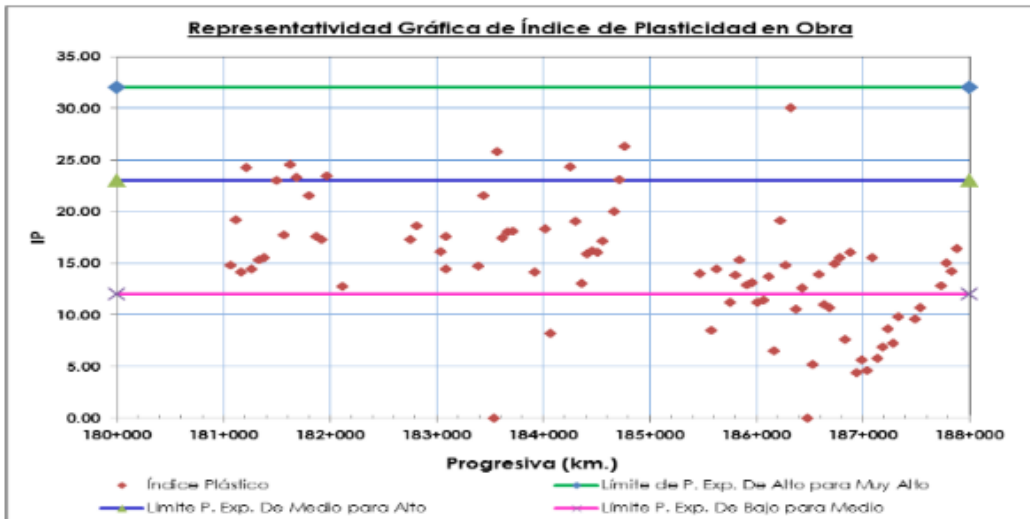
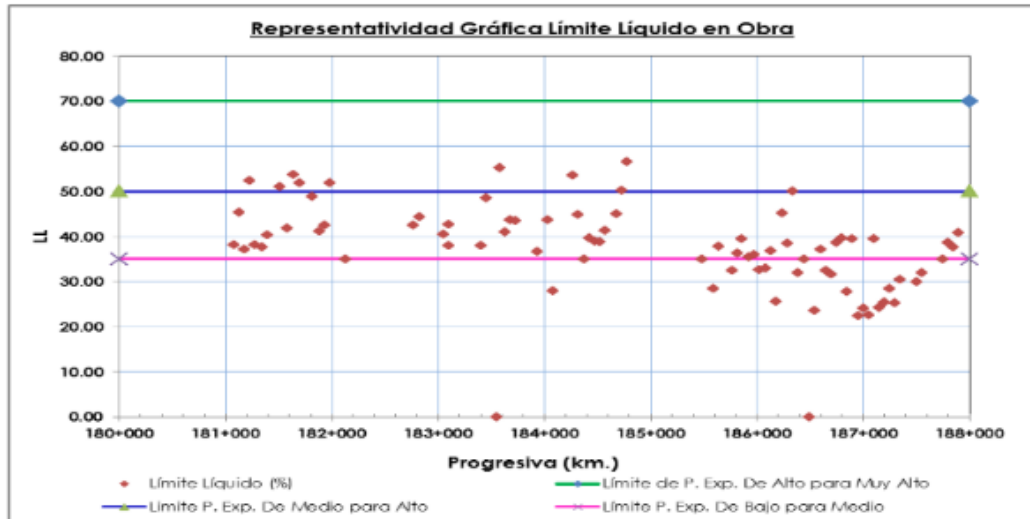
Este es el primer reporte emitido sobre los tramos excavados con sección transversal terminada, desarrollado inicialmente entre el km 181+000 al km 187+900, surge como sustentación de eliminación sobre aquellos suelos de subrasante que dejaron de satisfacer exigencias técnicas estipuladas en el proyecto de ingeniería para la obra en actual ejecución.

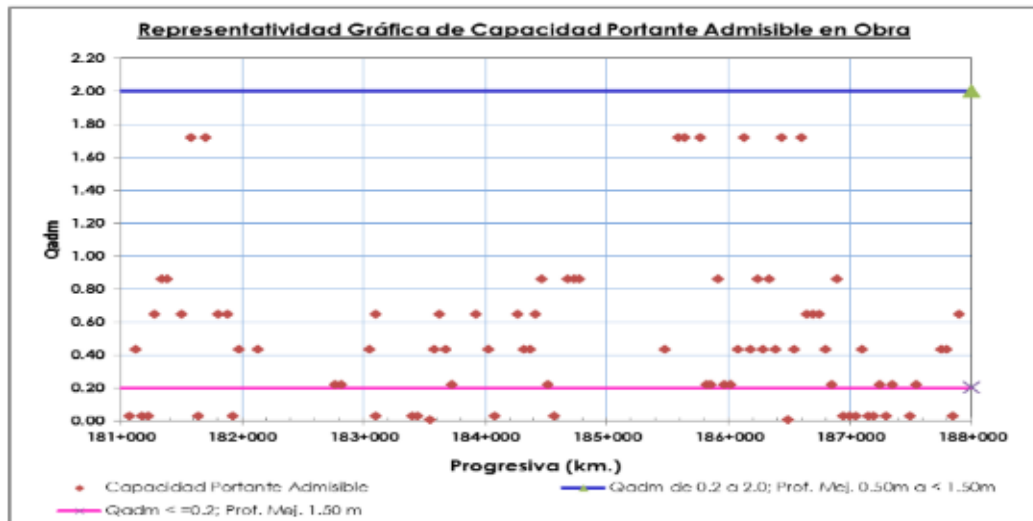
Para la determinación de las caracterizaciones y clasificación de los materiales in situ y por la heterogeneidad y tipología de los suelos a lo largo del trazo de la vía (tramo en estudio), fueron tomados muestras para la realización de ensayos debidamente distribuidos de modo a obtener una representación de suelo existente en la plataforma a nivel de subrasante, siendo en su mayoría a cada 50 metros aproximadamente. En los anexos del presente informe es presentado el resumen general de los nuevos ensayos entre las progresivas 181+000 hasta 187+900 y evaluaciones según criterio indicados por el proyecto.

Con el objetivo de demostrar las condiciones de los materiales en la plataforma, según la realización de los nuevos ensayos, a continuación, es presentada la representación gráfica de los siguientes parámetros:

- Contenido de humedad
- Índice de consistencia
- Índice de liquidez
- Variables de potencial expansivo (límite líquido e índice de plasticidad)
- Índice de compresibilidad
- Carga admisible ( $Q_{adm}$ )







Conforme puede ser apreciado en las representaciones gráficas y según los criterios del proyecto, los resultados de los ensayos de laboratorio, de las calicatas tomadas, comprueban que los materiales existentes en la plataforma requieren mejoramientos con espesores superiores a las previstas y definidas por el expediente técnico del proyecto. Es preciso también remarcar que de acuerdo al criterio de capacidad portante admisible ( $Q_{adm}$ ) existe la necesidad de mejoramiento en una profundidad de 1.50 metros en un 37% y un 61% requiere mejoramiento en una profundidad de 0.50 a 1.50 metros.

De acuerdo a los criterios aplicados en el proyecto, a continuación, se presenta un cuadro resumen de la identificación de los suelos con necesidad de mejoramiento y su determinación en cuanto a las profundidades a intervenir:

Item	Muestra	Calicata (km.)	Prof. Calicata (m.)	Hum. Nat. (%)	L.L. (%)	IP (%)	Clasificación	Valor Relativo de Soporte	Criterios para Determinar Mejoramiento Según Expediente Técnico					Determinación de Profundidad de Mejoramiento					Resumen Sectores de Mejoramiento					
									De Consistencia	De Carga Admisible	De Colapso	Potencial de Expansión	De Compresibilidad	Profundidad de Mejoramiento Según Criterios Aplicados					Sectores para mejorar					
							SUCS	CBR a 0.1" 95% M.D.S (CBR<6.0%)	Ic < 0.75	"qadm" capacidad portante admisible	II > 1.0	Pot. Exp. IP(23-32) Alto (IP>32) Muy alto	CC>0.40 Muy alto, CC>0.39 - 0.40 Alto, CC>0.20 - 039 Med., CC<0.00 - 0.19 Baja	Prof. De acuerdo a "qadm"	Prof. Suelo expansivo	Prof. CBR<6%	CC>0.39	II>1.0	Profundidad de Mejoramiento (m)	Inicial (km)	Final (km)	Calicata (km)	Lado	Longitud (m)
1	M-01	181+180	0.00 - 1.50	41.63	38.20	14.80	SC	8.00	-0.23	0.02	1.23	Medio	0.25	1.5	-	-	-	1.0	1.50	181+000	181+105	181+080	P.C.	105.00
2	M-02	181+130	0.50 - 1.50	38.51	45.40	19.20	SC	5.30	0.36	0.43	0.64	Medio	0.32	1.1	-	0.55	-	-	1.10	181+105	181+150	181+130	P.C.	45.00
3	M-03	181+180	0.60 - 1.50	39.03	37.20	14.10	SC	2.80	-0.13	0.02	1.13	Medio	0.24	1.5	-	0.80	-	1.0	1.50	181+150	181+260	181+180	P.C.	110.00
4	M-04	181+230	0.00 - 1.50	53.54	52.30	24.20	SC	3.00	-0.05	0.02	1.05	Alto	0.38	1.5	1.0	0.60	-	1.0	1.50	181+150	181+260	181+230		
5	M-05	181+280	0.30 - 1.50	28.24	38.20	14.40	SC	5.40	0.69	0.64	0.31	Medio	0.25	0.9	-	0.50	-	-	0.90	181+260	181+310	181+280	P.C.	50.00
6	M-06	181+340	0.00 - 1.50	26.07	37.70	15.30	SC	6.90	0.76	0.86	0.24	Medio	0.25	0.8	-	-	-	-	0.80	181+310	181+420	181+340	P.C.	110.00
7	M-07	181+390	0.00 - 1.00	25.44	40.30	15.50	SC	31.00	0.96	0.86	0.04	Medio	0.27	0.8	-	-	-	-	0.80	181+310	181+420	181+390		
8	M-08	181+510	1.00 - 1.50	37.84	51.10	23.00	SC	4.70	0.58	0.64	0.42	Alto	0.37	0.9	1.0	0.60	-	-	1.00	181+500	181+540	181+510	P.C.	40.00
9	M-09	181+580	0.00 - 1.50	23.42	41.80	17.70	SC	28.70	1.04	1.71	-0.04	Medio	0.29	0.6	-	-	-	-	0.60	181+540	181+610	181+580	P.C.	70.00
10	M-10	181+640	1.00 - 1.50	65.04	53.70	24.50	MH	2.70	-0.46	0.02	1.46	Alto	0.39	1.5	1.0	0.85	1.00	1.0	1.50	181+610	181+670	181+640	P.C.	60.00
11	M-11	181+700	0.00 - 1.50	26.87	51.80	23.30	SC	30.80	1.07	1.71	-0.07	Alto	0.38	0.6	1.0	-	-	-	1.00	181+670	181+760	181+700	P.C.	90.00
12	M-12	181+810	0.00 - 0.40	36.49	48.90	21.50	SC	24.30	0.58	0.64	0.42	Medio	0.35	0.9	-	-	-	-	0.90	181+760	181+860	181+810	P.C.	100.00
13	M-13	181+880	0.30 - 1.50	30.48	41.20	17.60	SC	25.70	0.61	0.64	0.39	Medio	0.28	0.9	-	-	-	-	0.90	181+860	181+940	181+880	RELL	80.00
14	M-14	181+930	0.00 - 1.50	51.09	42.50	17.30	SC	5.20	-0.50	0.02	1.50	Medio	0.29	1.5	-	0.60	-	1.0	1.50	181+860	181+940	181+930	RELL	80.00
15	M-15	181+980	0.00 - 1.50	45.44	51.80	23.40	CH	5.30	0.27	0.43	0.73	Alto	0.38	1.1	1.0	0.55	1.00	-	1.10	181+940	182+000	181+980	IZQ.	60.00
16	M-16	182+130	0.00 - 1.50	28.70	35.00	12.70	SC	40.30	0.50	0.43	0.50	Medio	0.23	1.1	-	-	-	-	1.10	182+110	182+160	182+130	P.C.	50.00
17	M-17	182+770	0.00 - 1.50	41.34	42.50	17.30	SC	34.50	0.07	0.21	0.93	Medio	0.29	1.5	-	-	-	-	1.50	182+600	182+950	182+770	P.C.	350.00
18	M-18	182+820	0.00 - 1.50	42.57	44.40	18.60	SC	8.50	0.10	0.21	0.90	Medio	0.31	1.5	-	-	-	-	1.50	182+600	182+950	182+820		
19	M-19	183+050	0.00 - 1.50	35.99	40.50	16.10	SC	3.00	0.28	0.43	0.72	Medio	0.27	1.1	-	0.60	-	-	1.10	182+950	183+070	183+050	P.C.	120.00
20	M-20	183+100	0.00 - 0.60	48.65	42.60	17.60	CL	2.40	-0.34	0.02	1.34	Medio	0.29	1.5	-	0.85	-	1.0	1.50	183+070	183+110	183+100	P.C.	40.00
21	M-21	183+100	0.60 - 1.30	29.54	37.90	14.40	SC	-	0.58	0.64	0.42	Medio	0.25	0.9	-	-	-	-	1.50	183+070	183+110	183+100		

Item	Muestra	Calicata (km.)	Prof. Calicata (m.)	Hum. Nat. (%)	L.L. (%)	IP (%)	Clasificación	Valor Relativo de Soporte CBR a 0.1" 95% M.D.S (CBR<6.0%)	Criterios para Determinar Mejoramiento Según Expediente Técnico					Determinación de Profundidad de Mejoramiento						Resumen Sectores de Mejoramiento				
									De Consistencia	De Carga Admisible	De Colapso	Potencial de Expansión	De Compresibilidad	Profundidad de Mejoramiento Según Criterios Aplicados					Profundidad de Mejoramiento (m)	Sectores para mejorar				
														Ic < 0.75	"qadm" capacidad portante admisible	II > 1.0	Pot. Exp. IP(23-32) Alto (IP>32) Muy alto	CC>0.40 Muy alto, CC>0.39 - 0.40 Alto, CC>0.20 - 039 Med., CC>0.00 - 0.19 Baja		Prof. De acuerdo a "qadm"	Prof. Suelo expansivo	Prof. CBR<6%	CC>0.39	IL>1.0
22	M-22	183+400	0.00 - 0.60	39.72	38.00	14.70	SC	17.00	-0.12	0.02	1.12	Medio	0.25	1.5	-	-	-	1.0	1.50	183+390	183+570	183+400	P.C.	180.00
23	M-23	183+450	0.00 - 1.50	48.76	48.50	21.50	CL	4.00	-0.01	0.02	1.01	Medio	0.35	1.5	-	0.50	-	1.0	1.50			183+450		
24	M-24	183+550	0.00 - 1.50	56.70	Material Orgánico									1.5	-	-	-	-	1.50			183+550		
25	M-25	183+580	0.00 - 1.50	46.34	55.20	25.80	CH	4.00	0.34	0.43	0.66	Alto	0.41	1.1	1.0	0.75	1.00	1.0	1.10	183+570	183+620	183+580	P.C.	50.00
26	M-26	183+630	0.00 - 1.50	31.82	40.90	17.40	SC	5.40	0.52	0.64	0.48	Medio	0.28	0.9	-	0.50	-	-	0.90	183+620	183+650	183+630	P.C.	30.00
27	M-27	183+680	0.00 - 1.50	36.31	43.60	18.00	SC	6.50	0.41	0.43	0.60	Medio	0.30	1.1	-	-	-	-	1.10	183+650	183+700	183+680	P.C.	50.00
28	M-28	183+730	0.00 - 1.50	40.56	43.50	18.10	SC	2.80	0.16	0.21	0.84	Medio	0.30	1.5	-	0.90	-	-	1.50	183+700	183+830	183+730	P.C.	130.00
29	M-29	183+930	0.00 - 0.50	29.57	36.70	14.10	GC	27.10	0.51	0.64	0.49	Medio	0.24	0.9	-	-	-	-	1.90	183+830	183+950	183+930	P.C.	120.00
30	M-30	184+030	0.00 - 0.40	35.24	43.70	18.30	SC	14.90	0.46	0.43	0.54	Medio	0.30	1.1	-	-	-	-	1.10	183+950	184+050	184+030	P.C.	100.00
31	M-31	184+080	0.00 - 1.00	31.97	28.00	8.20	SC	26.80	-0.48	0.02	1.48	Bajo	0.16	1.5	-	-	-	1.0	1.50	184+050	184+200	184+080	P.C.	150.00
32	M-32	184+270	0.00 - 1.50	39.87	53.50	24.30	SM	6.60	0.56	0.64	0.44	Alto	0.39	0.9	1.0	-	1.00	-	1.00	184+200	184+300	184+270	P.C.	100.00
33	M-33	184+320	0.00 - 1.50	38.33	44.90	19.00	SC	7.20	0.35	0.43	0.65	Medio	0.31	1.1	-	-	-	-	1.10	184+300	184+410	184+320	DER.	110.00
34	M-34	184+370	0.00 - 1.50	31.26	35.00	13.00	SC	24.30	0.29	0.43	0.71	Medio	0.23	1.1	-	-	-	-	1.10			184+370		
35	M-35	184+420	0.00 - 1.50	28.99	39.60	15.90	SC	9.80	0.67	0.64	0.33	Medio	0.27	0.9	-	-	-	-	0.90	184+410	184+440	184+420	RELL	30.00
36	M-36	184+470	0.00 - 1.50	24.23	38.90	16.20	SC	5.70	0.91	0.86	0.09	Medio	0.26	0.8	-	0.40	-	-	0.80	184+440	184+490	184+470	P.C.	50.00
37	M-37	184+520	0.00 - 1.50	36.29	38.80	16.00	SC	3.90	0.16	0.21	0.84	Medio	0.26	1.5	-	0.50	-	-	1.50	184+490	184+650	184+520	P.C.	160.00
38	M-38	184+570	0.00 - 1.50	45.28	41.40	17.10	SC	2.90	-0.23	0.02	1.23	Medio	0.28	1.5	-	0.60	-	1.0	1.50			184+570		
39	M-39	184+680	0.00 - 1.50	26.38	45.00	20.00	SC	24.60	0.93	0.86	0.07	Medio	0.32	0.8	-	-	-	-	0.80	184+650	184+700	184+680	P.C.	50.00
40	M-40	184+730	0.00 - 1.50	29.54	50.15	23.05	SC	2.30	0.89	0.86	0.11	Alto	0.36	0.8	1.0	0.70	-	-	1.00	184+700	184+780	184+730	P.C.	80.00
41	M-41	184+780	0.00 - 1.50	35.79	56.50	26.30	SM	2.70	0.79	0.86	0.21	Alto	0.42	0.8	1.0	0.60	1.00	1.0	1.00			184+780		

Item	Muestra	Calicata (km.)	Prof. Calicata (m.)	Hum. Nat. (%)	L.L. (%)	IP (%)	Clasificación	Valor Relativo de Soporte	Criterios para Determinar Mejoramiento Según Expediente Técnico					Determinación de Profundidad de Mejoramiento					Resumen Sectores de Mejoramiento					
									De Consistencia	De Carga Admisible	De Colapso	Potencial de Expansión	De Compresibilidad	Profundidad de Mejoramiento Según Criterios Aplicados					Profundidad de Mejoramiento (m)	Sectores para mejorar				
														Ic < 0.75	"qadm" capacidad portante admisible	II > 1.0	Pot. Exp. IP(23-32) Alto (IP > 32) Muy alto	CC > 0.40 Muy alto, CC > 0.39 - 0.40 Alto, CC > 0.20 - 0.39 Med., CC > 0.00 - 0.19 Baja		Prof. De acuerdo a "qadm"	Prof. Suelo expansivo	Prof. CBR < 6%	CC > 0.39	II > 1.0
42	M-42	185+480	0.00 - 1.50	31.01	35.00	14.00	GC	7.50	0.29	0.43	0.72	Medio	0.23	1.1	-	-	-	-	1.10	185+380	185+520	185+480	P.C.	140.00
43	M-43	185+590	0.00 - 1.20	11.66	28.50	8.50	SC	78.60	1.98	1.71	-0.98	Bajo	0.17	0.6	-	-	-	-	0.60	185+520	185+790	185+590	P.C.	270.00
44	M-44	185+640	0.00 - 1.00	22.14	37.80	14.40	CL	5.40	1.09	1.71	-0.09	Medio	0.25	0.6	-	0.40	-	-	0.60			185+640		
45	M-45	185+770	0.00 - 0.90	21.00	32.40	11.20	GC	34.20	1.02	1.71	-0.02	Bajo	0.20	0.6	-	-	-	-	0.60			185+770		
46	M-46	185+820	0.00 - 1.00	33.85	36.30	13.80	SC	32.00	0.18	0.21	0.82	Medio	0.24	1.5	-	-	-	-	1.50	185+790	185+900	185+820	P.C.	110.00
47	M-47	185+860	0.00 - 1.20	37.15	39.40	15.30	SC	4.00	0.15	0.21	0.85	Medio	0.26	1.5	-	0.50	-	-	1.50			185+860		
48	M-48	185+920	0.00 - 1.40	25.30	35.50	12.90	SC	17.90	0.79	0.86	0.21	Medio	0.23	0.8	-	-	-	-	0.80	185+900	185+940	185+920	P.C.	40.00
49	M-49	185+970	0.00 - 1.00	33.83	35.90	13.10	SC	29.00	0.16	0.21	0.84	Medio	0.23	1.5	-	-	-	-	1.50	185+940	186+060	185+970	P.C.	120.00
50	M-50	186+020	0.00 - 1.40	30.43	32.60	11.20	GC	30.00	0.19	0.21	0.81	Bajo	0.20	1.5	-	-	-	-	1.50			186+020		
51	M-51	186+080	0.00 - 1.50	28.55	33.00	11.40	GC	35.00	0.39	0.43	0.61	Bajo	0.21	1.1	-	-	-	-	1.10	186+060	186+100	186+080	P.C.	40.00
52	M-52	186+030	0.00 - 0.70	17.04	36.80	13.70	SC	24.50	1.44	0.71	-0.44	Medio	0.24	0.6	-	-	-	-	0.60	186+100	186+150	186+130	DER.	50.00
53	M-53	186+130	0.00 - 1.30	22.79	25.60	6.50	SM - SC	12.00	0.43	0.43	0.57	Bajo	0.14	1.1	-	-	-	-	1.10	186+150	186+200	186+180	DER.	50.00
54	M-54	186+180	0.00 - 1.50	26.30	45.20	19.10	SC	2.80	0.99	0.86	0.01	Medio	0.32	0.8	-	0.80	-	-	0.80	186+200	186+270	186+240	P.C.	70.00
55	M-55	186+240	0.00 - 1.50	31.47	38.40	14.80	CL	6.80	0.47	0.43	0.53	Medio	0.26	1.1	-	-	-	-	1.10	186+270	186+330	186+290	P.C.	60.00
56	M-56	186+290	0.00 - 1.50	25.07	50.10	30.00	SC	18.00	0.83	0.86	0.17	Alto	0.36	0.8	1.0	-	-	-	1.00	186+330	186+370	186+340	P.C.	40.00
57	M-57	186+340	0.00 - 1.50	27.26	32.00	10.50	GC	18.10	0.45	0.43	0.55	Bajo	0.20	1.1	-	-	-	-	1.10	186+370	186+420	186+390	P.C.	50.00
58	M-58	186+390	0.00 - 1.60	21.43	35.00	12.60	SC	9.60	1.08	1.71	-0.08	Medio	0.23	0.6	-	-	-	-	0.60	186+420	186+480	186+440	P.C.	60.00
59	M-59	186+440	0.00 - 1.50	25.35	NP	NP	SM	24.70	-	0	0.00			0.0	-	-	-	-	-	186+480	186+500	186+490	NO REQUIERE	20.00
60	M-60	186+540	0.00 - 1.50	21.37	23.50	5.20	SM - SC	21.10	0.41	0.43	0.59	Bajo	0.12	1.1	-	-	-	-	1.10	186+500	186+580	186+540	P.C.	80.00
61	M-61	186+600	0.00 - 1.50	23.26	37.20	13.90	GC	30.00	1.00	1.71	0.00	Medio	0.24	0.6	-	-	-	-	0.60	186+580	186+620	186+600	P.C.	40.00

#### 4.10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al emplear los sistemas de sub drenaje en el tramo en estudio, se pudo observar la capacidad drenante de estos, así como el aporte favorable para la sud rasante, puesto que se disminuyó el nivel freático y esto conllevó a disminución del espesor de las capas de mejoramiento, con ello se logró una estabilización de la subrasante, para una mejor descripción de elaboro la siguiente tabla.

NUMERO DE TRAMO	PROGRESIVA		REQUIERE SUBDREN	TIENE SUBDREN	CAPACIDAD DRENANTE
	INICIO	FIN			
1	181+100	181+500	SI	SI	BUENA
2	181+500	182+000	SI	SI	BUENA
3	182+000	182+500	SI	SI	BUENA
4	182+500	183+000	SI	SI	BUENA
5	183+000	183+500	SI	SI	BUENA
6	183+500	184+000	SI	SI	BUENA
7	184+000	184+500	SI	SI	BUENA
8	184+500	185+000	SI	SI	BUENA
9	185+000	185+500	SI	SI	BUENA
10	185+500	186+000	SI	SI	BUENA
11	186+000	186+500	SI	SI	BUENA
12	186+500	187+000	SI	SI	BUENA
13	187+000	187+500	SI	SI	BUENA
14	187+500	188+000	SI	SI	BUENA
15	188+000	188+500	SI	SI	BUENA
16	188+500	189+000	SI	SI	BUENA
17	189+000	189+500	SI	EN CONSTRUCCION	NO DEFINIDO
18	189+500	190+000	SI	EN CONSTRUCCION	NO DEFINIDO



## CONCLUSIONES

- La influencia de los drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II fueron favorables, ya que ayudaron a evacuar las aguas sub superficiales, evitando daños en la sub rasante con ello se logró disminuir los espesores de los mejoramientos para su estabilización.
- Las principales características de un suelo para determinar la construcción de drenes subterráneos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II fueron:
  - presencia de capa freática
  - suelos arcillosos
  - suelos limosos
- Los tipos de drenes subterráneos construidos en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II fueron:
  - subdrenes longitudinales
  - colchones drenantes
  - espolones
- Se determinó el tipo de drenes subterráneos a construir en la subrasante de la carretera Oyón – Ambo tramo II en función a las necesidades de cada sub tramo, considerando la capacidad drenante de estos, el tiempo de evacuación de las aguas subterráneas y el costo de estos.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda siempre referenciarse con los manuales del MTC y fichas técnicas de los fabricantes de los productos que se usan en los subdrenes.
- Para efectuar estudios de esta índole es necesario tener conocimientos previos de cómo se debe realizar la recolección de datos, también realizar calicatas a profundidades de 1.50 metros y mayores de ser necesario, esto por parte del contratista, si bien es cierto se tiene ya un estudio en el expediente técnico, pero no es suficiente ya que eso es referencial, para tener datos más reales es necesario realizar nuevas calicatas en los tramos de ensanche, en los nuevos cortes.
- También se recomienda la presencia constante del área de suelos por parte del contratista y supervisión, para consensuar los tramos de mejoramiento, profundidades y la construcción de los sub drenes en los tramos requeridos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de carreteras Manual De Hidrología, Hidráulica Y Drenaje. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras diseño geométrico DG-2018. Lima.
- Expediente técnico: Estudio De Factibilidad Y Definitivo Para El Mejoramiento De La Carretera Oyón – Ambo Tramo II.
- *Bernal, C. A. (2010). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. Colombia: Worldcolor.*
- *Borja, S. M. (2012). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PARA INGENIEROS. Chiclayo, Perú.*

## **ANEXOS**

## PANEL FOTOGRÁFICO



*Foto N°1. Trabajos de movimiento de tierras. Zona de Corte*



*Foto N°2. Trabajos de movimiento de tierras. Zona de Corte*



*Foto N°3. Trabajos de movimiento de tierras. Zona de Corte*



*Foto N°4. Trabajos de movimiento de tierras. Zona de Corte*



*Foto N°5. Trabajos de movimiento de tierras. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°6. Trabajos de movimiento de tierras. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°7. Trabajos de movimiento de tierras. Zona de Corte*



*Foto N°8. Trabajos de movimiento de tierras. Mejoramiento de Subrasante*





*Foto N°9. Mejoramiento de Subrasante (espolones)*



*Foto N°10. Mejoramiento de Subrasante (espolones)*



*Foto N°11. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°12. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°13. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°14. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°15. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°16. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°17. Mejoramiento de Subrasante (espolones y colchones drenante)*



*Foto N°18. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°19. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°20. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°21. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°22. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°23. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°24. Mejoramiento de Subrasante*





*Foto N°25. Mejoramiento de Subrasante*



*Foto N°26. Mejoramiento de Subrasante. Desfogue a traves de espolones*



*Foto N°27. Mejoramiento de Subrasante. Desfogue a través de espolones*



*Foto N°28. Mejoramiento de Subrasante. Desfogue a traves de espolones*



*Foto N°29. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°30. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°31. Trabajos de explanaciones. Conformacion de base*



*Foto N°32. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°33. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°34. Conformación de base. Control de Densidad de Campo.*



*Foto N°35. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°36. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°37. Trabajos de explanaciones. Conformación de base*



*Foto N°38. Excavación para Subdrenes.*



*Foto N°39. Excavación para Subdrenes.*



*Foto N°40. Colocación de Geo mantas en los subdrenes.*





*Foto N°41. Colocación de Pavimento Rígido*



*Foto N°42. Colocación de Pavimento Rígido*



*Foto N°43. Colocación de Pavimento Rígido*



*Foto N°44. Colocación de Pavimento Rígido*