



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el  
flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Álvarez Ticona, Leonardo Jesús (ORCID: 0000-0003-4755-0926)

Guerra Sánchez, Sergio Luis (ORCID: 0000-0002-0204-0634)

**ASESOR:**

Mg. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

De: Guerra Sánchez, Sergio Luis

A Dios todo poderoso, por guiarnos y bendecirnos en todo nuestro camino profesional.

A mis padres Sergio y Gregoria, a mi esposa Yovana, a mis Hijos Sergio y Stephanie, hermanos, familiares y amigos, quienes con su apoyo incondicional e incesante nos han ayudado a lograr nuestros objetivos y metas.

De: Álvarez Ticona, Leonardo Jesús

El presente trabajo investigación lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Mariano y Francisca, a mi esposa Magdalena, a mis Hijos Adriana y Sebastián, por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

## **Agradecimiento**

De: Guerra Sánchez, Sergio Luis y Álvarez Ticona, Leonardo Jesús.

Agradezco especialmente a nuestro asesor del taller de elaboración de tesis el Mg. Clemente Condori, Luis Jimmy, por su paciencia, enseñanzas, profesionalismo, disponibilidad de tiempo y motivación, que nos han sido de mucha ayuda para poder concluir con éxito la presente tesis.

## Índice de contenido

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	vi
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Índice de abreviaturas .....	x
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	13
II. MARCO TEÓRICO .....	18
III. METODOLOGÍA .....	42
3.1.- Tipo y diseño de investigación: .....	42
3.2. Variables y operacionalización. ....	43
3.3. Población, muestra y muestreo. ....	44
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	45
3.5. Procedimientos .....	49
3.6. Métodos de análisis de datos. ....	60
3.7. Aspectos Éticos .....	61
IV. RESULTADOS .....	63
V. DISCUSIÓN .....	86
VI. CONCLUSIONES .....	89
VII. RECOMENDACIONES .....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....	92
ANEXO .....	98

## Índice de tablas

Tabla 1. Tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541 .....	14
Tabla 2. Valores tipo de carpeta $F_i$ .....	34
Tabla 3. Valores de bases $F_r$ .....	35
Tabla 4. Variables y operacionalización .....	43
Tabla 5. Instrumentos y técnicas para la recolección de datos. ....	45
Tabla 6. Resumen de normas aplicadas. ....	46
Tabla 7. Cuadro de cálculo del alfa de Cronbach.....	47
Tabla 8. Confiabilidad alfa de Cronbach: .....	48
Tabla 9. Condición actual del tramo. ....	49
Tabla 10. Progresivas Emp Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541.....	49
Tabla 11. Ubicación y características de la calicata. ....	51
Tabla 12. Obtención de la muestra en la progresiva .....	52
Tabla 13. Especificaciones técnicas del geotextil.....	65
Tabla 14. Récorde de precipitación (2019-2020).....	66
Tabla 15. Valores recomendados $F_i$ .....	67
Tabla 16. Valores recomendados $F_r$ .....	67
Tabla 17. Especificaciones Técnicas. ....	71
Tabla 18. Factores de reducción para geotextiles.....	72
Tabla 19. Características del diseño del sistema de subdrenaje geodren. ....	74
Tabla 20. Resultados geotécnicos de la calicata – C-01 .....	76
Tabla 21. Resultados de análisis granulométrico.....	76
Tabla 22. Resultado de los límites de Atterbert.....	77
Tabla 23. Sistema de clasificación AASHTO.....	79
Tabla 24. Resultados de la Permeabilidad a carga constante y variable .....	80
Tabla 25. Resultado de contenido de humedad.....	80
Tabla 26. Resultados del Proctor modificado.....	81
Tabla 27. Progresivas cada 50 metros, pendiente y ancho. ....	83
Tabla 28. Localización del sistema de subdrenajes con Geodrén.....	84
Tabla 29. Cuadro de matriz de consistência. ....	98
Tabla 30. Cuadro de matriz de operacionalización. ....	99
Tabla 31. Cuadro de instrumentos y técnicas para la recolección de datos.....	100

## Índice de figuras

Figura 1. Tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541. ....	14
Figura 2. Distribución representativa del pavimento.....	27
Figura 3. Principio de distribución de presiones en pavimentos.....	28
Figura 4. Sector del pavimento flexible. ....	29
Figura 5. Diseño del geodren. ....	30
Figura 6. Diagrama de geodren Vial.....	31
Figura 7. Ubicación de la calicata.....	44
Figura 8. Cuestionario de validez del instrumento.....	48
Figura 9. Dimensión de la sección transversal del geodren .....	56
Figura 10. Diseño final de la sección transversal.....	58
Figura 11. Manual de diseño con geosintético. ....	58
Figura 12. Software Geosoft PAVCO. ....	59
Figura 13. Estación total. ....	59
Figura 14. Sección transversal del geodrén. ....	70
Figura 15. Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería.....	73
Figura 16. Diseño final de la sección transversal. ....	73
Figura 17. Perfil estratigráfico.....	75
Figura 18. Curva granulométrica .....	77
Figura 19: Limite líquido. ....	78
Figura 20. Carta de plasticidad Casagrande. ....	78
Figura 21: Densidad seca máxima. ....	81
Figura 22. Plano de ubicación del camino vecinal.....	82
Figura 23. Perfil longitudinal.....	85
Figura 24. Formato del cuestionario de validez del instrumento. ....	101
Figura 25. Validación de instrumento experto 1 .....	102
Figura 26. Validación de instrumento experto 2 .....	103
Figura 27. Validación de instrumento experto 3 .....	104
Figura 28. Permeabilidad de suelos granulares .....	105
Figura 29. Método de ensayo para la compactación del suelo.....	106
Figura 30. Determinación de análisis granulométrico de los suelos.....	107

Figura 31. Metodos estadares de los ensayos.....	108
Figura 32. Determinacion contenido de humeda de suelos. ....	109
Figura 33. Certificado de calibracion. ....	110
Figura 34. Certificado de calibracion IB-434-202. ....	111
Figura 35. Certificado de calibracion ML-426-2020.....	112
Figura 36. Certificado de calibracion ML-425-2020.....	113
Figura 37. Certificado de calibracion OT-006-2020.....	114
Figura 38. Certificado de calibracion IMV-562-2020. ....	115
Figura 39. Especificaciones técnicas geodren vial.....	116
Figura 40. Ventajas del sistema de subdrenaje.....	117
Figura 41. Medición de la calicata 1.50m. de profundidad. ....	118
Figura 42. Ubicación de la calicata progresiva km. 1+000 ....	118
Figura 43. Excavación de la calicata 1m de ancho por 1m de largo ....	119
Figura 44. Vegetación del camino vecinal.....	119
Figura 45. Extrayendo la muestra de suelo.....	120
Figura 46. Embalando la muestra suelo.....	120
Figura 47. Progresiva km. 1+000 del camino vecinal.....	121
Figura 48. Vegetación en ambos lados de la vía del camino vecinal ....	121
Figura 49. Trocha carros al en estado.....	122
Figura 50. Ensayo de laboratorio análisis de granulometría por tamizado.....	122
Figura 51. Ensayo de laboratorio limite liquido.....	123
Figura 52. Ensayo de laboratorio preparando la muestra ....	123
Figura 53. Ensayo de laboratorio permeabilidad.....	124
Figura 54. Ensayo de laboratorio Proctor modificado.....	124
Figura 55. Certificación ISO 9001:2008 ....	125
Figura 56. Certificación ISO 14001:2004 ....	126
Figura 57. Informe de originalidad Turnitin.....	127

## Resumen

La presente tesis de investigación tiene como objetivo de controlar el flujo de infiltración de un camino vecinal mediante el diseño del sistema de subdrenajes con Geodren, en el Tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, en el distrito de Nicolás de Piérola y José Maria Quimper de la provincia de Camaná, región de Arequipa. Con el fin de dar la solución en el camino vecinal encontrándose con tramos deteriorados producto la erosión eólica, acumulación de finos y desgaste por tráfico, dificultando el tránsito en dichas vías. Para alcanzar el objetivo general se utilizó la metodología de diseño donde se aplicó el Manual y software de la empresa Geosintético PAVCO.

El método que se aplicó en la investigación es de carácter empírico, se recolecto datos topográficos, estudio de suelos y criterios hidráulicos, donde se concluyó el diseño del geodren.

Se obtuvo como resultado una sección transversal con una profundidad de  $H=0.50$  m. y un ancho de  $A= 0.20$  m. , con un tipo de geotextil no tejido punzonado por agujas que funcionara como el medio filtrante, un (01) geored que funcione como medio drenante y 01 tubería perforada de 65 mm de diámetro que transporte un caudal de  $0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$ ; donde dicho caudal fue evacuado directamente a un canal una vez colocada el geodren, la zanja fue relleno con material granular tipo filtro, grava de  $\frac{3}{4}$ ", con el propósito de aumentar la vida útil del sistema.

**Palabras claves:** Diseño sistema subdrenaje, geodren, infiltración, camino.



## **Abstract**

The objective of this research thesis is to control the infiltration flow of a local road by means of the design of the sub-drainage system with Geodren, in Section: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, in the district of Nicolás de Piérola and José Maria Quimper in the province of Camaná, Arequipa region. In order to provide a solution on the local road, encountering deteriorated sections due to wind erosion, accumulation of fines and wear and tear due to traffic, making traffic difficult on these roads. To achieve the general objective, the design methodology was used where the Manual and software of the Geosintético PAVCO company was applied.

The method applied in the research is empirical in nature, topographic data, soil study and hydraulic criteria were collected, where the geodren design was concluded and the following results were obtained.

A cross section with a depth of  $H = 0.50$  m was obtained. and a width of  $A = 0.20$  m., with a type of needle-punched non-woven geotextile that will function as the filter medium, a (01) geo-network that functioned as a draining medium and 01 perforated pipe of 65 mm in diameter that transported a flow rate of  $0.0003 \text{ m}^3 / \text{s}$ ; where said flow was evacuated directly to a channel once the geodren had been placed, the trench was filled with filter-type granular material,  $\frac{3}{4}$  "gravel, in order to increase the useful life of the system.

Keywords: Sub-drainage system design, geodren, infiltration, road

## I. INTRODUCCIÓN

### **Realidad Problemática**

Como profesionales tenemos la obligación de investigar y dar solución a la problemática existente en el camino vecinal Tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa, que, por la existencia de humedad ocasionada por el riego de la agricultura en la zona, que se presentó en los extremos de la senda y por la ausencia de un método de subdrenaje, se ha deteriorado la vía de 1.935 km. siendo afectado en su vida útil del camino.

En la región Arequipa y resto del país, se presentó deficiencias en la cimentación de estos subdrenajes con geodren, los cuales permitieron atraer y liberar aguas subterráneas y superficiales, teniendo como propósito el tomar control sobre el nivel de filtración y el conservar seco el suelo del camino vecinal, aumentando su tiempo de utilidad y disminuyendo el apresurado desgaste de los caminos, que están continuamente siendo dañados especialmente en épocas de lluvias.

Tras una observación particular del tema se ha dado con la existencia de un hueco en conocimientos de lo que concierne al sistema de subdrenaje en caminos vecinales, fundamentalmente con diseños geosintéticos.

En la investigación se ha tomado como zona de estudio el tramo Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, situado en Nicolás de Piérola (Camaná, región Arequipa), a una altura promedio de 57 m. s. n. m., y una longitud de 1.935 Km. donde nació esa necesidad por expulsar el agua sobrante y/o minimizar la infiltración de agua en la estructura de vías, infundida por la presencia de áreas de cultivo. Tal medida fue considerada como una elección eficaz y factible, que estuvo constituido de un componente drenante al igual que de otro que actuó como filtro a diferencia de cualquier otro sistema de subdrenaje convencional.

En la figura 1, se muestra una línea de color amarillo indicando el tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541.



Figura 1. Tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541.

En la tabla 1, se presenta el tramo en longitud, coordenadas y altitud con que se trabajó en la investigación de tesis.

**Tabla 1.** Tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541

Tramo	Long	Coordenadas		Altitud m.s.n.m.
		Este	Norte	
<b>Emp. Pe-1S (San Jacinto)</b>	0.00 Km	742619	8163436	44
<b>Emp. Ar-541</b>	1.935 Km	744406	8164228	44

### Formulación del Problema:

Se aborda la siguiente formulación del problema general ¿Cómo el diseño del sistema de subdrenajes con geodren controlaría el flujo de infiltración de un camino vecinal Camaná, Arequipa 2021? Así mismo, se cuenta con los problemas específicos que permiten desglosar el problema general ¿Cuáles son los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención que definirían el tipo y número de Geotextil, Geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes? ¿Cuál es la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico que determinarían los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes? y ¿Cuáles son los niveles apropiados que definirían un relieve

topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes?

### **Justificación del estudio:**

La presente investigación de tesis presenta una justificación científica, ya que contribuyó a la investigación de subdrenajes utilizando geodren del camino vecinal del tramo de estudio: Emp. Pe-1S (San Jacinto) – Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa y que servirá como referencia a los profesionales; que quieran desarrollar este método alternativo con el propósito de solucionar la problemática que aún existe; consiguiendo un grado de progreso que sobrepase al que se tiene actualmente en las carreteras públicas.

Tendrá una justificación técnica, puesto que al conseguir la realización del diseño subdrenaje usando Geodren en el camino vecinal tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa, se guiará en base a discernimientos técnicos productivos que funcionen en conjunto con las respuestas obtenidas de la investigación inicial, que consientan en solucionar el problema que aqueja la zona de cuestión, pudiendo ejecutar el apropiado y mejor esquema de un sistema de subdrenajes empleando geodren y en función del manual que corresponde al diseño con geosintéticos.

Incluye una justificación práctica, teniendo en cuenta que la investigación realizada a cabo es realizada por la existencia de la necesidad en conservar en buena condición las particularidades de la senda vecinal tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa, minimizando el agua en exceso y/o existencia zonas húmedas, por medio de la ejecución del sistema de subdrenaje denominado Geodren, consiguiendo el fin mediante la realización de varios ensayos previos para la determinación de los aspectos físicos del trayecto estudiado, en función de la elección de la clase de componente filtrante a usar fundamentado en discernimientos de elección, la identificación de la clase del medio de deyección de las aguas atraídas y cuanto de material drenante se tiene.

Presenta una justificación metodológica, debido que tras efectuar el diseñado sistema de subdrenaje de geodrén, en la vía vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa, en el instante que se demuestre la viabilidad por medio de métodos de recaudación de datos, conseguirá la aprobación

para ser usado en otros estudios y esta técnica innovadora con la solución al problema planteado será de ayuda en la guía de investigación para los próximos estudios. Finalmente, muestra una notabilidad social en la zona en cuestión ya que por medio del sistema de subdrenaje con diseño Geodren permitirá que tal tramo del camino vecinal disponga de un subdrenaje adecuado y eficaz con la capacidad de dirigir y expulsar las aguas subyacentes, de igual manera las aguas provenientes de las zonas de cultivo reduciendo la humedad en la vía vecinal, permitiendo el progreso socioeconómico de la población.

### **Objetivos:**

Se plantea desarrollar como objetivo general el controlar el flujo de infiltración de un camino vecinal mediante el diseño del sistema de subdrenajes con geodren. Así mismo, se pretende desglosar el objetivo general en objetivos específicos como: Definir el tipo y número de geotextil, geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes por medio de los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención, determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes en relación a la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico y definir el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.

### **Hipótesis:**

Las hipótesis se constituyen en afirmaciones o alternativas de solución al problema investigado. Sin embargo, debemos precisar que, en esta investigación no se considera la hipótesis por tratarse de una labor de carácter descriptivo.

### **Limitaciones el estudio.**

Las limitaciones en la investigación son mínimas, por motivos de que se tiene el apoyo en la información y registros de las instituciones públicas (informes técnicos, manuales de diseño de geosintéticos, guía técnica y municipalidad provincial de camana).

**Espacial.**

Teniendo acceso al área de estudio en el camino vecinal Tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, provincia de Camaná y region de Arequipa.

**Temporal.**

La presente investigación tiene como inicio el mes de abril y como final el mes de julio del año 2021 culminando con los resultados, discusiones y recomendaciones.

## II. MARCO TEÓRICO

### **Antecedentes de la investigación.**

#### **Nacionales:**

Niño (2018), con su estudio de tesis denominado: Diseño del pavimento rígido usando geodrenes en un tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andres Avelino Cáceres, Lambayeque. Teniendo como objetivo general estructurar un pavimento austero, usando geodrenes en tramo crítico, para controlar la eminencia freática en la avenida Andrés Avelino Cáceres (departamento de Lambayeque). En metodologías, se manifiesta como cuantitativa-descriptiva, la herramienta que se uso fue la de la encuesta que fue dirigida a 130 hogares de las cuales se tomaron 98, lo obtenido tras la hipótesis H1 acepta la confiabilidad con un 95%. Llegando a las conclusiones: la estructuración de pavimento rígido con un grosor de 0.20m en losa y con una sub base granular 0.20m, y cunetas de forma triangulo ( $B= 0.60m$  y  $h= 0.30m$ ,  $Z=2$ ), por lo que se diseñó este subdrenaje usando geodrén vial ( $h=0.50$  y  $212.38m$  de largo), incluyendo geotextil (no tejido 3000) de 2mm de grosor, esta geored tuvo que ser de HDP con un grosor de 6.5mm, mientras que para la eyección del drenado la tubería deberá contar con un grosor de 200mm.

Rondoy y Callan (2019), con su estudio de tesis denominado: “Diseño del geodren como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020 del km 0+000 al km 1+000, Catacaos - Piura - Piura, 2018”. Con la finalidad de generar un diseño de geodren a modo de sistema de subdrenaje para el sector en cuestión ubicado en Buenos Aires Emp PI-1020 (del km 0+000 al km 1+000), Piura (catacaos). La metodología empleada es experimental, debido a que se efectuaron indagaciones básicas (estudio de mecánica de suelos e hidrología, topografía), como población de estudio se tomó al camino vecinal Buenos Aires (Emp PI – 1020), de la que se extrajo el tramo que corresponde a 01 Km (del Km 0+000 al Km 1+000) para tomarlo como muestra. Llegando a las siguientes conclusiones: superficies de  $1.20\text{ m} * 0.60\text{ m}$  de sección transversal, también se empleó una clase de geotextil no tejido punzonado por agujas, seleccionado debido a sus características hidráulicas y mecánicas, 01 geored y a su vez una tubería HDPE (perforada de diámetro de 4”) con un caudal de características relevantes (0.005

m<sup>3</sup>/s), por otro lado, los planos nos proporcionaran el lugar del geodren, de manera que del Km 0+000 al Km 0+180 estuvo ubicado en un extremo de la vía, mientras que para el Km 0+180 al Km 1+000 se dispuso en los dos extremos.

Maravi (2019), con su estudio de tesis denominado: Diseño de geosintéticos para la estabilización de taludes y drenaje en la vía chupaca - roncha. Teniendo como objetivo: La determinación del grado de influencia que tiene el diseño de una instalación de geosintéticos en lo que respecta a la estabilización de taludes y drenaje en la vía Chupaca (Roncha). La metodología usada en el estudio es científica, del tipo aplicado, descriptivo y explicativo, diseñado de forma cuasi empírica. Llegando a las siguientes conclusiones: se da un mejoramiento en la estabilización de los tres taludes por medio del diseño de instalación de geosintético, esto se debe a que fue diseñado como un sistema de aislamiento celular con geoceldas, haciendo el uso estructurado limitante de tierra y el geodren (planar y circular) condescenderán un drenaje apropiado, esto se debe a que se vieron posicionados en dirección horizontal y vertical, es así que se dará el drenaje de las fluctuaciones al exterior del declive.

Velazco (2019), con su estudio de tesis denominado: Análisis de costo y eficiencia de sudrenaje para la vía interoceánica. Tuvo como fin general: Dar análisis y evaluar el coste y eficiencia de subdrenaje en vías asfaltadas para contrarrestar las condiciones de nivel freático alto y vida útil del pavimento en el tramo 878 -878.4 San Antonio de Melgar de la Vía Interoceánica. La metodología de su investigación fue experimental y del tipo exploratoria, descriptiva y aplicada, por tal motivo se diseñó un tipo de subdrenaje y se proporcionó la aplicación para ser implementada en la zona de impacto de riesgo. Llegando a las siguientes conclusiones: la instalación de geotextil en la obra de subdrenaje con material granular filtrante logro una mayor vida útil del pavimento del tramo en estudio, por qué estos geosintéticos mantienen las capas inferiores con menor frecuencia de tiempo a la saturación por agua, el geotextil actuó como una barrera realizando una función de anticontaminación de la grava (material filtrante) con las partículas finas, mientras que en el geodren fue el encargado de desplazar el agua por medio de su plano de geotextil hacia las tuberías colectoras, el porcentaje de incremento de funcionalidad



en capacidad drenante es de 13.11% por lo que se aplica menor base granular por tener un geotextil en la subrasante y no ser necesario incrementar el grosor en la base granular.

Rodríguez (2017), con su estudio de tesis denominado: 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. Teniendo el objetivo principal: Determinar la correspondencia del drenaje subterráneo con la estabilización de subrasante configurado en un nivel freático elevado. La metodología que se abarco fue del tipo aplicado, con eminencia descriptiva - explicativa y diseñada no experimentalmente. Llegándose a las consiguientes terminaciones: El caudal por abatimiento del nivel freático del tramo Jr. san Martin corresponde a 1103.2 cm<sup>3</sup>/s, por otro lado, el tramo Jr. Alfonso Ugarte con 551.6 cm<sup>3</sup>/s con un 0.66 m<sup>2</sup> para el área de la sección transversal del subdrén, y un diámetro de tubería de medidas en 8” incluyendo una pendiente del 2%, en cuanto al geotextil de tejido de mono filamentos tipo E > 50% cuenta con TAA < D85 en tamaños de aberturas.

#### **Internacional:**

Marín y Pérez (2014), con su estudio de tesis denominado: Drenaje y subdrenaje en carreteras, teniendo como objetivo general: La definición de cuán importante es el/los dispositivos del drenaje, de igual manera en respecto al sub drenaje que brinde mayor durabilidad y un óptimo desempeño de las vías. La metodología de su investigación fue de un alcance cuantitativo, llegando a las siguientes conclusiones: En conclusiones se enfatizó que son necesarios aquellas estructuras de drenaje y subdrenaje en construcción de caminos, permitiendo el mantenimiento de dicha estructura. De este modo conforme a la amplitud del plan de trabajo para su diseño a futuro y construir tal sistema se tomó como bases investigaciones de meteorología, suelos, ecológico e hidrológico; con el propósito de aminorar el impacto negativo al ambiente reduciendo la erosión derivada de la permuta de la vertiente.

Alvarado y Naranjo (2012), con su estudio de tesis denominado: Diseño del subdrenaje vial en la vía la Tranca-Tambo Viejo de 3.6 km. Teniendo como objetivo general: El análisis y establecimiento de la necesidad y/o superior disyuntiva en subdrenajes del sector ente de investigación, y de ese modo destacar los sectores donde haya la necesidad de implantación de subdrenes en lo que respecta a los 3.6 Km del tramo vial con la que se expuso una disyuntiva para el progreso del estado actual de la vía estudiada. La metodología de su investigación fue cuantitativo descriptivo. Llegándose a concluir lo siguiente: Con el sentido de realizar dicho trabajo, es primordial la realización de un estudio granulométrico minucioso, esto porque será así que se definió que clase de material filtro se instalara, y como resultado la red eficaz de subdrenaje fusionado en el área propuesta. Fueron dos muestras las que se obtuvieron, llegando a las siguientes conclusiones: En cuanto al ejemplar A, (Km 0+000 al Km 1+715) la filtración del área de fundación (K) obtuvo un valor de 0.00085 cm/seg, un Cu (coeficiente de uniformidad) un 58.37 y el D85 en 10.47 mm, mientras que el D60 con 4.39 mm, el D50 dando 1.90 mm, el D15 en 0.22 mm y por último el D10 igual a 0.08 mm. En cuanto al ejemplar B, (del Km 1+715.00 al Km 3+590.00) la filtración del área de fundación (K) valorizada en 0.00085 cm/seg y el Cu de 28.77 (D85 = 16.06 mm, D60 = 4.81 mm, D50 = 2.06 mm, D15 = 0.25 mm y D10 = 0.17 mm). Fue determinada el ímpetu del diseño por un lapso de regreso pluvial de veinticinco años equivalente a 38.2 mm/hr, proporcionado por INAHMI. Fueron quince tramos con los que se trabajó, pero solo aquellas cinco iniciales se utilizaron (Km 0+480.00 al Km 0+940.00), fue determinada el lugar del subdren a un solo extremo de la carretera y el resto fue adherido a los dos extremos del 1+715.00 al 3+590.00. Aparte como resultado de los 3 tramos que corresponden a la parte transversa del subdren, agrupada de la forma consiguiente: Se tuvo la primera sección, (Km 0+480.00 al Km 0+940.00) con un largo de 460m en total, de igual modo los siguientes valores para dimensión: Anchura de 60cm y profundidad de 120cm en subdren, conforme a las características del geotextil: Corpulencia de la hendidura ( $\Theta_{95}$ ) de valor 28.90 cm, en cuanto a la capacidad de filtración en 0.0085cm/s, fue utilizada una variedad de geotextil sin tejido con un largo (Lt) valorizada en 390cm y 51% para porosidad. Asimismo, se obtuvo los consiguientes peculios para filtro: D85F (63 mm), D60F (50 mm), D50F (37.5 mm), D15F (4.75 mm), D10F (3 mm) y

un diámetro de tubo ( $\varnothing$ r) equivalente a 110 mm. Para la segunda sección, (Km 1+715.00 al Km 3+080.00) con un largo de 1005m en total, figuraron las medidas consiguientes: anchura de 60 y profundidad de 160cm del subdren, conforme a las características del geotextil, el Tamaño de la abertura ( $\Theta=95$ ) fue determinada en 18.80 cm, filtración del geotextil (kg) con 0.0085 cm/s, al igual que el primero se usó uno no tejido con un largo proporcional a 470cm y un 51% para porosidad. Asimismo, se recaudaron las características del filtro con los valores de D85F en 50mm, D60F en 37.5mm, D50F en 37.5mm, D15F en 12.5mm, D10F con 2mm y por ultimo un 110mm de diámetro de la tubería ( $\varnothing$ r); para la tercera sección (Km 3+080 al Km 3+590) con una extensión de 317 metros al menos, se consiguió dimensiones valorizadas con un ancho de 60cm y una profundidad 160cm para el subdren, en cuanto a las cualidades del geotextil, fue determinada la capacidad de la abertura ( $\Theta=95$ ) de 18.80cm, una permeabilidad para el Geotextil (kg) de 0.0085 cm/s, al igual que en las anteriores secciones un no tejido con una extensión 390cm y un 51% en porosidad. Así como también las cualidades del D85F igual a 50 mm, D60F igual a 37.5 mm, D50F igual a 37.5 mm, D15F igual a 12.5 mm, D10F igual a 2mm y también el diámetro del tubo ( $\varnothing$ r) con 160mm. Las dos clases de secciones equivalen a 60 cm\*120 cm, mientras que para sectores predeterminados con de 60 cm\*160 cm por sección.

Monrroy (2010), con su estudio de tesis denominado: Diseño de sistemas de subdrenajes con elementos filtrantes en obras viales. Teniendo como objetivo absoluto: Un análisis de la conducta del geotextil no tejido en su aplicación como filtro dentro de un sistema de subdrenaje con variadas clases de suelo. La metodología de su investigación fue cuantitativa. Llegando a las siguientes conclusiones: Se obtuvo la muestra n°1 un suelo arcilloso limoso con visibilidad arenosa color marrón, su clasificación conforme a la SUCS se ubicó en arenas arcillosas (SC), dando valor a sus respectivas ( $D_{10} = 0,015$  mm,  $D_{30} = 0,045$  mm,  $D_{60} = 0,25$  mm y  $D_{85} = 1,00$  mm), un 16,67 para su coeficiente de uniformidad y un 0,54 para su coeficiente de curvatura. Para la muestra N°2, se recaudó un suelo arenoso limoso de coloración beige, su clasificación en la SUCS se dio como arena limosa (SM), dando las mediciones respectivas para sus componentes ( $D_{10} = 0.037$  mm,  $D_{30} = 0.10$  mm,  $D_{60} = 0.38$  mm y  $D_{85} = 2.10$  mm), un 10,27 para su

coeficiente de uniformidad y 0,71 para el coeficiente de curvatura. En la muestra N°1 fue determinada un 28,16% de humedad en correspondencia al límite líquido y un 14,97% para el límite plástico, se obtuvo un 13,1% para el índice de plasticidad, respectivamente con el ensayo de ATTERBERG (Límites de consistencia de Atterberg). Finalmente, para el ensayo de permeabilidad, en la muestra N°1 se logró un  $(K_t) = 0.00015 \text{ cm/s}$  para el coeficiente de permeabilidad, de valor  $(i) = 7.74$  para el gradiente hidráulico, por otro lado, en muestra N°2 fue proporcionada permeabilidad en su coeficiente  $(K_t) = 0.00257 \text{ cm/s}$ , de 7,74 para su gradiente hidráulico. Del mismo modo, conforme a las cualidades del geotextil no tejido, la cifra de colmatación es baja, motivo por el que su accionar como filtro es mejor, porque evita las obstrucciones de los poros del geotextil, mejorando así la porosidad del suelo y por última instancia en concordancia con la apertura de suspensión, la abertura aparentemente de la dimensión indemniza con lo necesitado, por el motivo de que se necesite impedir la exposición de migas de suelos en dirección al drenaje, la cifra obtenida fue inferior a la presentada por el geotextil desempeñando de esa forma con lo concretado del material.

Díaz, Escobar y Olivio (2009), con su estudio de tesis denominado: "Aplicación de los geosintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras". Teniendo el propósito principal: Dar la investigación de utilidad de geosintéticos en la realización de construcciones de vías e investigar la diversidad de materia prima que hay y sus aplicaciones en donde se puedan hacer uso a manera de solucionar irregularidades que surjan construcción de las mismas. La metodología de su investigación fue cuantitativa. Llegando a concluir lo siguiente: Se halló 2 opciones para solucionar el problema fue usando algún geosintético en las estructuras del subdrenaje en carreteras, los cuales son la primera: el método característico de geotextil con materia granulosa como filtro y el otro método de geocompuesto drenante. Ambas metodologías, dieron una vida útil para que el pavimento estructurado acreciente continuamente, manteniendo las inferiores capas, lo mínimo de exposición a saturarse; cuya finalidad principal fue la de eyección de agua, en primera, el geotextil actúa de un impedimento imposibilitando que la grava se contamine al filtrar, mientras tanto para el caso del geodrén se

ejerció una ocupación de dirección para transporte del agua en su llano direccionada hacia el conducto.

Pu (2010), con su tesis de estudio denominado: Drenaje y protección de estructuras por medio de geocompuestos. Portando el propósito general: Dar una propuesta de culminación de un régimen drenante basada en geocompuestos, a modo de proteger la estructura. La metodología de su investigación fue cuantitativo no experimental. Se llegó a los siguientes desenlaces: Estos sistemas se difieren de los demás debido a que el drenado se dio en función de geocompuestos que avalen un deslizamiento incesante de agua derivado del suelo superficial, certificando la viabilidad del sistema de drenaje en su incorporación, obstruyendo la soltura de selectos del sistema de deyección de agua. De igual manera, en la construcción de obras que estén en cercanía con el manto freático, es ineludible minimizar y apartar las aguas de esta, suministrando los sistemas de drenaje basado en geocompuestos un recurso sencillo y viable, consiguiendo la concavidad del manto freático a niveles determinados con anterioridad.

## **2.2. Teorías relacionadas al tema.**

### **Carretera:**

“Se define como el camino dirigido al tránsito de automóviles mecanizados de al menos dos ejes, con peculiaridades geométricas, así como la pendiente prolongada, sección transversa, la transversal, plano de rodadura y además compendios de la propia, deberán desempeñarse con las pautas técnicas en vigencia con respecto al MTC” (MTC, 2018, p. 10).

### **Derecho de Vía:**

“Se refiere a la faja terrenal de anchura inconstante dentro de la que se comprende la carretera y aquellos componentes que la integran, bienes, sectores previstos para próximos trabajos de ensanchamiento o alguna mejora, y áreas de seguridad para el usufructuario” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 11). Podemos definir al pavimento como el cumulo de capas, que tiene como función principal la de brindar un área de rodillo parejo, de coloración y contextura apropiadas, con resistencia al ejercicio de tránsito, a la de intemperie y demás

factores nocivos, así como transmisión adecuada a las superficies aquellos bríos producto de las cargas asignadas por la circulación (Rico y Del Castillo, 2005, p. 55).

### **Infiltración:**

Es la tendencia que tiene el agua en el suelo así como ciertos líquidos de a través de sus poros que yacen interrelacionados, serán por donde fluirá el agua de los sitios de mayor energía hacia aquellos de menor energía. La conceptualización en sí se refiere a la inclinación del agua por medio de planicie interna de la tierra. Dicho corriente de agua no es igual en lo que respecta al área total perpendicularmente al flujo, dicho así los mecanismos horizontales y verticales de la velocidad serán alternados de un sitio a otro en el área transversal de la abundancia de suelo.

A su vez se trata de un parámetro físico el cual permite la cuantificación de la suma de láminas de agua que se encuentran atravesando los huecos de poros en el terreno, en un lapso dado. Aquellos con suelos de textura gruesa poseerán cánones de infiltración mayores que los de texturas más finas, porque la existencia de huecos porosos de mayor volumen permitiendo más caudal del ingreso del agua en la tierra. Incluso, en el caso de que el suelo presente inferior cantidad de humedad, su tasa de infiltración sería mayor al existir superior número de aberturas (Braja M, 1985, p. 79).

De igual manera hace diferencia entre la permeabilidad con la infiltración. Para el autor, la filtración del suelo es un parámetro inverso a la invasión y es medida por medio de la cuantificación de conductividad hidráulica. La misma que consiente la medición del posible movimiento del agua al interior de los suelos. Es así que, se encuentran superiores cantidades de conductividad hidráulica en el caso de que el suelo este repleto en lo que todos los espacios porosos estén llenos de agua y presente mínimo en el caso de que los poros estén insaturados. Se debería a que en un suelo de este tipo, los granos absorben la mayor parte del agua en sus capacidades, por lo mismo que el agua que ingresa tiene una fluidez más fácil (Braja M, 1985, p. 79).

**Permeabilidad:**

Según (Whitlow, 199, p. 111), “conceptualizan este termino como una cualidad que se le atribuye al suelo cuando permite el movimiento de agua en su cuerpo, sin alterar su estructura internamente. Dicha propiedad se determina de manera objetiva por medio de la exigencia de un gradiente hidráulico ubicada en un sector corporal y a lo extenso de su camino determinado. Un suelo se considera permeable solo si permite el paso por medio de este, cierta masa apreciable de agua en un intervalo definido e impenetrable en el caso de que el tamaño de agua sea insignificante”.

“Este concepto incluye la dependencia de varios factores como la Viscosidad del flujo, el como se encuentran distribuidos los poros por sus tamaños, la granulometrica, tambien los vacios relacionados, pliegue de la partícula mineral y nivel saturado de los suelos. En el tipo arcilloso, su estructura realiza una tarea fundamental dentro de la permeabilidad. Algunos otros aspectos superiores que influyen en la permeabilidad del tipo arcilla serian la concentracion ionica y grosor de cada capa de agua adherida a las granulaciones arcillosas” (Braja M., 1985 pág. 83).

**Pavimento:**

Dicho de otro modo, este concepto no es más que una súper estructura de vía que posibilite el tráfico de vehículos de una forma cómoda, segura y económica presentida por el plan. La materia prima empleada en tal edificación de este pavimento ofrece una variedad amplia de sucesos; es por tal que, esta distribución logre conformarse por capas variadas. Tales capas resultan ser construidas por un material seleccionado sometido a varios procedimientos; y su extensión de rodadura pueda ser una cubierta de asfalto, losa de concreto hidráulico, incluso estar conformada por acopios de materia pétreo compactada. La tecnología actual ofrece una progresión multidiversa de unidades estructurales desiguales y pende en mayor proporción de las circunstancias y amonestaciones del plan para hacer la elección adecuada para el diseño. Por consiguiente, en la figura 2 se observa una distribución representativa del pavimento como mecanismo distributivo.

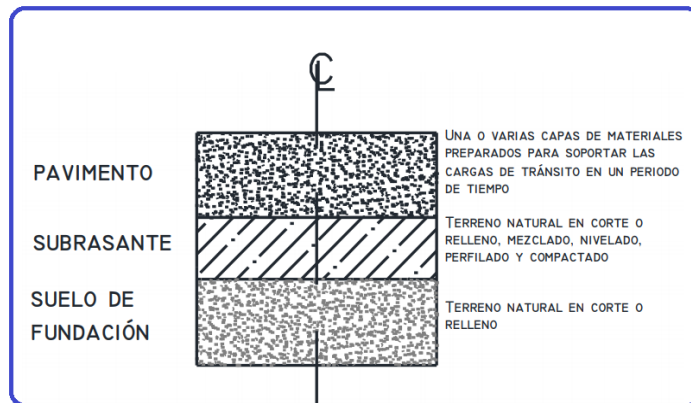


Figura 1. Distribución representativa del pavimento.

Fuente: (Vivar Romero, 1995).

### Clasificación de los pavimentos:

La clasificación de los pavimentos, según (Vivar Romero, 1995, p. 12), estos podrían ser clasificados, de forma general, en concordancia a los parámetros a continuación:

1. Calidad del material empleado en la edificación: asegurados, afianzados, comprimidos o mezcolanzas de asfalto y de cimentación portland.
2. Clase de demanda que tolerarán a lo extenso de su vida de prestación o la usanza al que estará destinado (urbanos, industriales, de carreteras, de aeropuertos, o deportivos).
3. Periodo de existencia para el que son trazados y erigidos ya sean temporales o definitivos.
4. Representación con la que distribuyen las imposiciones terrenales: Rígidas, dúctiles y semirrígidas. Los dos primeros estarán dentro del tema de estudio en lo que respecta al desarrollo de la tesis presente.

Aunque las designaciones de rígido y flexible consideraran tener correlación con las aptitudes de los aglomeraciones de hormigón portland y pavimento esgrimidos en la elaboración de los dos pavimentos individualmente, tiene la posibilidad de hallar pavimentos asfálticos con gran grosor, lo que les otorga una dureza superior a la estereotipada; del mismo modo es viable la apreciación de los pavimentos de concreto con refuerzo y en algunas losas fijadas de cemento portland, hendeduras,



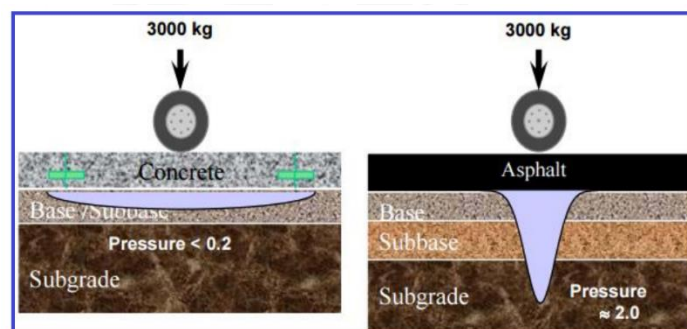
lo que señala una conducta dúctil que prorroga enormemente desde el accionar riguroso para el que aparentemente existieron y fueron diseñadas.

### **Pavimentos flexibles o rígidos:**

Son aquellos que por el carácter en que comunican los arranques e imperfecciones a aquellas inferiores capas las cuales penden de la correlación de rigidez relativa de cada capa. Uno flexible transfiere esfuerzos condensados en una diminuta seccion, a diferencia del rígido el cual intercambia los esfuerzos a un sector superior (Menéndez Acurio, 2012, p. 113).

### **Distribución de presiones en pavimentos:**

A continuacion en la figura 3 se ve ilustrada de acuerdo a los principios de la distribución de presiones correspondientes a los pavimentos flexibles y rígidos. Se entiende que en definiciones de módulo de flexibilidad, la asociacion de un pavimento flexible con el suelo de subrasante el que lo sostiene pasa a ser del orden 4 a 1, asimismo esa idéntica asociacion aumenta en un aproximado de 265 a 1 para el tema de pavimento rígido.



*Figura 2.* Principio de distribución de presiones en pavimentos.

Fuente: (Vega P érrigo, 2018, p. 7)

### **El pavimento flexible:**

En el caso de ser similar en elasticidad a la del suelo, reúne las imposiciones bajo el lugar de tensión que sera el área diminuta distribuida en carga, ocasionado por la debil resistividad a la incisión de la subrasante; esto incita a coacciones enormes en la institución del asfalto. Por su elevado módulo de flexibilidad el pavimento rigido con respecto del suelo, dispersa las cargas en una gran planicie ocasionando, como precedencia, minimas coacciones sobre el establecimiento del pavimento. En

cuanto a los flexibles se trata de estructuras con capas consentidas por materia cara de gran calidad en la seccion privilegiada donde el esfuerzo es alto y material barato y de calidad deplorable en la seccion inferior ocasionado por el degrade del esfuerzo con la depresión de capa. El sector pavimentario flexible se conforma, iniciando con la seccion elevada, dela forma siguiente: capa de sellado (Seal coat), capa de rodadura (surface course), riego de liga (tack coat), capa aglutinante (binder course), capa de imprimación (prime coat), base (base course), subbase (subbase course), subrasante (compacted subgrade) y el suelo de fundación (natural subgrade) (Vega Pérrigo, 2018, p. 8). En la figura 4, se visualizara por consiguiente la apreciacion de la sección explicada.

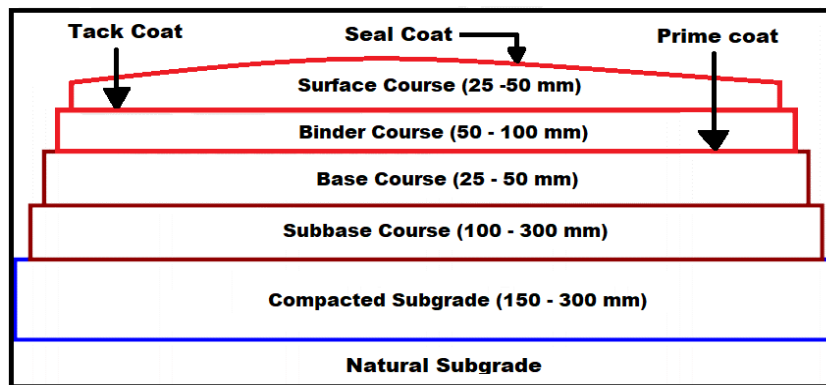


Figura 3. Sector del pavimento flexible.

Fuente: Fuente: (Vega Pérrigo, 2018, p. 7)

### Trocha carrozable:

“Se trata de la vía transitable, que incumple las peculiaridades rigurosas de un camino vial, y que habitualmente poseen un índice intermedio cotidiano periódico inferior a 200 veh/día. Los empedrados deberán contar con una anchura mínima de 4,00m, en tal situación será construida con extensiones denominadas “plazoletas de cruce”, con una distancia aproximada de 500m. Puede ser afirmada o sin aseverar en la medida de rodadura” (MTC, 2018, p. 13).

### Plano topográfico:

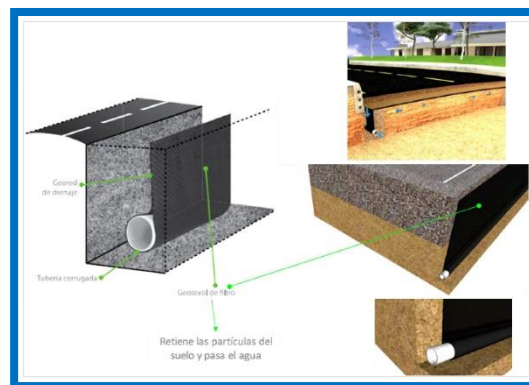
“Se trata de la representación esquemática del terráqueo, de sus detalles, así como el sistema hidrográfico, de las subestructuras y construcciones acentadas, colocadas por acción humana. El relieve de la topografía modela las extensiones horizontales así como de diversas cotas o prominencias de los factores

personificados en el llano por medio de curvas de nivel a escalas provechosas para ser interpretadas por el especialista y de igual forma para la adecuada grafía del camino y de los diferentes estructoss que lo conforman” (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2008, p. 174).

### **Tipología y obras de drenaje y subdrenaje en vías:**

(Pulecio Díaz, 2015, p. 23), en su publicación sobre las tipologías en obras de vías de subdrenaje y drenaje, menciona que el geodren vial es una es un alternativo a las cotidianas estructuras de drenaje y se conforma por un geodren llano, un conducto corrugado agujereado para el dren y guijarros seleccionados.

Como aprecimos en la figura 5 al diseño del geodren como tipologia de obras de drenaje y subdrenaje.



*Figura 4. Diseño del geodren.*

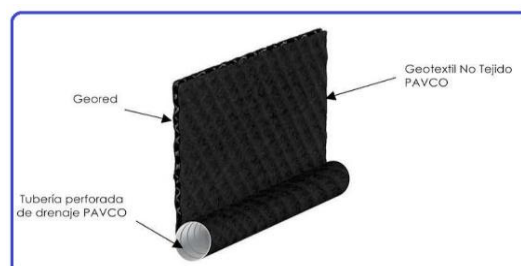
Fuente: (Pulecio Díaz, 2015, p. 24)

(Geosistemas, PAVCO, 2012), Geosistemas PAVCO S.A. ha investigado y dado análisis desde hace ya hace veinte años, el comportamiento de los geosintéticos dirigido a varios usos, realizando transformaciones de tecnología y fomentando proyectos de indagación que extiendan el discernimiento en el área de los geosintéticos con el fin de proporcionar diariamente mercancías que verifiquen los más altos estándares de calidad mundialmente. En la 9na edición del manual de manual de diseño con geosintéticos en el capítulo 10, Sistema de dren con geodrén, en la página 251, menciona que para realizar un buen diseño usando geodrén se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Instituir el lugar y/o lugares más provechosos en los que haya la necesidad de captación de fluido.

- ✓ Estimación del caudal severo en un sector de esquema, la cual se conforma por la suma de todo caudal integrado que provenga del agua del subsuelo e infiltrada por superficie.
- ✓ Establecimiento del geotextil a utilizar en el sistema. La aplicación de geotextiles está desplazando peculiarmente aquellos sistemas habituales de filtrado, ocasionado por el primordial incremento de la duración de vida del sistema de drenaje, habilidad de fundación y disminución del coste total de la edificación. Para adiconar, el geotextil es material de buena calidad fabricado conforme a técnicas normalizadas, con el propósito de conseguir una resistencia mecánica y propiedad hidráulica establecida a base de normas universales.
- ✓ Establecimiento del sistema de deyección del líquido que sea captado por el geodren. Sera de necesidad que este sistema posea una tubería específica para drenar.

En la figura 6, Se visualiza el esquema de geodren Vial recomendado por la empresa PAVCO en su manual de diseño con geosinteticos.



*Figura 5. Diagrama de geodren Vial.*

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

### **Obras de subdrenaje:**

(Ministerio de Transportes e Instituto Nacional de Vias, 2008), En su catálogo de proyectos geométricos de carreteras, conceptualiza a los planes de subdrenaje como subestructuras de diseño para la reducción de masa de fluidos de las superficies con el fin de lograr la fijeza de taludes y el trayecto horizontal del camino capacitando el descenso de la capa freática”

### **Geodren:**

(Suarez, 2006, p. 448), Suarez indica en su investigación que el geodren se compone de 3 factores iniciales como el **Geotextil**, la geored se enrolla alrededor del geotextil, que desciende al trabajo de filtrante que imposibilita el envío de partículas de la tierra en dirección del geored(s) y a que a la vez proporciona la expulsión del agua. **Geored**, se trata de una malla con características sintéticas formando unas canaletas y permitiendo la escapatoria del agua. **Tubería**, esta ubicada en el sector interno de la geored, lugar donde se envuelve por el geotextil. La clase podría ser de policloruro de vinilo (PVC) porosa específica para los subdren(es), con la función específica de llevar y traer el agua que se colecta en el geodren.

### **Sistema de subdrenaje:**

Según Geosistemas, PAVCO, 2012, en su manual de diseño geosintético determina los métodos permitirán la implementación de un buen esquema del subdrenaje haciendo uso de geodrén, por lo que he de conseguirse lo siguiente:

- ✓ Definición del sitio o sitios aptos, en los que se pueda realizar la captación de fluido.
- ✓ Deducir el caudal crítico respectivo para la sección estudiada.
- ✓ Trazar dimensiones del área transversa del geodren, permitiendo la conducción del caudal obtenido por medio de los aportes con una resolución óptima de deyección y con ello realizar el establecimiento de cantidad de georedes que dirijan el caudal fijado.
- ✓ Poseer una óptima de filtración, lo que permitirá afirmar una duración útil del pavimento a través del sistema de drenaje.
- ✓ Instalación del sistema de deyección que perciba el geodrén, preexistiendo un conducto particular para los subdrenajes.

a) "Sitios en los que se recogería el fluido. En donde los ejes del subdrenaje, son deslizados con el propósito de permitir la intercepción del agua en lo más perpendicular posible, eso quiere decir, que en aquellos sectores donde la tendencia longitudinal es superior a la del bombeo, es por eso, es eficiente la implementación de subdrenajes transversal; ya que el fluido transitará en dirección de pendientes en total" (Geosistemas, PAVCO, 2012).

b) Evaluación de los caudales diseñados. El caudal final se constituye por aquellos caudales aportados, correspondiendo a los subsiguientes:

- ✓ Infiltración de aguas de precipitación.
- ✓ Pérdidas de niveles de aguas subterráneas.

### **Enfoques Conceptuales:**

Con una finalidad de realizar proyecto de un sistema de subdrenajes, empleando geodren fue requerida las siguientes definiciones tales:

#### **Geodren PAVCO**

El manejo del geodren PAVCO se considera como una alternativa atractiva en el tratamiento de aguas ya que permitirá la captación y conducción de una forma eficaz y veloz, consiguiendo disminuir considerablemente el intervalo de cimentación de los subdrenes debido a su fácil disposición. Dando como consecuencia una rebaja de coste en comparación a otras alternativas habituales reemplazando el usufructo y envío de materia pétreo no renovable, acortando el gran impacto ambiental generado (Geosistemas, PAVCO, 2012 p. 251).

#### **Elementos básicos del geodren:**

Una vez envuelta la geored en el geotextil, procederá a desempeñarse como filtrante que impedirá la carga de materia de la tierra dirigidas a la geored y su vez permitirá fluctuación del agua hacia afuera. Esta geored no es más que una malla sintética de elaboración en la que se generan unas canalejas que permitirán la expulsión de aguas. La tubería está ubicada en el área inferior de la geored, lugar donde se envuelve por la geotextil. La clase puede de ser PVC porosa especifica en subdrenes, cuyo propósito fundamental llevar y traer el agua recolectada mediante la geored (Suarez, 2006, p. 448).

En base al catálogo de diseños con geosintéticos, PAVCO (2012), se instituye un método que permitirá la realización de un esquema de sistema de subdrenaje haciendo uso del geodrén, por lo que se deben seguir ciertas cuantificaciones técnicas:

### a) Lugar de captación de fluido

Deben estar ubicados de modo que obstruyan el agua en lo más perpendicular que se pueda.

### b) Cálculo para el diseño del caudal.

Este caudal terminal está conformado por aquellos caudales de contribución, correspondiendo a los subsiguientes:

- ✓ Caudal generado por infiltración de agua de precipitación.
- ✓ Caudal generado por el abatimiento del flujo de agua en la parte subterránea.

Aplicamos la siguiente fórmula para hallar el caudal generado por la infiltración:

$$Q_{inf} = I_r * B * L * F_i * F_r \quad (1)$$

De lá formula (1)

$I_r$  : Precipitación máxima horaria de frecuencia anual.

$B$  : Para subdrenos longitudinales,  $B$  es la semibanca, caso de subdrenos transversales.

$L$  : Longitud del tramo de drenaje.

$F_i$  : Factor de infiltración. (Ver Tabla 2).

$F_r$  : Factor de retención de la base. (Ver tabla 3)

En la tabla 2, se muestra los valores recomendados para  $F_i$  para hallar el caudal generado por Infiltración.

**Tabla 2.** Valores tipo de carpeta  $F_i$

$F_i$	Tipo de carpeta
0.67	Carpeta de concreto de cemento portland.
0.50	Carpeta asfáltica pobremente conservadas.
0.30	Carpeta asfáltica muy bien conservadas.
0.40	Carpetas asfálticas normalmente conservadas.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

En la tabla 3, se muestra los valores recomendados para  $F_r$  para hallar el caudal generado por Infiltración.

**Tabla 3.** Valores de bases  $F_r$ .

$F_r$	Tipo de Base
1/3	Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años
1/2	Bases de gradación abierta, en servicio menos 5 años
1/4	Bases bien gradadas, en servicio 5 años a mas
1/3	Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o mas

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

**Caudal por abatimiento del nivel freático**, es calculado en función de los parámetros a continuación:

$$Q_{nf} = K * i * A_a \quad (2)$$

$$i = \frac{N_d - N_f}{B} \quad (3)$$

$$A_a = (N_d - N_f) * L \quad (4)$$

De la formula (2), (3) y (4).

Donde:

$K$  : Es el coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.

$i$  : Es el gradiente hidráulico.

$N_d$  : Cota inferior del subdrén.

$N_f$  : Cota superior del nivel freático.

$A_a$  : Es el área efectiva para el caso de abatimiento del nivel freático.

$B$  : Para subredes longitudinales,  $B$  es la seibana de la vía. Para el caso de subdrenes transversales,  $B$  es la distancia entre subdrenes.

En la estimación de valoración de los caudales de contribución, el caudal del diseño es calculado por medio de la formula a continuación:



$$Q_T = Q_{inf} + Q_{nf} \quad (5)$$

De la ecuación (5),  $Q_{inf}$  viene a ser el caudal ocasionado por infiltración de lluvia y el  $Q_{NF}$  vendrá a ser caudal derivado del desgaste del nivel de agua subterránea.

### **c) Evaluación del geotextil.**

#### **Criterio de retención ( $TAA$ )**

Este aspecto asegurara que los espacios consigan ser adecuadamente chicas para impedir el desplazamiento del suelo dentro del contorno drenante o en dirección de la salida.

Con respecto a lo consensuado en geotextiles engineering catálogo de la Federal Highway Administration (FHWA) y asentados en discernimientos de suspensión de Christopher y Holtz (1989), Carroll (1983), un geotextil ha de condicionarse con lo siguiente:

$$TAA < D85 * B \quad (6)$$

De la expresión (6),

$TAA$  : Tamaño de abertura aparente, dígito dado por el fabricante, respecto a la abertura de poros libres mostrado en milímetros, determinado a través del ensayo.

$D85$  : Tamaño de partículas, estipulado en mm. correspondiente al 85% del suelo tamizado ASTM D475.

$B$  : Coeficiente entre (1 y 3), según el tipo de suelo.

#### **Criterio de Permeabilidad**

“El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por la cual, el geotextil permitirá un paso de flujo adecuado de forma perpendicular en dirección del plano del propio” (Geosistemas, PAVCO, 2012, p. 257).

Tal propiedad es calculada poseyendo en función a las subsiguientes circunstancias:

En la que el flujo es laminar y erosionables en suelos finos, que cuenten con proporciones de finos que no superen los 50%:

$$k_g > k_s(7)$$

Dónde: (7)

$K_g$  = Permeabilidad del geotextil.

$K_s$  = Permeabilidad del suelo.

En la que el flujo es crítico, que muestra altos gradientes hidráulicos y en búsqueda de la reducción de la colmatación, desempeñando la condición a continuación:

$$KG > 10 * KS \quad (8)$$

La expresión (8), del material filtrante ( $KG$ ) su permeabilidad necesita ser superior al del terreno ( $KS$ ) por 10 veces.

Se recomienda la instalación de un revestimiento de arena media a gruesa.

### **Criterio de Colmatación**

“Con este criterio es considerado la existencia de ser posible las tapaduras de algunos poros por sedimentos de materias de tierra, dando como acontecimiento que la permeabilidad disminuya, es por eso que el geotextil tiene que poseer un porcentaje menor de poros vacíos” (Geosistemas, PAVCO, 2012 pág. 258).

“Aquellos geotextiles con mayor resistividad de colmatación, serían los No Tejidos punzonados por agujas, por lo que la tapadura de los huecos tiene una baja probabilidad esto se debe al grosor con la que cuentan y las altas valencias de porosidad con la que cuentan. Los geotextiles No Tejidos se unen por calandrados o temperatura, de menos grosor y rigidez, motivo por el que son parecidos con los geotextiles tejidos en comportamiento” (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 258).

### **Criterio de Durabilidad**

El criterio está basado en la resistividad con la que debe contar un geotextil en el trayecto, ya sea por asalto de intemperismo, biológico o químico.

Los geotextiles no son biodegradables ya que son a base de un material de polipropileno, por el contrario, son de resistencia a los ataques químicos (por ejemplo, en el manejo de lixiviados).

“No es recomendable la utilización de estos en estructuras drenantes ubicados en lugares donde vayan a estar en exposición a rayos ultravioleta durante un intervalo extenso. En el caso de que por motivos la instalación de estos deba estar en exposición a los rayos UV, tendrán que ser de fabricación con materiales que resistan la degradación de rayos ultravioleta cuando sean expuestos a estas” (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 258).

#### **d) Cálculo hidráulico para la escogencia del geodren:**

##### **Evaluación de la permeabilidad del sistema**

“En las situaciones que sean involucrados suelos con alta permeabilidad y en forma usual de este geocompuesto en respecto al medio filtrador para un grande caudal, debe ser revisada la cantidad de fluido volumétrico pudiendo atravesar la unidad de área o tasa de flujo, en dirección habitual del geodrén, en comparación con la masa de flujo volumétrico en evacuación por metro rectilíneo” (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 258).

Se ha de calcular por medio de la ecuación siguiente:

$$\psi = k/t \quad (9)$$

De la formula (9) Donde:

$\psi$  : Permeabilidad  $S^{-1}$

$k$  : Permeabilidad del geo compuesto (mt/seg.)

$t$  : Espesor del geotextil de una cara del geocompuesto (m)

En estimación del caudal a ser transportado por el medio filtrante, es calculada la permitividad requerida del geotextil, por medio de la formula “Darcy”:

$$Q = k * i * a \quad (10)$$

$$Q = k * \frac{\Delta h}{t} * a \quad (11)$$

$$\psi_{req} = Q/(\Delta h * L) \quad (12)$$

De la formula (10), (11) y (12)

- $\Psi_{req}$  : Permitividad requerida del geotextil.
- $Q$  : Caudal total a evacuar.
- $\Delta h$  : Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del geodrén.
- $a$  : Área conformada por la cara perpendicular a la entrada del caudal.
- $h$  : Altura del geodrén.
- $L$  : Longitud del tramo de drenaje en consideración.

**e) Evaluar la permitividad admisible:**

Derivada mediante la permitividad concedida por el fabricante (norma ASTM D4491- INV E-905), fraccionada por unos componentes de descenso.

$$\Psi_{adm} = \frac{\Psi_{ult}}{FR_{scB} * FR_{cR} * FR_{in} * FR_{cc} * FR_{Bc}} \quad (13)$$

De la formula (13)

- $\Psi_{adm}$  : Permitividad admisible.
- $\Psi_{ult}$  : Permitividad ultima, entregada por el fabricante.
- $FR_{scB}$  : Factor de reducción por colmatación y taponamiento.
- $FR_{cR}$  : Factor de reducción por crep o fluencia.
- $FR_{in}$  : Factor de reducción por intrusión.
- $FR_{cc}$  : Factor de reducción por colmatación química.
- $FR_{Bc}$  : Factor de reducción por colmatación biológica.

Estime el factor de seguridad global:

$$F_{sg} = \Psi_{adm} / \Psi_{req} \quad (14)$$

$$F_{sg} > 1.0$$

**Diseño del número de geored(es):**

Se trata del medio permeable que se encarga de la captación y transporte de fluido que atraviesa el geotextil. Por lo que se recomienda usar un Geored con ello será más que suficiente.

El geotextil concederá la venida del total de caudal total en el sistema, debe de comprobarse la masa del geodren con el fin de proporcionar el flujo volumétrico en su llanura (tasa de flujo) y es evidenciada por medio de la fórmula de “darcy”.

$$Q_t = k * i * a \quad (15)$$

$$Q_t = k * i * (W * t) \quad (16)$$

$$Q_t = (k * t) * i * W \quad (17)$$

$$Q_t/W = (k * t) * i \quad (18)$$

$$q_w = \theta * i \quad (19)$$

De la formulas (15), (16), (17), (18) y (19).

$q_w$	:	Tasa de flujo, expresada en $3 /s - m$ .
$\theta$	:	Transmisividad requerida. ( $m^2/s$ )
$i$	:	Gradiente hidráulico
$Q_t$	:	Caudal total estimado
$W$	:	Ancho del geocompuesto.

La evaluación de la transmisividad disponible en el sistema, y que es fraccionada por componentes de seguridad:

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FS_N * FS_{CR} * FS_{CC} * FS_{BC})$$

Se denomina como el final factor de seguridad y se consigue por medio de la siguiente:

$$FS = q_{disponible} / q_{fabricante}$$

Debe tenerse en consideración que el parámetro debe ser mayor a 1 como factor de seguridad final, de lo contrario deberá ser incrementada el volumen de geored.

#### **f) Sistema de captación del geodren para la evacuación de líquidos.**

Una vez captados los fluidos, fueron evacuados consecutivamente; es por eso que en el instante donde deba ser determinada la clase de tubería y diámetros a usarse, se debe tener presente ciertos aspectos:

- ✓ La tubería debió contar con un volumen preciso para la capacidad de impregnarse o recolectar el caudal de plano.
- ✓ Se debió poseer volumen de transportación del caudal de total de diseño.

Con el fin de dar clasificación y definir la porosidad de las diversas clases de tierra, de ese modo se pudo realizar la evaluación del procedimiento de la relación suelo y la relación filtro del sistema de permeabilidad aplicadas a estudios de laboratorio del análisis granulométrico, donde se aplicó las siguientes normas MTC E-107, ASTM D 422; para determinar los límites de consistencia de Atterberg y el coeficiente de permeabilidad, se aplicaron las siguientes normativas MTC E 906, ASTM D 2434) con la finalidad de lograr un excelente diseño y logrando mejorar el sistema de subdrenaje.

Por otro lado, para determinar el ensayo granulométrico por tamizado se usaron las siguientes normas: MTC E-107 y ASTM D 422, puede determinar los diámetros característicos como el D85, D10 y D60, donde la definición de "D" hace referencia a la dimensión del grano y el subíndice en 10, 60 y 85, representado en porcentajes de materia más fina.

Se menciona en el Manual de Suelos y Pavimentos (2014, p. 42), que los límites de Atterberg establecen el accionar de la tierra a base del contenido de agua, se detalla en consistencia (tres estados), y se presenta en estados (líquido, plástico o sólido). De igual manera, permitirá la medición de cohesión del terreno.

El límite líquido (LL), es dado en el momento que el suelo entra en estado un estado plástico desde uno semilíquido y de este modo se obtiene el punto de moldeado y el límite plástico (LP) surge en la situación de pasar a un estado semisólido de un estado plástico y se quiebran por su estado actual.

### III. METODOLOGÍA.

#### 3.1.- Tipo y diseño de investigación:

##### **Método de investigación**

La metodología del estudio es el nivel de estudio que abarca la representación, análisis, observación e interpretación del medio y magnitud de la investigación (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.95).

El método que se utilizó en la presente tesis de investigación es de carácter empírico; para nuestro diseño un sistema de subdrenaje con geodren se recolecto datos topográficos, se realizó estudios de mecánica de suelos y criterios hidráulicos.

##### **Tipo de investigación**

Es del tipo aplicada, ya que se dio una solución a nuestro problema; se recogió información según el manual de diseño con geo sintético, aplicando los criterios establecidos para el diseño del geodren.

##### **Nivel de investigación**

Es de nivel descriptivo explicativo, solo se estudió las características del camino vecinal y se observó la causa que originaron los problemas.

##### **Diseño de investigación**

El diseño utilizado en el trabajo es descriptivo, en este procedimiento se extrajo muestra de suelo (calicata) que fueron enviadas al laboratorio obteniendo sus respectivos resultados: en el ensayo granulométrico por tamizado, se emplearon las siguientes normas MTC E-107 y ASTM D 422; para determinar la permeabilidad, se utilizaron las normas MTC E 906 y ASTM D 2434; y para determinar del límite líquido de los suelos, se aplicaron las normas MTC E 110 y NTP 339.129; para la determinación de los ensayos del límite plástico e índice de plasticidad de los suelos se utilizaron las siguientes normas del MTC E 111 y NTP 339.129.



M: Muestra.

O: Observación

### 3.2. Variables y operacionalización.

En la tabla 4, se observa las variables y operacionalización de nuestra presente tesis.

**Tabla 4. Variables y operacionalización**

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	DEFINICION OPERACIOAL	ESCALA DE MEDICION
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	MEDIO FILTRANTE	"Conformado por el geotextil, que se encarga de retener las partículas de los suelos y dejar pasar el flujo del agua" (Monrroy Melgar, 2010, p.1).	PERMEABILIDAD
		MEDIO DRENANTE	"Conformado por la geored, encargado de transportar los fluidos que pasan por medio del elemento filtrante, función que desempeña cualquier medio poroso, ya sea natural o sintético" (Monrroy Melgar, 2010, p.1).	RETENCION
		MEDIO EVACUACION	"Es aquella tubería que puede ser perforada, envuelta de un relleno de un geotextil y mediante su correcta colocación permite la captación de aguas de infiltración" (Alvarado Calle, y otros, 2012, p.35).	COLMATACION
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	"El estudio de la mecánica de suelo determina las características y propiedades del suelo, para el correcto diseño de sistema de subdrenaje con Geodren" (Monrroy Melgar, 2010, p. 47)	TRANSMISIBILIDAD (LEY DE DARCY)
				CAUDAL DE DISEÑO (Manual de diseño con geosintetico CALCULO DE FACTOR SEGURIDAD)
				Especificaciones técnicas (manual de diseño con Geosintetico)
				Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado (MTC E-107, ASTM D 422).
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	LEVANTAMIENT O TOPOGRAFICO	"El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento" (Gamez Morales, 2015, p.10).	Permeabilidad (MTC E 906 ASTM D 2434).
				Determinación del Limite Liquido de los suelos (MTC E 110, NTP 339.129: SUELOS)
				Determinación del Limite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad (MTC E 111, NTP 339.129: SUELOS).
				Calicatas (MTC E -101, ASTM D 420).
<b>DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE</b>	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p.253).	LEVANTAMIENT O TOPOGRAFICO	"El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento" (Gamez Morales, 2015, p.10).	Plano de Ubicación (PU)
				Perfil Longitudinal



### 3.3. Población, muestra y muestreo.

#### Población:

“Este concepto refiere a un grupo de personas u objetos a estudiarse, definidos en el tiempo, espacio y objeto de estudio, lo cual también es llamado universo, así mismo, esta presentada por la problemática y las finalidades de la investigación” (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.174).

La población de estudio fue el camino vecinal del tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, distrito de Nicolás de Piérola, provincia de Camaná, Arequipa y tiene una longitud de 1.935 km e inicia en Emp. Pe-1S (San Jacinto) y finaliza en: Emp. Ar-541.

#### Muestra:

Es una parte de la población la cual se envió a estudio. Existen instrucciones para la obtención del número de elementos de la muestra (fórmulas, lógica y otros).

En este caso fue seleccionado como muestra, el camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, en el Km. 1+000;

En la figura 7. La ubicación de donde se obtuvo la muestra (Km.1+000) donde se realizó una calicata de una profundidad de 1.50 m del tramo Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541.

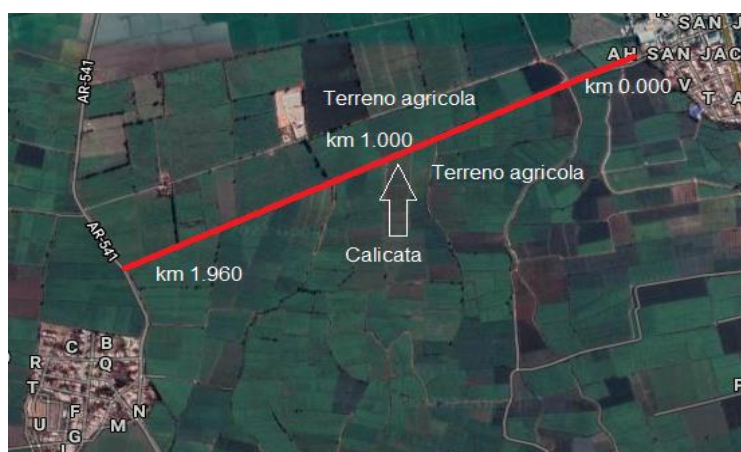


Figura 7. Ubicación de la calicata.

#### Muestreo

“El muestreo no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.189).

### 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

#### Técnica de recolección de datos.

Es aquella que nos permitió visualizar y comprender mediante el sentido de la vista un hecho, situaciones, fenómeno, donde se obtuvo información evidente, por ello se utilizó como técnica la observación donde se mostró fichas técnicas, cuadros, gráficos de los estudios físicos y mecánicos elaborados en el laboratorio (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.217).

#### Instrumento de recolección de datos.

Es un recurso del cual se puede valer el investigador, a fin de recopilar la información de campo. Así mismo se tuvo previamente que contarse con la información de datos observables donde estuvieron relacionados las variables consideradas por el investigador, es así que se obtuvo fichas de colección de data certificada por la estancia de análisis especificada de acuerdo a los ensayos realizados en la muestra y la dosificación, la cual estuvo firmado por el profesional laboratorista. (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.198).

En la tabla N°5 se indica las técnicas, así como los instrumentos que se usaron para la recolección de los datos.

**Tabla 5.** Instrumentos y técnicas para la recolección de datos.

OBJETIVO ESPECIFICO	INSTRUMENTOS	TECNICA
Definir el tipo de geotextil, numero de geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes por medio de los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención	Software Geosoft PAVCO V3.0 Manual de Diseño con geosintético	Análisis Documental
Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes en relación a la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Observación y exploración de campo.
Definir el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.	Estación total Civil 3D	Exploración de campo

## Validez

“Es la valoración que se da a una herramienta y que cuantifica sus variables las cuales son medibles” (Hernández, Fernández y Baptista 2014, p.200).

Los ensayos de laboratorio tienen su norma (MTC, ASTM, NTP), el análisis granulométrico de suelos por tamizado ASTM D – 422, MTC E 107; permeabilidad ASTM D – 2434, MTC E 906; Limite líquido de los suelos ASTM D – 4318, MTC E 110 y Limite plástico de los suelos e índice de plasticidad ASTM D – 4318, MTC E 111).

Para una validación correcta de los instrumentos de recolección de los datos primarios, se realizó un cuestionario de preguntas en concordancia a la escala de Likert de 8 preguntas donde se obtuvieron el respaldo de 3 profesionales ingenieros civiles respectivamente colegiados, en el cual se alcanzó una alta y correcta confiabilidad, para lo cual se muestra en el Anexo 4.

**Tabla 6.** Resumen de normas aplicadas.

Validez	
Normatividad	Indicadores
ASTM D - 2434 - MTC E 906	Permeabilidad
ASTM D - 422 - MTC E 107	Granulometría
ASTM D - 4318 - MTC E 111	Limite plástico
ASTM D - 4318 - MTC E 110	Limite líquido
ASTM D - 1557 - MTC E 115	Proctor modificado
Estación total Civil 3D – Marca Leica	Levantamiento topográfico
GPS navegador	Levantamiento topográfico

## Confiabilidad

Para una correcta confiabilidad de los instrumentos se validó de acuerdo al método de alfa de Cronbach que es una fórmula matemática que permitió viabilizar el instrumento por medio de la respuesta de cada ítem donde se aplicó más de dos valores, como es la escala de Likert y el método Alfa de Cronbach, la cual expresa consistencia a partir de la covariación de los ítems de los cuestionarios de manera que cuanto mayor es la covariación, mayor puntuación alfa (Rodríguez y Reguant, 2020).

**Tabla 7. Cuadro de cálculo del alfa de Cronbach.**

ENCUESTADO (EXPERTO)	VALORES DE ELEMENTOS DE ACUERDO A LA ESCALA DE LIKERT VALIDEZ DEL INSTRUMENTO								SUMA
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	
1	5	4	4	4	4	5	4	5	35
2	4	4	4	3	4	4	3	4	30
3	4	5	5	5	5	5	4	5	38
Varianza	0.22	0.22	0.22	0.67	0.22	0.22	0.22	0.22	
Sumatoria de varianzas	2.22								
Varianza de la suma de los ítems	16.33								

Fórmula para hallar el alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{K}{K + 1} \left[ 1 - \frac{\sum S_t^2}{S_t^2} \right]$$

Donde:

$\alpha$  Coeficiente del alfa de Cronbach para la confiabilidad del cuestionario.

$K$  Cantidad de ítems que se aplicó en el instrumento.

$\sum S_t^2$  Sumatoria de todas las varianzas en los respectivos ítems.

$S_t^2$  Varianza total aplicado al instrumento.

Remplazamos los valores en la fórmula para hallar el valor de alfa de Cronbach:

$$\alpha = 0.77$$

$$\alpha = 8$$

$$\sum S_t^2 = 2.22$$

$$S_t^2 = 16.33$$

Con el valor que se obtuvo en el alfa de Cronbach se comparó los resultados con la tabla 8 donde se alcanzó una confiabilidad del 77% para este proyecto de investigación, lo cual represento una confiabilidad excelente.

**Tabla 8. Confiabilidad alfa de Cronbach:**

RANGO	CONFIABILIDAD
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiabilidad
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Confiabilidad excelente
1.00	Confiabilidad perfecta

Fuente: (Hernández, Roberto, 2014)

En la figura 8, se aprecia el cuestionario de validez que se aplicó en nuestro proyecto de tesis.

CUESTIONARIO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO						
<b>Título de la Tesis</b>	:	Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021				
<b>Apellidos y Nombres de los investigadores</b>	:	Álvarez Ticona, Leonardo Jesús Guerra Sanchez, Sergio Luis				
<b>Apellidos y Nombres del experto</b>	:					
<b>Profesión</b>	:		<b>CIP</b>	:		
<p>Estimado Experto: La presente encuesta corresponde a un estudio de investigación acerca de diseño de un sistema de subdrenaje con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal. La encuesta no es anónima, por lo que le solicitamos su sinceridad en sus respuestas.</p> <p><b>Instrucción:</b> Valore marcando con una "X" según el indicador mostrado debajo, para poder evaluar a los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación "Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal" según la escala del 1 al 5, donde 1 es (totalmente en desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (indeciso), 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).</p>						
N°	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿En su experiencia profesional cree usted que es importante realizar fichas de recolección de datos para la validación de algún instrumento?					
2	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo del análisis granulométrico por tamizado debe realizarse según las normas ASTM D - 422 y/o MTC E 107 para obtener excelentes resultados?					
3	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la permeabilidad de suelos granulares debe realizarse según las normas ASTM D - 2434 y/o MTC E 906 para obtener excelentes resultados?					
4	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite líquido debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 y/o MTC E 110 para obtener excelentes resultados?					
5	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite plástico debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 - MTC E 111 para obtener excelentes resultados?					
6	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo de Proctor modificado debe realizarse según las normas ASTM D - 1557 - MTC E 115 para obtener excelentes resultados?					
7	¿De acuerdo a su experiencia profesional cuando trabajo con el GPS navegador obtuvo resultados reales con márgenes de error permisibles?					
8	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el equipo topográfico estación total marca Leica es ideal para realizar el levantamiento topográfico?					
<p>-----</p> <p>Firma y sello del experto</p>						

**Figura 8. Cuestionario de validez del instrumento.**

### 3.5. Procedimientos.

Se realizó el diagnóstico situacional del camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa.

A continuación, se presenta la tabla 9 y tabla 10 donde se muestra la condición actual tramo camino vecinal Emp Pe-1S (San Jacinto) - Emp. AR-541, provincia de Camana, Region de Arequipa.


**Tabla 9.** Condición actual del tramo.

TRAMO	CONDICIÓN ACTUAL DE VIA	LONGITUD
Emp pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541	Trocha carrozable	1+935 Km

**Tabla 10.** Progresivas Emp Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541.


PROGRESIVA	DESCRIPCION
Km 0+000	Tramo de inicio Km 0 + 000, ancho de la vía 4.5 m superficie plana. 
Km 0+000 al Km 0+088	Superficie plana se con ancho variable, inventariado de un canal de riego 

<p>Km 0+088 al Km 0+500</p>	<p>Superficie plana, ancho de vía 2.9 m vegetación, y montículos de tierra al costado de la vía.</p> 
<p>Km 0+500 al Km 1+00</p>	<p>Superficie plana, se muestra el ancho de vía 3.20 m, vegetación y montículos de tierra al costado de la vía en el tramo Km 1+ 000</p> 
<p>Km 1+000 al Km 1+500</p>	<p>Superficie plana, se muestra el ancho de vía 3.2 m vegetación y montículos de tierra al costado de la vía Km 1+ 500</p> 

<p>Km 1+500 al Km 1+935</p>	<p>Superficie plana, ancho de vía 3.0 m, vegetación al lado de la vía, Km 1+935.</p> 
-----------------------------	---

Se determinó cada parámetro volumétrico y gravimétrico del terreno; donde se realizó una calicata in situ con un nivel 1.5 metros a terreno natural. En la tabla 11 se muestra la ubicación y características de la calicata.

**Tabla 11.** *Ubicación y características de la calicata.*

PROGRESIVA		CALICATA 1	
Km 1+000			
DIMENSIONES			
Profundidad	1.5 m.		
Ancho	1 m		
Largo	1 m.		



CARACTERISTICAS	
Tipo	Cuadrado
Conservación	Malo



Se extrajo muestra de la calicata ubicada en la progresiva km. 1+000, con un peso de 10 kg. En envase de plástico de polipropileno para su análisis en el laboratorio y realizar los ensayos correspondientes al análisis granulométrico por tamizado, aplicando las normativas vigentes: MTC E-107 y ASTM D 422; para la permeabilidad se aplicó las normas MTC E 906 y ASTM D 2434; para el ensayo del límite líquido se aplicó las normas: MTC E 110 y NTP 339.129; y para los ensayos del límite plástico e índice de plasticidad se aplicó las normas MTC E 111 y NTP 339.129. Así poder determinar el tipo de suelo utilizando la clasificación AASTHO Y SUCS. En la tabla 12 se muestra la obtención de la muestra según las progresivas.

**Tabla 12.** *Obtención de la muestra en la progresiva*

PROGRESIVA	OBTENCIÓN DE LA MUESTRA
Km 1+000	
CARACTERISTICAS	
SO: 10 kg.	

<b>Envase</b>	
Plástico de polipropileno	

Obtenidos los resultados del laboratorio se realizaron los cálculos según el manual de la empresa PAVCO para el diseño de geosintéticos, donde obtuvimos el tipo de geotextil conveniente, la tubería y las cifras de geored.

### **Medio filtrante.**

Los criterios del diseño que se aplicaron fueron según el manual de la empresa PAVCO donde nos indica como realizar el diseño de los geosintéticos, siguiendo los siguientes criterios:

#### **- Criterio de retención (*TAA*).**

$$TAA < D85 * B \quad (1)$$

De la expresión (1):

*TAA* : Tamaño de abertura aparente, cifra proporcionada por el fabricante, corresponde a la abertura de los espacios libres dado en milímetros, determinado por medio del ensayo.

*D85* : Tamaño de partículas (mm), correspondiente al 85% del suelo tamizado (ASTM D475).

*B* : Coeficiente del tipo del suelo que varía entre 1 y 3.

En la fórmula (1), el valor de “*B*”; se determinó según el tipo de suelo. Según Método de “Ensayo para el Análisis Granulométrico” efectuado en la institución de análisis; indica la Clasificación AASHTO y SUCS:

Según el manual de geosintéticos de la empresa PAVCO, el valor que se obtiene de “*B*” yace de acuerdo al coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ).

Es por lo cual, el coeficiente de uniformidad está definido de la siguiente forma:

$$C_U = D_{60}/D_{10} \quad (2)$$

Se obtiene los parámetros de la curva granulométrica,  $D_{60}$  y  $D_{10}$ :

- ✓ Corpulencia de las partículas que representa al 60% de suelo que pasa al ser tamizado ( $D_{60}$ ).
- ✓ Corpulencia de las partículas que representa al 10% de suelo que pasa al ser tamizado ( $D_{10}$ ).

De la fórmula (2), obtenemos el valor del Coeficiente de Uniformidad ( $C_U$ ):

$$C_U = D_{60}/D_{10}$$

El valor de  $TAA$ , es obtenida mediante las especificaciones técnicas del geotextil no tejido de filtro, en función de la normativa ASTM D-4751.

#### - Criterio de Permeabilidad:

En este criterio, obtenemos por medio de la determinación del análisis granulométrico de los suelos; cumpliendo la condición:

$$k_g > k_s(3)$$

Dónde: (3)

$K_g$  = Permeabilidad obtenida de las especificaciones técnicas.

$K_s$  = Permeabilidad, obtenida en el ensayo de laboratorio.

#### - Criterio de Colmatación

El geotextil como medio filtrante deben tener un valor de porosidad:  $> 50\%$ .

#### Caudal total de diseño:

Los criterios para hallar los caudales de diseño fueron los siguientes:

#### - Caudal por Infiltración:

Se determinó con la fórmula:

$$Q_{inf} = I_r * B * L * F_r \quad (4)$$

Dónde: (4)

$I_r$  = Precipitación máxima horaria anual.

$B$  = Ancho de la vía dividida entre 2.

$L$  = longitud del tramo.

$F_r$  = Factor de retención de la base

$F_i$  = Factor de infiltración.

El dato de precipitación máxima horaria anual ( $I_r$ ), se obtuvo del Informe técnico, análisis de las condiciones pluviométricas a nivel nacional durante el periodo lluvioso 2019 – 2020. Proporcionado por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) mediante la SPC (Subdirección de Predicción Climática) de la DMA (Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica) ejecuto el monitoreo indeleble de las circunstancias climáticas y sucesos climático lógicos de extremo a nivel nacional, concibiendo información selecta para la toma de decisiones de los varios portadores sectoriales.

**- Caudal por abatimiento del nivel freático:**

El caudal en el camino vecinal Tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, Arequipa, la capa freática yace por encima de la capa de subrasante, y que no se ve afectada por la estructura del camino vecinal, la cual se evidencia en el instante de efectuar la calicata a 1.50 m.

$$Q_{nf} = K * I * A_a \quad (7)$$

Donde: (7)

$K$  = Permeabilidad, obtenida del ensayo del suelo.

$A_a$  = Área efectiva.

$I$  = Gradiente Hidráulico

$N_f$  = Cota superior del nivel freático.

$N_d$  = Cota inferior del subdren

El Caudal de Diseño es obtenido por medio de la siguiente fórmula:

$$Q_t = Q_{inf} + Q_{nf} \quad (8)$$

Donde:

$Q_t$  = Caudal total de diseño.

$Q_{nf}$  = Caudal por abatimiento de nivel freático.

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración.

### Dimensionamiento de la sección transversal.

Tras ser obtenida la valoración del caudal de diseño ( $Q_t$ ), debe determinarse el sector transversal del sistema del geodren por medio de la ecuación siguiente:

$$Q_t = V * A * I \quad (9)$$

Donde: (9)

$Q_t$  = Caudal total de diseño.

$V$  = Velocidad de flujo.

$A$  = Área de la sección transversal.

$I$  = Gradiente hidráulico.

$$A = L * ancho$$

En la figura 9 se muestra las dimensiones del área del transversal del geodren definida de la siguiente manera:

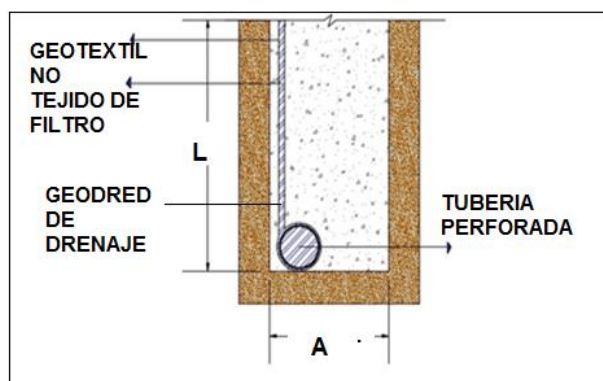


Figura 9. Dimension de la sección transversal del geodren.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

Obtenido las medidas de la dimensión de la sección transversal, se procedió a deducir el perímetro.

$$L_t = \text{Perímetro} + \text{traslape} \quad (10)$$

### **Cálculo hidráulico para la escogencia del geotextil.**

Analizaremos la permitividad del sistema:

$$\Psi_{req} = Q / (\Delta h * H * L) \quad (11)$$

Para poder emplearla en el diseño del geodren se tomó la permitividad entregada por el fabricante como la permitividad última:

Se procedió a calcular la permitividad admisible en base a la última permitividad.

$$\Psi_{adm} = \Psi_{ult} / (FR_{scb} * FR_{cr} * FR_{in} * FR_{cc} * FR_{bc}) \quad (12)$$

Por último, se obtuvo el factor de seguridad global:

$$FS_g = \Psi_{adm} / \Psi_{ult}$$

$$FS_g > 1.0$$

### **MEDIO DRENANTE (GEORED).**

Por consiguiente, debe calcularse la transmisividad solicitada de la geored, por medio de la ecuación de Darcy:

$$q_{requerida} = Q / (W * i) \quad (13)$$

Donde: (13)

$Q$  = Caudal total de diseño.

$W$  = Ancho de la geored.

$i$  = Gradiente hidráulico.

El valor de la transmisividad disponible, que se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{in} * FR_{cr} * FR_{cc} * FR_{bc}) \quad (14)$$

Dichos valores se obtuvieron de la tabla 18 (Factores de seguridad)

$$q_{disponible} = 2.9 \text{ s}^{-1} / (1.2 * 1.5 * 4.0)$$

$$q_{disponible} = 0.27 \text{ s}^{-1}$$

Por último, se obtuvo el factor de seguridad final:

$$FS = q_{disponible} / q_{requerida} \quad (15)$$

$$FS \gg 1$$

## MEDIO DE EVACUACIÓN.

Se estima el diámetro de la tubería a emplear por medio de un monograma en de acuerdo a la ecuación de “Prandtl Colebrook”, teniendo en consideración datos la pendiente y el caudal total de diseño. En la figura 10 puede apreciarse el ultimo diseño de la sección transversal del subdrenaje del geodren.

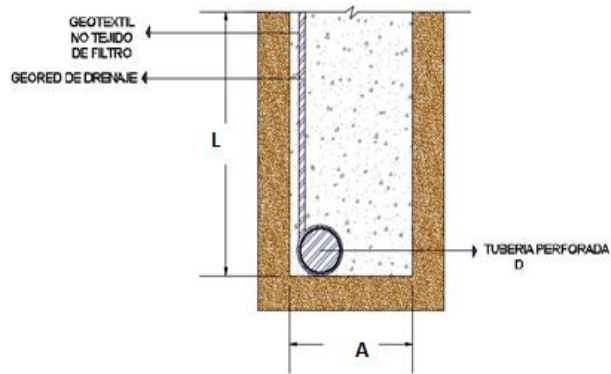


Figura 10. Diseño final de la sección transversal.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

El instrumento utilizado es el manual de diseño con geosintético (Geotextiles Engineering Manual) de la Federal Highway Administración (FHWA). En la Figura 11 se muestra la portada del manual de diseño con geosintético novena edición.

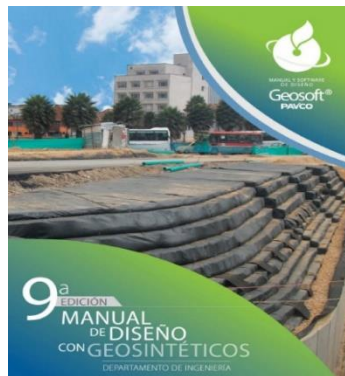
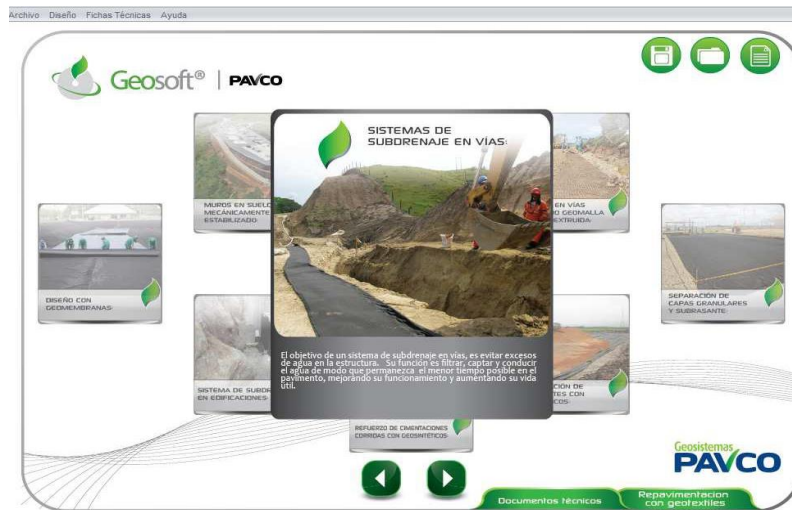


Figura 11. Manual de diseño con geosintético.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

En la figura 12 se aprecia el software Geosoft PAVCO sistema de subdrenaje en vías que se aplicó al proyecto de investigación.



*Figura 12. Software Geosoft PAVCO.*

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

Levantamiento topográfico del camino vecinal tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, de la provincia de Camaná, se realizó con una visita a campo con el dispositivo topográfico (estación total marca Leica con sus respectivos accesorios, un GPS navegador Garmin Etrex 30, prismas con sus bastones), en la progresivas del km.0+000 al km.1+935. El progreso del levantamiento topográfico nos permitió conocer el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.

Posteriormente la información recolectada en campo la procesamos en el software Civil 3D, por el cual se bosquejó el plano topográfico del sector a estudiar, de igual modo el perfil longitudinal y áreas transversales del suelo incluyendo la sección característica del geodren. En la figura 13 se muestra la estación total marca Leica y sus accesorios determinados.



*Figura 13. Estación total.*

Fuente: (Leica, GEOSYSTEMS, 2021)



### **3.6. Métodos de análisis de datos.**

Fue utilizada la técnica de análisis documental, con la finalidad de determinar el tipo de geotextil más adecuado, el número de geored y la tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes con geodren en el camino vecinal Tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) – Emp. Ar-541, del km 0+000 al km 1+935 utilizando el software Geosoft Pavco versión 3.0; se utilizó la metodología del manual de diseño con geosintéticos, donde nos dan criterios técnicos para realizar el diseño de un sistema de subdrenajes; para cumplir con el propósito ya especificado (nomogramas, tablas, especificaciones técnicas dados por geosistemas PAVCO de Mexichem). Para la selección del tipo de geotextil debe enfocarse en el cumplimiento de criterios concretos (retención, permeabilidad, colmatación, durabilidad y supervivencia), en la que se cumplió con ciertas características (mecánicas e hidráulicas) del geotextil. Para la determinación del número de georedes como medio filtrante, se calculó la transmisividad aplicando la “Ley de Darcy”, de igual forma el cálculo del factor de seguridad lo que permitió el establecimiento de la cantidad mínima de geored dentro del geodren camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541 km 0+000 al km 1+935. Finalmente, la clase de tubería a desempeñarse como medio de evacuación fue determinada a base del diámetro y material conforme a los cálculos realizados para obtener el caudal total de diseño por la “Ley de Darcy”. Para la determinación de dichos elementos del geodren se ha realizado el diseño lo que permitió la evacuación y drenaje de manera más fácil del agua del suelo subterráneo, camino tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541 del km. 0+000 al km 1+935, comprimiendo la existencia de humedad en la subestructura de la vía trocha.

Fueron utilizadas técnicas como la exploración en situ y la observación, eso quiere decir, que se procedió con la extracción en campo, puesto que nuestra zona de estudio es considerado como un camino vecinal de tercer orden y conforme al manual de carreteras (suelos, geotecnia, geología, y pavimentos) está señalado que en suelos no pavimentados y que se consideran de menor volumen de tránsito se efectúa una (01) calicata por cada km a 1.50 m. de profundidad en función del nivel de subrasante, el cual se ubica de forma alterna y en longitud; en la cual se usaron materiales manuales (pico, lampa, wincha, sacos, pabilo, barreta y EPP's), para la extracción de la muestra. Posteriormente se llevó al laboratorio de

mecánica de suelos, para sus ensayos (análisis granulométrico por tamizado, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado y permeabilidad del suelo) en base a lo ya establecido en objetivo específico N° 2, se estableció parámetros volumétricos y gravimétricos en un nivel subrasante con distinción a la del filtro en el diseño del geodren como sistema de subdrenaje (en el camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541, km 0+000 al km 1+935). Los ensayos de laboratorio permitieron la clasificación e instauración de la permeabilidad del suelo, consecutivamente la evaluación de la acción de la relación suelo-filtro, en la permeabilidad. Se tuvo en cuenta la clase de suelo usado en el ensayo con su respectivo gradiente hidráulico y elemento filtrante.

Finalmente se aplicó la técnica de exploración de campo realizando el levantamiento topográfico (del camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s San Jacinto - Emp. Ar-541 del km. 0+000 al km 1+935), donde fue trabajado con determinados equipos topográficos (una estación total Leica modelo TCR-407 con sus respectivos accesorios, un GPS Navegador Garmin, prismas y sus bastones). De este modo fueron obtenidos los puntos del levantamiento topográfico del camino vecinal para consecutivamente ser procesados en el software Civil 3D, en la que obtuvimos el plano ubicación, el perfil longitudinal y transversas.

El levantamiento topográfico permitió establecer la ubicación del geodren a lo extenso del camino vecinal tramo: Emp. Pe-1s (San Jacinto) - Emp. Ar-541), esto debido a que la pendiente he de establecerse si el sistema de subdrenaje se situaba en los dos extremos en la vía

### **3.7. Aspectos Éticos.**

La presente investigación de tesis está sujeto a la resolución del consejo universitario con N° 0262-2020/UCV y al código de ética en Investigación de la Universidad Cesar Vallejo.

Nos sometemos y cumpliremos según el artículo tercero, los principios de ética en investigación de la universidad César Vallejo como son: autonomía, beneficencia, competencia profesional y científica, protección de la naturaleza y biodiversidad, integridad humana, justicia, libertad, probidad, respeto de la propiedad intelectual, responsabilidad, transparencia, precaución.

Tendremos en cuenta al artículo noveno. la política anti plagio; la universidad promueve la originalidad de las investigaciones. Considerando que la copia es un delito en la que se hace pasar un trabajo, obra e idea como de elaboración propia, siendo de forma fraccional o general se debe citar las fuentes de consulta como lo exige la “Universidad César Vallejo”. (Vallejo, 2020 pág. 9)

Así mismo los derechos de autoría de la bibliografía consultada darán la credibilidad de los futuros resultados. La divulgación y propagación de los corolarios deben ser realizadas cuando la investigación se concluya, pretendiendo así generar beneficios al área académica.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Definiendo el tipo de geotextil y número geored y la tubería.

#### Cálculos del medio filtrante.

Se determinó el medio filtrante adecuado con los siguientes criterios de diseño:

- **Criterio de retención (TAA).**

$$TAA < D85 * B \quad (1)$$

De la expresión (1),

*TAA* : Tamaño de la abertura aparente, dato proporcionado por el fabricante (mm).

*D85* : Tamaño de partículas (mm), correspondiente al 85% del suelo tamizado (ASTM D475).

*B* : Coeficiente, esta entre 1 y 3.

En la fórmula (1), el valor de “*B*”: se determinó según el tipo de suelo, los resultados de laboratorio en el ensayo análisis granulométrico indica:

Clasificación AASHTO: A-2-6 (11). Grava y Arenas limosas y Arcillosas

Clasificación SUCS: SP. Arena pobremente graduada y/o mal graduada.

El manual de diseño de geo sintéticos, nos indica que, para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas, en la cual pasa < 50% del tamiz N° 200, donde “*B*” resulta del coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ).

$$C_U = D_{60}/D_{10} \quad (2)$$

Los valores de  $D_{60}$  y  $D_{10}$  se obtiene de la curva granulométrica:

✓  $(D_{60}) = 0.61 \text{ mm.}$

✓  $(D_{10}) = 0.16 \text{ mm.}$

Coeficiente de Uniformidad ( $C_u$ ):

$$C_U = 3.81$$

De la fórmula (1), se obtuvieron:

$$\begin{aligned}TAA &< D_{85} * B \\ B &= 0.5 * (3.81) = 1.91 \\ D_{85} &= 0.24 \text{ mm} \\ TAA &< 1.91 * 0.24 \text{ mm} \\ TAA &< 0.46 \text{ mm}\end{aligned}$$

Según ASTM D-4751, las especificaciones técnicas del geotextil no tejido de filtro, el valor *TAA* es 0.18 mm.

$$0.18 \text{ mm} < 0.46 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

El criterio de retención es adecuado, cumpliendo con la formula (1)

- **Criterio de Permeabilidad:**

$$k_g > k_s \text{ (3)}$$

De la expresión: (3)

$K_s = 0.000000141 \text{ m/s}$  (Permeabilidad, obtenida en el ensayo de laboratorio).

$K_g = 0.00044 \text{ m/s}$  (Permeabilidad obtenida de las especificaciones técnicas, ver tabla 13).

Entonces:

$$0.00044 \text{ m/s} > 0.000000141 \text{ m/s} \text{ (OK)}.$$

El criterio de permeabilidad es adecuado, cumpliendo con la formula (3)

- **Criterio de Colmatación**

“Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles No Tejidos punzonados por agujas, en los cuales la probabilidad a que se taponen gran parte de sus orificios es muy baja debido al espesor que poseen” (Geosistemas, PAVCO, 2012, p. 258).

Se concluye que el tipo de geotextil a utilizar en el diseño del geodren es de tipo no tejido punzonado por agujas, cumpliendo con los criterios de diseño de retención, permeabilidad y colmatación.

En la tabla 13. Detallamos las especificaciones técnicas del geotextil no tejido punzonado por agujas.

**Tabla 13. Especificaciones técnicas del geotextil.**

Propiedad	Valor	Norma
TAA	0.18 mm	ASTM D-4751
Colmatación	> 50%	
Permeabilidad	0.0044 cm/s	ASTM D-4491
Tasa de flujo	8910 L/min/m <sup>2</sup>	ASTM D-4491
Permitividad	2.9 s <sup>-1</sup>	ASTM D-4491

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

### **Cálculo del caudal total de diseño:**

Cálculo del caudal por Infiltración:

Se determinó con la fórmula:

$$Q_{inf} = I_r * B * L * F_r \quad (4)$$

De la expresión: (4)

$I_r$  = Precipitación máxima horaria anual.

$B$  = Ancho de la vía dividida entre 2.

$L$  = longitud del tramo.

$F_r$  = Factor de retención de la base.

$F_i$  = Factor de infiltración.

### **Precipitación máxima horaria anual $I_r$ .**

El dato de Precipitación máxima horaria anual ( $I_r$ ), se obtuvo del informe técnico: Análisis de las condiciones pluviométricas a nivel nacional durante el periodo lluvioso 2019 – 2020, donde la estación meteorológica de la provincia de Camaná nos da como récord mensual de precipitación en 24 horas en mm la cantidad de 32,4 mm/día.

En la tabla 14 se a conocer los récords de las precipitaciones registradas en el periodo de lluvias 2019 – 2020.

**Tabla 14. Récorde de precipitación (2019-2020).**

SECTOR	ESTACIÓN	REGION	ALTITUD (msnm)	RÉCORD MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS EN MM
COSTA SUR	LA-HACIENDITA	AREQUIPA	282	6.5
	PAMPA-BLANCA	AREQUIPA	106	11.2
	APLAO	AREQUIPA	618	9.5
	CAMANA	AREQUIPA	8	32.4
	TACAMA	ICA	429	10.2
	CALANA	TACNA	871	21.1
	COPARA	ICA	587	17.3
	JORGE-BASADRE	TACNA	538	23.8
SIERRA NORTE	HUAMACHUCO	LA LIBERTAD	3186	52.8
SIERRA CENTRO	CUSICANCHA	HUANCAVELICA	3253	39.6
	SAN-PEDRO-DE-PILAS	LIMA	2707	38.5
	CERRO-DE-PASCO	PASCO	4260	60
	RUNATULLO	JUNIN	3690	38.2
SIERRA SUR	CARAVELI	AREQUIPA	1755	40.2
	PAMPA-DE-MAJES	AREQUIPA	1498	16
	LA-JOYA	AREQUIPA	1278	10.9
	YANAQUIHUA	AREQUIPA	3130	55.1
	CHIGUATA	AREQUIPA	2902	45.5
	PUQUIO	AYACUCHO	3168	37
	CHAPARRA	AREQUIPA	1033	14.1
	UBINAS	MOQUEGUA	3380	42.8
	CORACORA	AYACUCHO	3156	63
	SANTO-TOMAS	CUSCO	3253	50.3
	CALIENTES	TACNA	1200	14.8
	CAYLLOMA	AREQUIPA	4318	43.2
	RINCON-DE-LA-CRUZ	PUNO	3935	48
MUÑANI	PUNO	3948	44.2	
SELVA CENTRAL	TOURNAVISTA	HUANUCO	213	159.1
SELVA NORTE	RIOJA	SAN MARTIN	880	103.2
	NARANJILLO	SAN MARTIN	890	101.2
SELVA SUR	SAN-GABAN	PUNO	635	441.7

Fuente: Informe Técnico: “Análisis de las condiciones pluviométricas a nivel nacional durante el periodo lluvioso 2019 – 2020”

De la fórmula de caudal de infiltración.

Donde:

$$Q_{inf} = I_r * B * L * F_r * Fi \quad (4)$$

$I_r$ = Precipitación	32.40mm/dia = $3.75 * 10^{-7} m/s$ .
$B$ = Ancho de vía dividida entre 2.	6.20m.
$L$ = longitud del tramo.	1,935m.
$F_r$ = Factor retención de la base	1/3 (ver tabla 16)
$F_i$ = Factor infiltración.	0.20 (ver tabla 15)

Por lo tanto:

$$Q_{inf} = 3.75 * 10^{-7} m/s * 6.20 m * 1,935.00 m * 0.20 * 1/3$$

$$Q_{inf} = 0.00032 m^3/s$$

**Tabla 15. Valores recomendados  $F_i$ .**

Tipo de Carpeta	$F_i$
Carpeta de concreto de cemento portland	0.67
Carpeta asfáltica muy bien conservadas	0.30
Carpeta asfáltica pobremente conservadas	0.50
Carpetas asfálticas normalmente conservadas	0.40
Afirmado	0.20

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

En la tabla 16, se muestra los valores recomendados para  $F_r$  para hallar el caudal generado por Infiltración.

**Tabla 16. Valores recomendados  $F_r$ .**

Tipo de Base	$F_r$
Bases de gradación abierta, en servicio menos 5 años	1/2
Bases bien gradadas, en servicio 5 años a mas	1/4
Bases de gradación abierta, en servicio 5 años o mas	1/3
Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años	1/3

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

**Cálculo del caudal por abatimiento del nivel freático:**

Se verifico en la excavación de la calicata 01 con una profundidad de 1.50m. en la progresiva km. 1+000, que no se ha encontrado nivel freático, no afectando a la subrasante del camino vecinal,



En épocas de cultivo de arroz se ha evidenciado que el nivel de abatimiento es de mayor altura, ocurriendo en el mes de octubre que inicia la siembra y culmina la cosecha en el mes de febrero; debemos considerar que en épocas de verano se originan grandes precipitaciones pluviales.

La fórmula:

$$Q_{nf} = K * I * A_a \quad (7)$$

Donde: (7)

$K$  = Permeabilidad, obtenida del ensayo del suelo.

$A_a$  = Área efectiva.

$I$  = Gradiente Hidráulico

$N_f$  = Cota superior del nivel freático.

$N_d$  = Cota inferior del subdren

Los valores que se obtuvieron son:

$K = 0.000000141 \text{ m/s}$  (Permeabilidad, obtenida en el ensayo de laboratorio)

$$i = (N_d - N_f) / B = (0.50 - 0.20) / 3 = 0.10$$

$$A_a = (N_d - N_f) * L = (0.5 - 0.20) * 1935 = 580.50 \text{ m}^2$$

$$Q_{nf} = 0.000000141 \text{ m/s} * 0.10 * 580.50 \text{ m}^2$$

$$Q_{nf} = 0.0000082 \text{ m}^3/\text{s}$$

El nivel freático, lo ubicamos en los dos lados de la sección transversal del Geodren.

$$Q_{nf} = 0.0000082 \text{ m}^3/\text{s} * 2$$

$$Q_{nf} = 0.000016 \text{ m}^3/\text{s}$$

El Caudal de Diseño se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_t = Q_{nf} + Q_{inf} \quad (8)$$

Donde:

$Q_t$  = Caudal total de diseño.

$Q_{nf}$  = Caudal por abatimiento de nivel freático.

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración.

$$Q_t = 0.00032 \text{ m}^3/\text{s} + 0.000016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s}$$

### **Cálculo de la sección transversal.**

La siguiente formula:

$$Q_t = V * A * I \quad (9)$$

Donde: (9)

$Q_t$  = Caudal total de diseño.

$V$  = Velocidad de flujo.

$A$  = Área de la sección transversal del subdrén

$I$  = Gradiente hidráulico.

$$Q_t = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s}$$

Cálculo de la velocidad de flujo, se dará de acuerdo al agregado que servirá como material drenante, en nuestro diseño se colocará grava, teniendo un tamaño uniforme de (3/4"). La pendiente será del 2% de subdren.

$$V = 0.50 \text{ cm/s} = 0.0050 \text{ m/s}$$

$$I = 1.0$$

$$A = (QT / V) = (0.00033 \text{ m}^3/\text{s}) / (0.0050 \text{ m/s})$$

$$A = 0.066 \text{ m}^2$$

Entonces se trabajará con un ancho mínimo de 0.30 m,

Entonces:

$$A = L * ancho$$

$$A = 0.066 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho} = 0.20 \text{ m}$$

$$L = 0.066 / 0.20 = 0.43 \text{ m}$$

La sección transversal quedo diseñada con las dimensiones:

$$\text{Sección transversal} = 0.50 \text{ m} * 0.20 \text{ m}$$

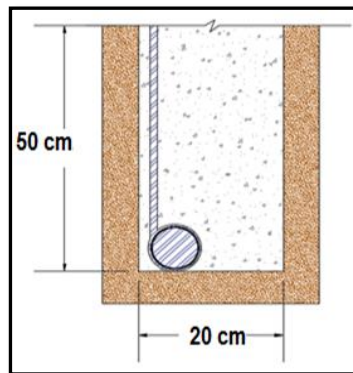


Figura 14. Sección transversal del geodrén.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

Cálculo del perímetro con los datos de la sección transversal.

$$L_t = \text{Perímetro} + \text{traslape} \quad (10)$$

$$L_t = (0.50 + 0.20 + 0.50 + 0.20) + 0.30$$

$$L_t = 1.70 \text{ m} = 170 \text{ cm}$$

### Cálculo hidráulico para la escogencia del geotextil.

Evaluamos la permitividad del sistema:

$$\Psi_{req.} = Q(\Delta h * H * L) \quad (11.)$$

De la fórmula (11)

$$Q = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s} \quad \Delta h = 0.50$$

$$H = 0.20 \quad L = 1935 \text{ m.}$$

$$\Psi_{req} = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s} / (0.50 \text{ m} * 0.20 \text{ m.} * 1935 \text{ m.})$$

$$\Psi_{req} = 0.00000155 \text{ s}^{-1}.$$

En el diseño del geodren tomamos la permitividad ultima y la permitividad que nos da el fabricante.

$$\Psi_{ult.} = 2.9 \text{ s}^{-1}$$

**Tabla 17. Especificaciones Técnicas.**

GEOTEXTIL NO TEJIDO DE FILTRO			
Propiedad	Valor	Unidad	Norma
Permeabilidad	0.0044	cm/s	ASTM D-4491
TAA	0.18	mm	ASTM D-4751
Permitividad	2.9	s <sup>-1</sup>	ASTM D-4491
Colmatación	> 50%		
Tasa de flujo	8910	L/min/m <sup>2</sup>	ASTM D-4491

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

Cálculo de la permitividad admisible, tomamos los factores de reducción para sistemas de subdrenaje

$$\Psi_{adm} = \Psi_{ult} / (FR_{scb} * FR_{cr} * FR_{in} * FR_{cc} * FR_{bc}) \quad (12)$$

$$\Psi_{adm} = 2.9 \text{ s}^{-1} / (2.0 * 1.1 * 1.1 * 1.2 * 2.0)$$

$$\Psi_{adm} = 0.50 \text{ s}^{-1}$$

Calculamos el factor de seguridad global:

$$FS_g = \Psi_{adm} / \Psi_{req.}$$

$$FS_g = 0.50 \text{ s}^{-1} / 0.00000155 \text{ s}^{-1}$$

$$FS_g > 1.0$$

Cumple con las condiciones hidráulica el geotextil.

### **MEDIO DRENANTE (GEORED).**

Mediante la ecuación de Darcy calculamos la transmisividad requerida del geored.

$$q_{requerida} = Q / (w * i) \quad (13)$$

Donde: (13)

$Q$  = Caudal total de diseño.

$W$  = Ancho de la geored.

$i$  = Gradiente hidráulico.

$$q_{requerida} = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s} / (1 * 1935)$$

$$q_{requerida} = 1.705 * 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

Cálculo de la transmisividad disponible.

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{in} * FR_{cr} * FR_{cc} * FR_{bc}) \quad (14)$$

Donde:

$$FR_{in} = 1.2$$

$$FR_{cr} = 1.5$$

$$FR_{cc} = 1.5$$

$$FR_{bc} = 4.0$$

$$q_{disponible} = 2.9 \text{ s}^{-1} / (1.2 * 1.5 * 1.5 * 4.0)$$

$$q_{disponible} = 0.27 \text{ s}^{-1}$$

Factor de seguridad final:

$$FS = q_{disponible} / q_{requerida} \quad (15.)$$

$$FS = 0.27 \text{ s}^{-1} / 1.5587 * 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$FS \gg 1$$

Factor de seguridad salió mayor a 1; cumpliendo la condición.

**Tabla 18.** Factores de reducción para geotextiles.

Área	Colmatación $FR_{scb}$	Reducción de vacíos por crep $FR_{cr}$	Colmatación Química $FR_{cc}$	Intrusión en los vacíos $FR_{in}$	Colmatación biológica $FR_{bc}$
Filtro en el espaldón de muro de contención	2-4	1.5-2	1-1.2	1-1.2	1-1.3
*Sistema de subdrenaje	2-10	1-1.5	1.2-1.5	1-1.2	2-4
Filtro de control de erosión	2-10	1-1.5	1-1.2	1-1.2	2-4
Filtro de relleno sanitario	2-10	1.5-2	1.2-1.5	1-1.2	2-5
Drenaje a presión	2-3	2-3	1.1-1.3	1-1.2	1.1-1.3
Drenaje por gravedad	2-4	2-3	1.2-1.5	1-1.2	1.2-1.5

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

### CALCULO DEL MEDIO DE EVACUACIÓN.

Para el cálculo de la tubería utilizamos la ecuación de Prandtl Colebrook, como dato tenemos el caudal de diseño y la pendiente.

$$Q_t = 0.00033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 0.3016 \text{ lt/s}$$

$$S = 2.0 \%$$

En la figura 15 se observa el trazo en el eje "X" la pendiente de 2% y en el eje "Y" el caudal de 0.30 lt/s, obteniendo así un diámetro de  $D65\text{mm}$ , la tubería es de HDPE tipo perforada.

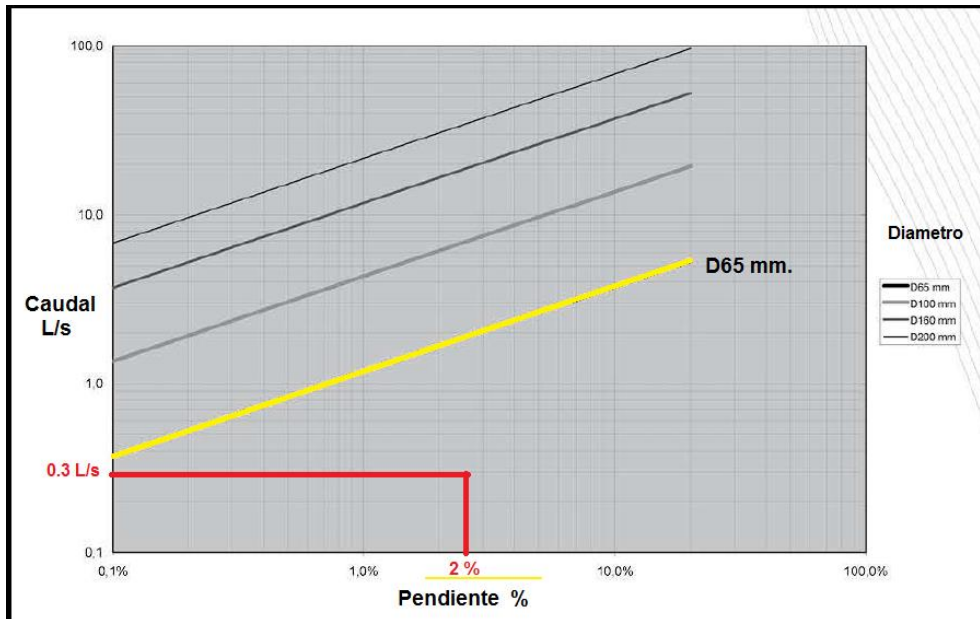


Figura 15. Nomograma para el cálculo del diámetro de tubería.

Fuente: Manual y software de diseño Geosoft Pavco

En la figura 16 se muestra el diseño final de la sección transversal del sistema de subdrenaje.

$\varnothing$  Tubería de drenaje = 65 mm

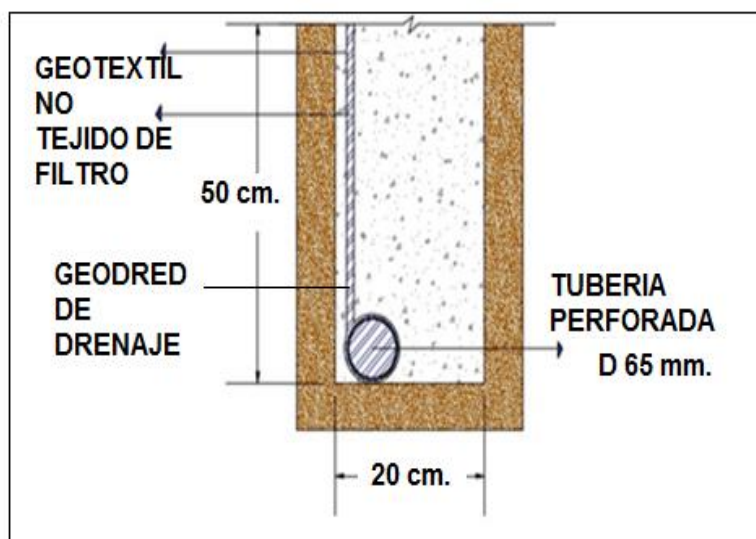


Figura 16. Diseño final de la sección transversal.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

En la tabla 19 se muestra los valores de la sección transversal, las características y medio de evacuación del sistema de subdrenaje del geodren que aplicamos en nuestro proyecto de investigación.

**Tabla 19.** Características del diseño del sistema de subdrenaje geodren.

<b>Sección transversal del geodren</b>		
Profundidad del geodren	$H =$	50 cm.
Ancho de la sección transversal	$A =$	20 cm.
<b>Características del geotextil</b>		
$TAA$	$\theta 95 =$	0.18 mm.
Porosidad		51 %
Longitud de Desarrollo	$Lt =$	150 cm.
Permeabilidad	$Kg =$	0.044 cm/s.
Medio Drenante		Número de geored 01
Tipo de Geotextil		No tejido punzonado por aguja.
<b>Medio de evacuación</b>		
Caudal transportado por la tubería		0.0003 m <sup>3</sup> /s
Tipo de tubería		HDPE
Perforado diámetro de tubería		65 mm.

#### 4.2. Resultados de los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo

Se determinó las características geotécnicas del terreno de fundación basándose en las condiciones propias de la zona, estratigrafía, propiedades físico-mecánicas del suelo.

##### Normatividad utilizada.

En campo se realizaron los siguientes ensayos:

- Descripción Visual Manual ASTM D – 2448.

Luego se tomaron muestras representativas, las cuales fueron remitidas al Laboratorio. Se efectuaron los siguientes ensayos para clasificar e identificar dichas muestras:

- Contenido de Humedad ASTM D – 2216.
- Análisis Granulométrico por tamizado ASTM D – 422.
- Sistema de Clasificación de Suelos Unificados (SUCS - AASTHO) ASTM D – 2487.
- Límites de Atterberg ASTM D – 4318.
- Ensayo de Compactación PROCTOR Modificado ASTM D – 1557.
- Ensayo de Permeabilidad ASTM D – 2434.

## Investigación de campo.

Se apertura la respectiva calicata C – 01, a cielo abierto a una profundidad promedio de 1.50 m aproximadamente, a partir de la cota del terreno natural.

Durante la ejecución de dicha calicata pudo visualizarse horizontes del subsuelo, presentando en algunos casos una capa superficial disturbada de materiales antropogénicos (escombros y raíces).

Los estratos encontrados al momento de la ejecución de las calicatas son:

Unidad I: Conformado por relleno orgánico como tierra de chacra, de color marrón, suelto y humedad media, incluye la presencia de arcillas esporádicas; este estrato alcanza una potencia de 0.45m a 0.50 m.

Unidad II: Material aluvial, conformado por intercalación de arenas medias y finas de color gris claras, compacidad media, humedad alta, presenta lentes limosos y arcillosos como se aprecia en la figura 17.

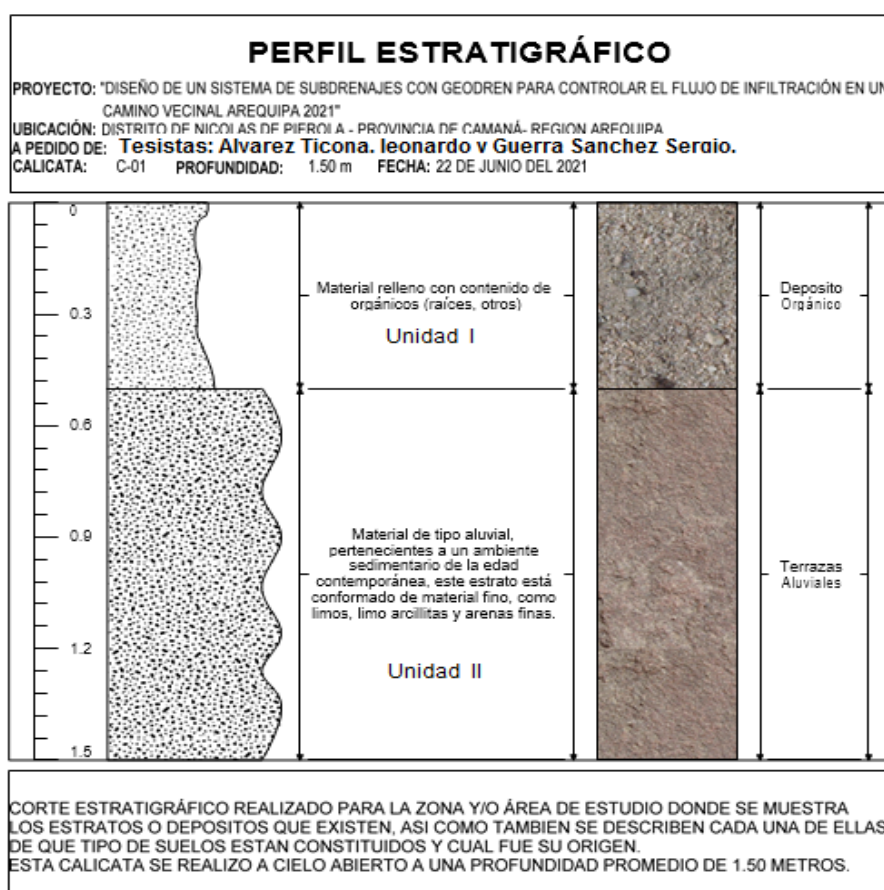


Figura 17. Perfil estratigráfico

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.



En la tabla 20 mostramos los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos de la empresa SH&ML S.R.L. y en representación de la empresa el Ing. Civil Edwin Miranda León, con colegiatura C.I.P. 134446 que fue el profesional de realizar y validar todos los resultados en el laboratorio.

**Tabla 20. Resultados geotécnicos de la calicata – C-01**

Calicata C-01		
Muestra N° 01		
1	Clasificación del suelo	SP / A-2-6 (11)
2	Humedad natural	19.63 %
3	% Retenido acumulado en la malla n° 200	96.01 %
4	Densidad máxima seca	1.842gr/cm3
5	Humedad optima	11.36 %
6	Profundidad de muestra	1.50 m

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la tabla 21 se han obtenido los resultados del análisis granulométrico del laboratorio SH&ML S.R.L.

**Tabla 21. Resultados de análisis granulométrico.**

Determinación del análisis granulométrico de los suelos (método mecánico) ASTM D-422; AASHTO T 27-88: Determination of the Granulometric Analysis of Soils (Mechanical Method) N.T.P. 400.012 (Revisión 2018)					
Malla	Diámetro (mm)	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2'	63.500				100.00
2'	50.800				100.00
1-1/2'	38.100				100.00
1'	25.400				100.00
3/4'	19.050				100.00
1/2'	12.700				100.00
3/8'	9.525				100.00
N° 4	4.763	2.00	0.28	0.28	99.72
N° 8	2.380	4.00	0.55	0.83	99.17
N° 10	2.000	5.00	0.69	1.52	98.48
N° 16	1.190	49.00	6.75	8.26	91.74
N° 20	0.850	56.00	7.71	15.98	84.02
N° 30	0.600	84.00	11.57	27.55	72.45
N° 40	0.426	224.00	30.85	58.40	41.60
N° 50	0.297	112.00	15.43	73.83	26.17
N° 80	0.177	72.00	9.92	83.75	16.25
N° 100	0.149	53.00	7.30	91.05	8.95
N° 200	0.075	36.00	4.96	96.01	3.99
FONDO		29.00	3.99	100.00	
	Sumatorias =>	726.000	100.00		

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la figura 18 se muestra la curva granulométrica obtenidos del informe del laboratorio SH&ML S.R.L.

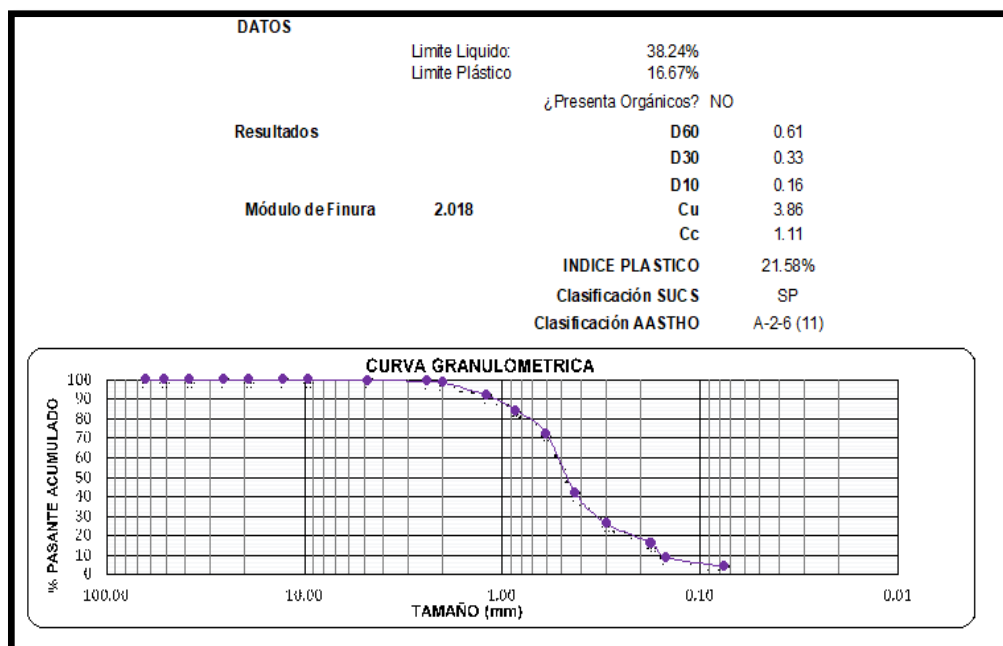


Figura 18. Curva granulométrica

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la tabla 22 se colocan los resultados de los límites de Atterbert obtenidos del informe del laboratorio SH&ML S.R.L.

Tabla 22. Resultado de los límites de Atterbert.

Ensayo para límite líquido, límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos ASTM D4318							
Numero de golpes	N.º de tara	Masa de la tara más suelo húmedo (g)	Masa de la tara más suelo seco (g)	Masa del agua (g)	Peso de la tara (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
35	1	27.80	25.10	2.70	16.30	8.80	30.68%
29	2	28.10	24.90	3.20	16.50	8.40	38.10%
23	3	29.00	25.50	3.50	17.00	8.50	41.18%
15	4	26.70	23.40	3.30	16.10	7.30	45.21%
				Límite líquido		38.24%	
Numero de golpes	N.º de tara	Masa de la tara más suelo húmedo (g)	Masa de la tara más suelo seco (g)	Masa del agua (g)	Peso de la tara (g)	Masa del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
-	1	18.30	18.00	0.30	16.20	1.80	16.67%

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la figura 19 y 20 se aprecia los resultados obtenidos del ensayo del límite líquido (contenido de agua vs número de golpe) realizado en el laboratorio.

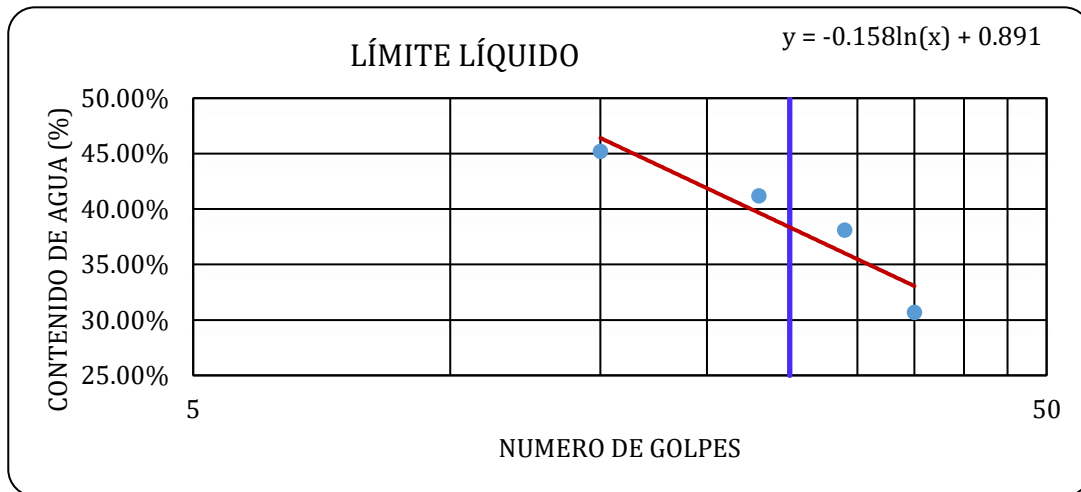


Figura 19: Límite líquido.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

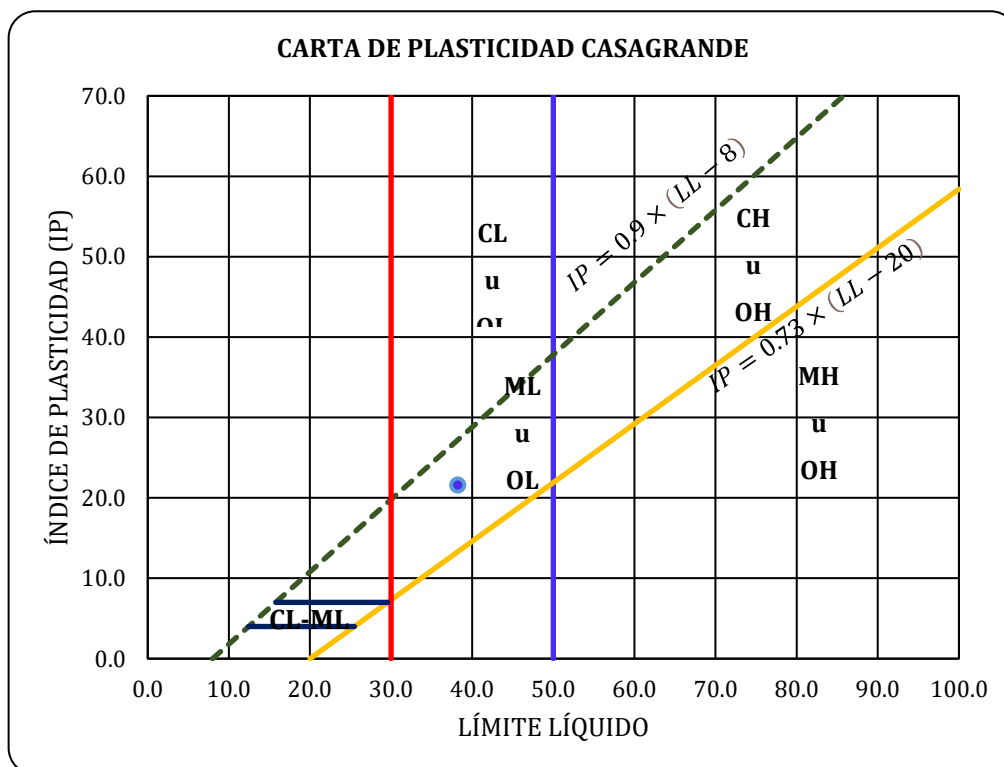


Figura 20. Carta de plasticidad Casagrande.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

### Clasificación granulométrica según SUCS y AASHTO.

Según SUCS la clasificación del suelo es SP, ya que estas poseen un determinado valor del L.L. y I.P. además recalcar que el suelo inalterado presenta una cantidad de 5% de materiales orgánicos (generalmente raíces).

De la calicata C-01 se obtuvo lo siguiente:

- ✓ Limite Plástico (L.P.) = 16.67 %
- ✓ Limite Líquido (L.L.) = 38.24 %
- ✓ Índice Plástico (I.P.) = 21.58 %

Teniendo estos valores se procede a la clasificación del suelo por el método de AASHTO como se observa en la tabla 23 llegando a los siguientes resultados donde se aprecia que el suelo es tipo arenoso con contenido de limos y arcillas

**Tabla 23.** Sistema de clasificación AASHTO.

Sistema de clasificación AASHTO											
Clasificación General	Suelos Granulares ( $\leq 35\%$ pasa 0.08 mm)						Suelos Finos ( $> 35\%$ pasa 0.08 mm)				
Grupo	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Sub-Grupo	A - 1a	A - 1b		A - 2-4	A - 2-5	A - 2-6*	A - 2-7*			A - 7-5** A - 7-6**	
Nº 10	$\leq 50$										
Nº 40	$\leq 30$	$\leq 50$	$\geq 51$	$\leq 35$			$\geq 36$				
Nº 200	$\leq 15$	$\leq 25$	$\geq 10$								
LL				$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$	$\leq 40$	$\geq 41$
IP	$\leq 6$		NP	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\geq 11$	$\geq 11$
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas, Limosas y Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Aspectos a tener en cuenta	**A - 7 - 5: $IP \leq (LL - 30)$					**A - 7 - 6: $IP > (LL - 30)$					
	$IG = 0.2 * a + 0.005 * a * c + 0.01 * b * d$ ; $IG = (F - 35) * (0.2 + 0.005 * (LL - 40)) + 0.01 * (F - 15) * (IP - 10)$ *Para A - 2 - 6 y A - 2 - 7: $IG = (F - 15) * (IP - 10) * 0.01$ Si el suelo es NP ---> $IG = 0$ ; Si $IG < 0$ ---> $IG = 0$										

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la Tabla 24 se muestra los resultados de permeabilidad donde el tipo de clasificación obtenido del suelo es una arena con contenido de limos de baja plasticidad, como consecuencia su permeabilidad muy baja, es por ello se optó por realizar el ensayo de permeabilidad de carga variable obteniendo los valores de  $1.32 \times 10^{-5}$  cm/s a  $1.41 \times 10^{-5}$  cm/s, típico de suelos arenosos con contenido de limos no plásticos, indicándonos que el suelo tiene una permeabilidad muy baja.

**Tabla 24. Resultados de la Permeabilidad a carga constante y variable.**

ASTM D2434 - 19: Método de prueba estándar para la permeabilidad de suelos granulares (altura constante)					
ASTM D2434 - 19: Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)					
N.T.P. 339.127					
PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE Y VARIABLE					
MUESTRA ALTERADA	M-001	M-002	M-003	Simbología	Unidad
(1) Peso del Permeámetro	2,055.00		2,055.00	Wp	gr
(2) Diámetro del Permeámetro	7.26		7.26	D	cm
(3) Altura del Permeámetro	15.55		15.55	L	cm
(4) Área del Permeámetro	41.36		41.36	A	cm <sup>2</sup>
(5) Volumen del Permeámetro	643.12		643.12	Vp	cm <sup>3</sup>
(6) Peso del Permeámetro + Muestra	2,512.00		2,573.00	Wp+m	gr
(7) Altura de la Muestra	12.50		13.10	Hm	cm
(8) Volumen de la Muestra	516.98		541.80	Vm	cm <sup>3</sup>
(9) Peso de la Muestra	457.00		518.00	Wm	gr
(10) Diámetro del Tubo Capilar	0.87		0.87	d	cm
(11) Área del Tubo Capilar	0.59		0.59	a	cm <sup>2</sup>
(12) Ascensión Capilar	0.34		0.34	HC	cm
(13) Altura inicial del Agua en t=0	100.00		100.00	h1	cm
(14) Altura final del Agua en t=x	81.00		82.00	h2	cm
(15) Tiempo que demora en pasar un Determinado Volumen	3362.00		3365.00	t	seg
(16) Permeabilidad	1.40629E-05		1.32319E-05	K	cm/seg

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

**Tabla 25. Resultado de contenido de humedad.**

LA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS POR MASA ASTM D-2216-98					
MUESTRA ALTERADA					
MUESTRA ALTERADA	M-001	M-002	E-001	E-002	UNIDAD
(1) Peso suelo Húmedo + Recipiente	215.00		456.00		gr
(2) Peso suelo Seco + Recipiente	193.00		401.00		gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	22.00		55.00		gr
(4) Peso del Recipiente	82.00		118.00		gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	111.00		283.00		gr
(6) Porcentaje de Humedad = $100 \times \frac{(3)}{(5)}$	19.82		19.43		%
	Promedio %H		19.63		

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

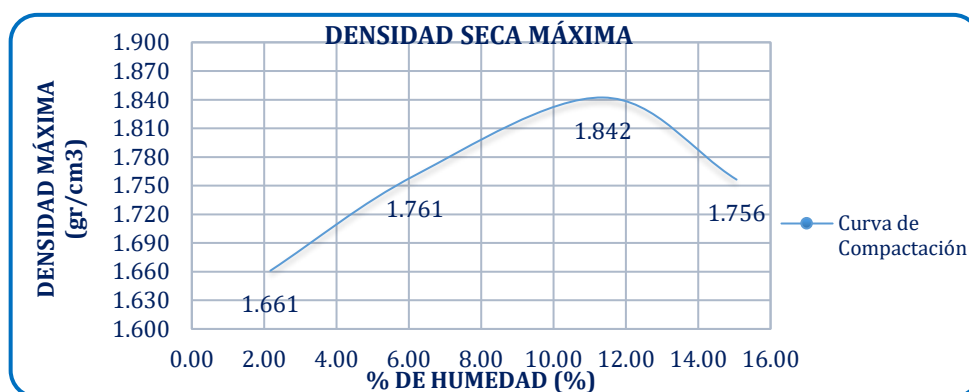
En la tabla 26 se muestra los resultados obtenidos del ensayo del Proctor modificado.

**Tabla 26. Resultados del Proctor modificado.**

DATOS DEL MOLDE - PROCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°	1	2	3	4	Unidad
(1) Diámetro del Proctor	14.89	14.89	14.89	14.89	cm
(2) Altura del Proctor	11.38	11.38	11.38	11.38	cm
(3) Volumen del Proctor	1,983.09	1,983.09	1,983.09	1,983.09	cm <sup>3</sup>
(4) Peso Material + Proctor	10,152.00	10,494.00	10,855.00	10,794.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,786.50	6,786.50	6,786.50	6,786.50	gr
(6) Peso del Material Húmedo	3,365.50	3,707.50	4,068.50	4,007.50	gr
<b>(7) Densidad del suelo Húmedo</b>	<b>1.70</b>	<b>1.87</b>	<b>2.05</b>	<b>2.02</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>
CONTENIDO DE HUMEDAD					
(1) Peso suelo Húmedo + Capsula	276.00	267.00	231.00	273.00	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	272.00	257.00	216.00	248.00	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	4.00	10.00	15.00	25.00	gr
(4) Peso de la Capsula	88.00	95.00	84.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	184.00	162.00	132.00	166.00	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = $100 \times (3) / (5)$	2.17	6.17	11.36	15.06	%
(8) Densidad Máxima del suelo Seco	1.661	1.761	1.842	1.756	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

En la figura 21 se muestra los resultados de la densidad seca máxima versus el porcentaje de humedad obtenidos en el laboratorio.



**Figura 21: Densidad seca máxima.**

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

### C) Resultados del relieve topográfico.

Esta importante ruta vecinal tiene su punto inicial en Emp Pe-1S (San Jacinto) geográficamente inicia en las coordenadas Sur: 8164249.00; Este: 744454.00 del sistema UTM WGS-84, zona 18 K y su punto final se ubica en Emp. AR-541 geográficamente finaliza en las coordenadas Sur: 8163434.00, Este: 742622.00, topográficamente, comienza a altura de 37 m.s.n.m. (Km. 0+000) y finaliza a altura de 31 m.s.n.m. (Km 1+935)

En la figura 22 se muestra el plano de ubicación del camino vecinal tramo: Emp. Pe-1S (San Jacinto) - Emp. Ar-541, Camaná, del Km 0+000 al Km 1+935.

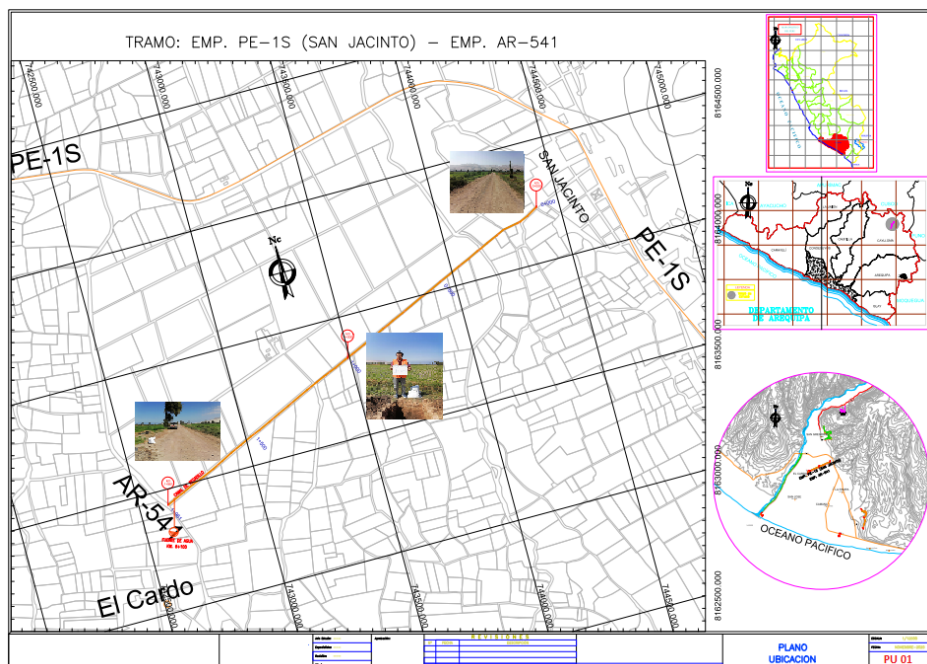


Figura 22. Plano de ubicación del camino vecinal.

Con la ayuda del equipo topográfico y una camioneta se realizó un recorrido de todo el tramo, efectuando el levantamiento del eje del camino, posteriormente en gabinete se desarrolló un alineamiento del eje del camino vecinal, en el que se pudo determinar el estacado de la vía, con los puntos de las estacas guardadas en el equipo se procedió a realizar el levantamiento, para contar posteriormente con una base de datos adecuada, para determinar las progresivas cada 50 metros se contó con el apoyo de Software Civil Cad 3D. En la tabla 27 mostramos el resumen de las progresivas cada 50 metros, considerando pendiente y ancho de la superficie de rodadura.

**Tabla 27. Progresivas cada 50 metros, pendiente y ancho.**

Progresivas		Tipo de Terreno	Pendiente (%)	Ancho Superf. Rodadura
Del Km	Al Km		Min.	
0+000	0+050	1	-1.69%	4.50
0+050	0+055	2	6.00%	4.80
0+055	0+088	1	-2.82%	3.60
0+088	0+100	2	-4.00%	3.70
0+100	0+150	2	-5.56%	3.20
0+150	0+200	1	-2.82%	3.90
0+200	0+250	1	-2.05%	4.20
0+250	0+282	1	-1.80%	4.30
0+282	0+287	2	-4.00%	5.00
0+287	0+300	1	-1.50%	3.60
0+300	0+304	2	-4.00%	3.40
0+304	0+350	1	-2.32%	2.70
0+350	0+400	1	-2.58%	3.00
0+400	0+450	1	-2.42%	3.20
0+450	0+500	1	-2.14%	3.70
0+500	0+550	1	-2.19%	2.90
0+550	0+597	1	-2.32%	3.10
0+597	0+600	1	0.00%	2.80
0+600	0+650	1	-2.24%	2.60
0+650	0+700	1	-2.19%	3.00
0+700	0+750	1	-2.14%	3.70
0+750	0+768	1	-2.29%	2.70
0+768	0+800	1	-1.93%	4.20
0+800	0+843	1	-2.11%	3.30
0+843	0+850	1	-1.75%	2.80
0+850	0+861	1	-2.00%	3.30
0+861	0+900	1	-2.31%	5.30
0+900	0+950	1	-2.10%	3.50
0+950	0+952	1	0.00%	3.50
0+952	0+957	1	-2.50%	4.30
0+957	1+000	1	-2.16%	3.10
1+000	1+050	1	-2.42%	3.20
1+050	1+100	1	-2.00%	3.20
1+100	1+110	1	-2.67%	3.00
1+110	1+146	1	-2.27%	2.70
1+146	1+150	2	-4.00%	3.00
1+150	1+153	1	-2.00%	3.40
1+153	1+158	2	-5.00%	4.40
1+158	1+200	1	-2.44%	4.40
1+200	1+250	1	-2.25%	3.00
1+250	1+300	1	-2.14%	3.20
1+300	1+350	1	-2.19%	3.60
1+350	1+400	1	-2.24%	3.70
1+400	1+450	1	-2.14%	3.50
1+450	1+500	1	-1.86%	3.00
1+500	1+550	1	-2.14%	3.20
1+550	1+600	1	-2.24%	3.40
1+600	1+650	1	-1.96%	3.50
1+650	1+700	1	-2.00%	3.30
1+700	1+750	1	-2.35%	3.30
1+750	1+800	1	-2.53%	3.10
1+800	1+850	1	-2.14%	3.10
1+850	1+900	1	-2.30%	3.20
1+900	1+931	1	-2.15%	3.00
1+931	1+935	1	-2.00%	6.20
Tipo de terreno		Plano: Tipo 1	Ondulado: Tipo 2	

En la tabla 28 indicamos la localización del sistema de subdrenaje con geodren, en ambos lados para controlar el flujo de agua que es dañino para el camino vecinal.



**Tabla 28.** Localización del sistema de subdrenajes con Geodrén.

Numero	Longitud (m)	Progresivas		Pendiente (%) Min.	Cota	Vía
		Del Km	Al Km			
1	100	0+000	0+050	1.41 %	44.000	Ambos lados de la vía
		0+050	0+055		44.510	
		0+055	0+088		43.859	
		0+088	0+100		42.680	
2	150	0+100	0+150	0.24 %	43.333	Ambos lados de la vía
		0+150	0+200		42.590	
		0+200	0+250		42.975	
3	37	0+250	0+282	0.34 %	43.100	Ambos lados de la vía
		0+282	0+287		42.720	
4	310	0+287	0+300	0.35 %	43.925	Ambos lados de la vía
		0+300	0+304		43.480	
		0+304	0+350		43.907	
		0+350	0+400		42.813	
		0+400	0+450		42.790	
		0+450	0+500		42.930	
		0+500	0+550		42.905	
5	203	0+550	0+597	0.12 %	42.840	Ambos lados de la vía
		0+597	0+600		44.794	
		0+600	0+650		44.845	
		0+650	0+700		44.845	
		0+700	0+750		44.845	
		0+750	0+768		44.845	
6	61	0+768	0+800	1.13 %	44.541	Ambos lados de la vía
		0+800	0+843		44.727	
		0+843	0+850		44.118	
		0+850	0+861		44.186	
7	91	0+861	0+900	0.68 %	44.659	Ambos lados de la vía
		0+900	0+950		44.845	
		0+950	0+952		44.034	
8	148	0+952	0+957	0.05 %	44.085	Ambos lados de la vía
		0+957	1+000		44.727	
		1+000	1+050		44.845	
		1+050	1+100		44.845	
		1+100	1+110		44.169	
9	40	1+110	1+146	1.64 %	43.183	Ambos lados de la vía
		1+146	1+150		43.840	
10	50	1+150	1+153	1.93 %	43.940	Ambos lados de la vía
		1+153	1+158		43.750	
		1+158	1+200		42.975	
11	250	1+200	1+250	2.14 %	42.875	Ambos lados de la vía
		1+250	1+300		42.930	
		1+300	1+350		42.905	
		1+350	1+400		42.880	
		1+400	1+450		42.930	
12	200	1+450	1+500	1.00 %	43.070	Ambos lados de la vía
		1+500	1+550		42.930	
		1+550	1+600		42.880	
13	150	1+600	1+650	0.20 %	43.020	Ambos lados de la vía
		1+650	1+700		43.000	
		1+700	1+750		42.825	
		1+750	1+800		42.735	
14	135	1+800	1+850	0.01 %	42.930	Ambos lados de la vía
		1+850	1+900		42.850	
		1+900	1+931		43.334	
		1+931	1+935		43.920	

Una vez que se realizó el levantamiento topográfico, los datos obtenidos son procesados en el software Civil 3D y obtenidos el perfil longitudinal de 1,935 km del tramo del camino vecinal en estudio como podemos apreciar en la figura 23.

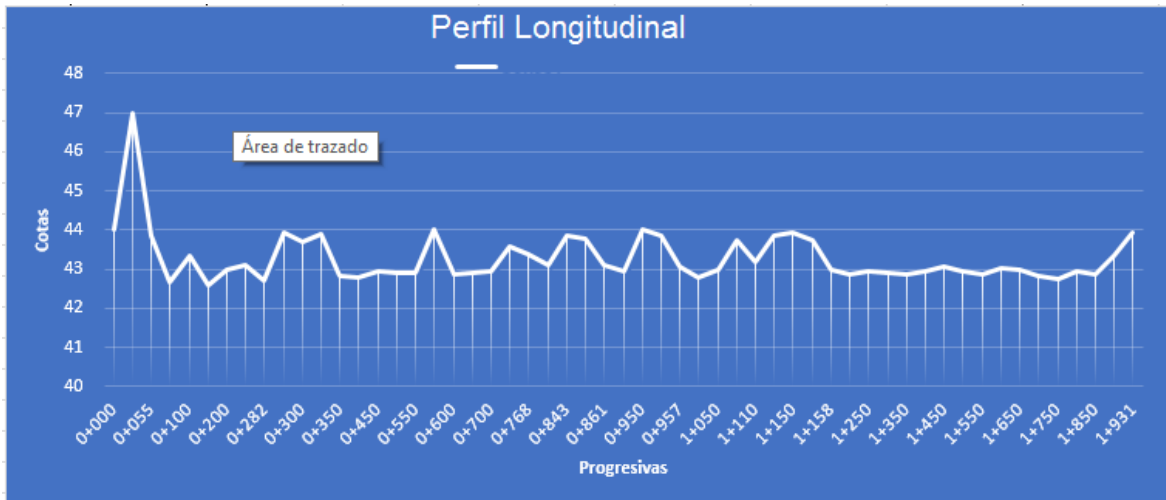


Figura 23. Perfil longitudinal.

En el perfil longitudinal se ha procedido a obtener las pendientes de cada tramo del camino vecinal, según tabla 27.

## V. DISCUSIÓN

Según el objetivo general, el cual consistió en controlar el flujo de infiltración de un camino vecinal mediante el diseño del sistema de subdrenajes con geodren. Según Marín y Pérez (2014), con su estudio de tesis denominado: Drenaje y subdrenaje en carreteras, teniendo como objetivo general: La definición de cuán importante es los dispositivos del drenaje, de igual manera en respecto al sub drenaje que brinde mayor durabilidad y un óptimo desempeño de las vías.

Nuestro caso se concluyó, con el diseño de un sistema de subdrenajes con geodren que controlaría el flujo de infiltración en un camino vecinal, de la progresiva 0+000 a la 1+935 del distrito de Nicolás de Piérola de la provincia de Camana; donde se realizó estudios de mecánica de suelos, de topografía así determinar el tipo de geotextil, el número de georedes y el diámetro del medio de evacuación (tubería), también se utilizaron como instrumento el manual de diseño con geosintéticos, Por lo tanto, es evidente que un buen diseño de un sistema de subdrenajes con geodren, traerá mayor durabilidad y un óptimo desempeño de las vías.

El primer objetivo específico, definir el tipo de geotextil, número de geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes por medio de los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención.

Según Rondoy y Callan (2019), con su estudio de tesis denominado: "Diseño del geodren como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos - Piura, 2018. Con la finalidad de generar un diseño de geodren a modo de sistema de subdrenaje para el sector en cuestión ubicado en Buenos Aires Emp PI-1020 (km 0+000 al km 1+000), Piura". Llegando a las siguientes conclusiones: en resultado de la unidad transversal del sistema de geodren abarca superficies de 120 cm. \* 60 cm, también se empleó una clase de geotextil no tejido (punzonado por agujas), seleccionado debido a sus características hidráulicas y mecánicas, 01 geored y a su vez una tubería HDPE (perforada de diámetro de 4") que permita evacuar un caudal de características relevantes (0.005 m<sup>3</sup>/s). la porosidad, permeabilidad y porcentajes de vacíos terminaron siendo superiores al del suelo a nivel subrasante, por otro lado, los planos proporcionados consintieron establecer el lugar del geodren, de manera que

del Km 0+000 al Km 0+180 estuvo ubicado en un extremo de la vía, mientras que para el Km 0+180 al Km 1+000 se dispuso en los dos extremos.

En nuestra investigación se determinó lo siguiente, de la progresiva 0+000 al 1+935, se obtuvo una sección transversal de ancho ( $A = 20$  cm) y una profundidad ( $H = 50$  cm). Siendo las características del geotextil: permeabilidad ( $K_g = 0.044$  cm/s), TAA = 0.18 mm, porosidad igual al 51 %, longitud de desarrollo ( $L_t = 150$  cm) y el tipo de geotextil aplicado sería no tejido punzonado por aguja, el medio drenante consta 01 geored, el medio de evacuación, consta de una tubería HDPE perforada, con un diámetro 65 mm y el caudal transportado será de 0.0003 m<sup>3</sup>/s. Para hallar el valor de la precipitación máxima, se obtuvo del informe técnico de SENAMHI, análisis de las condiciones pluviométricas a nivel nacional durante el periodo lluvioso 2019 – 2020. siendo de 32.40mm/día

El segundo objetivo específico, determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes en relación a la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico.

Según (Alvarado y Naranjo, 2012), Fueron dos muestras las que se obtuvieron, llegando a las siguientes conclusiones: En cuanto al ejemplar A, (del Km 0+000 al Km 1+715), la permeabilidad ( $K$ ) obtuvo un valor de 0.00085 cm/seg, un  $C_u$  (coeficiente de uniformidad) un 58.37 y el  $D_{85}$  en 10.47 mm, mientras que el  $D_{60}$  con 4.39 mm, el  $D_{50}$  dando 1.90 mm, el  $D_{15}$  en 0.22 mm y por último el  $D_{10}$  igual a 0.08 mm. En cuanto al ejemplar B, (del Km 1+715 al Km 3+080) la permeabilidad ( $K$ ) valorizada en 0.00085 cm/seg y el  $C_u$  (coeficiente de uniformidad) de 28.77 ( $D_{85} = 16.06$  mm;  $D_{60} = 4.81$  mm,  $D_{50} = 2.06$  mm,  $D_{15} = 0.25$  mm y  $D_{10} = 0.17$  mm), en el ejemplar C, (del Km 3+080 al Km 3+590), una permeabilidad del suelo ( $K_s = 0.000135$  cm/s) y un coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) = 2.14.

En nuestra investigación se concluyó con la realización de (01) calicata en la progresiva 1+000 a 1.50 m. de profundidad respecto al nivel de subrasante, encontrándose dos estratos de muestra, los siguientes resultados de la granulometría:  $D_{85} = 0.24$  mm,  $D_{60} = 0.61$  mm,  $D_{50} = 0.13$  mm,  $D_{15} = 0.10$  mm,  $D_{10} = 0.16$  mm, una permeabilidad en el ensayo de laboratorio ( $K_s = 0.0000140$  cm/s) y un coeficiente de uniformidad ( $C_u = 3.86$ ). La muestra presentó las siguientes características: según clasificación AASHTO: A-2 6(11), según la

clasificación SUCS: SP. También los siguientes datos: Densidad Seca = 1.842 g/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad 19.63 %, máxima densidad seca = 1.842 g/cm<sup>3</sup>, humedad óptima = 11.3640 %, límite líquido (%) = 38.24, límite plástico (%) = 16.67 y un índice de plasticidad (%) = 21.58.

El tercer objetivo específico, definir el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.

Según Rondoy y callan (2019) ubico el sistema de subdrenaje usando Geodren a lo largo de 01 km del camino vecinal, de acuerdo al levantamiento topográfico, se ubicó: en un solo lado de la vía: del km 0+000 al km 0+020 con una pendiente de -0.95 %, del km 0+020 al km 0+060 con una pendiente de 0.23%, del km 0+060 al km 0+160 con una pendiente del 0.34 %, del km 0+160 al km 0+180 con una pendiente de -2.00 %. en ambos lados de la vía: del km 0+180 al km 0+340 con una pendiente de 0.14 %, del km 0+340 al km 0+520 con una pendiente de 0.16 %, del km 0+520 al km 0+820 con una pendiente de 0.01% y del km 0+820 al km 1+000 con una pendiente de 0.29 %.

En nuestra investigación se concluyó con los resultados de la progresiva 0+000 al 0+100 con una pendiente 1.41%, del 0+100 al 0+250 con una pendiente 0.24% del 0+250 al 0+287 con una pendiente 0.34%, del 0+287 al 0+597 con una pendiente de 0.35%, del 0+597 al 0+800 con una pendiente 0.12%, del 0+800 al 0+0861 con una pendiente 1.13%, del 0+861 al 0+0952 con una pendiente 0.68%, del 0+952 al 1+110 con una pendiente 0.05%, del 1+110 al 1+150 con una pendiente de 1.64%, del 1+150 al 1+200 con una pendiente 1.93%, del 1+200 al 1+450 con una pendiente 2.14%, del 1+450 al 1+600 con una pendiente 1.00%, del 1+600 al 1+800 con una pendiente 0.20%, del 1+800 al 1+935 con una pendiente 0.01% son colocados en ambos lados de la vía.

## VI. CONCLUSIONES

1. Con los resultados obtenidos, se realizó el diseño de un sistema de subdrenajes con geodren llegándose a controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, en la cual se obtuvo la sección transversal de 50 cm de profundidad y 20 cm de ancho, el tipo de geotextil es el no tejido punzonado por aguja sería el medio filtrante, (01) geored como medio drenante y 01 tubería HPDE perforada de 65 mm de diámetro que transportara un caudal total de 0.0003 m<sup>3</sup>/s; que será evacuado a un canal; la zanja será rellena, con grava de ¾", que aumentara la vida útil del sistema.
2. Se definió el tipo de geotextil no tejido punzonado por aguja, que presenta las siguientes características: Permeabilidad (Kg) = 0.044 cm/s, TAA = 0.18 mm, longitud de desarrollo de 150 cm, porosidad = 51%. como el medio drenante 01 geored como el medio drenante y para el medio de evacuación se empleó una tubería HDPE perforada con un diámetro de 65 mm que transportara un caudal total de 0.0003 m<sup>3</sup>/s.
3. En los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo, se obtuvo los resultados: D<sub>85</sub> = 0.24 mm, D<sub>60</sub> = 0.61 mm, D<sub>50</sub> = 0.13 mm, D<sub>15</sub> = 0.10 mm, D<sub>10</sub> = 0.16 mm, una permeabilidad en el ensayo de laboratorio (K<sub>s</sub> = 0.0000140 cm/s) y el coeficiente de uniformidad (C<sub>u</sub>) = 3.86 tipo de suelo según la clasificación AASHTO: A-2 6(11), según la clasificación SUCS =SP. densidad Seca = 1.842 g/cm<sup>3</sup>, contenido de humedad 19.63 %, máxima densidad seca = 1.842 g/cm<sup>3</sup>, humedad óptima = 11.3640 %, límite líquido (%) = 38.24, límite plástico (%) = 16.67 y un índice de plasticidad (%) = 21.58.
4. Se obtuvo los relieves topográficos, teniendo como resultado las siguientes pendientes: progresiva: 0+000 al 0+100 con una pendiente 1.41%, progresiva 0+100 al 0+250 con una pendiente 0.24%, progresiva 0+250 al 0+287 con una pendiente 0.34%, progresiva 0+287 al 0+597 con una pendiente de 0.35%, progresiva 0+597 al 0+800 con una pendiente 0.12%, progresiva 0+800 al

0+0861 con una pendiente 1.13%, progresiva 0+861 al 0+952 con una pendiente 0.68%, progresiva 0+952 al 1+110 con una pendiente 0.05%, progresiva 1+110 al 1+150 con una pendiente de 1.64%, progresiva 1+150 al 1+200 con una pendiente 1.93%, progresiva 1+200 al 1+450 con una pendiente 2.14%, progresiva 1+450 al 1+600 con una pendiente 1.00%, progresiva 1+600 al 1+800 con una pendiente 0.20%, progresiva 1+800 al 1+935 con una pendiente 0.01% donde fueron colocados en ambos lados de la vía.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda emplear el sistema de subdrenaje con geodren, que se desarrolló en la investigación ya que el desempeño de este es adecuado para la protección del camino vecina evitando la erosión del suelo por las filtraciones de agua y a su vez es un aporte a la conservación de medio ambiente ya que podremos reutilizar el agua.
2. Se recomienda realizar los estudios de los diversos ensayos de laboratorio que se les aplican a los geotextiles tejidos y no tejidos, para así poder determinar la factibilidad de poder realizarse los ensayos en nuestro país, de esta manera podremos tener un control comprobado de la calidad de los geotextiles.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

ALVARADO, Maria y NARANJO, Jamil. Diseño del Subdrenaje Vial en la via Tranca-tambo Viejo de 3.6 km. Peru, 2012. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2012: 127 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3fcqSup>

BALLÉN, Gedeón, PÉREZ, Milton y ROJAS, Nelson. Análisis de factibilidad para la implementación de un geodren para el Barrio Ciudad Alsacia. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Alsacia: Universidad Católica de Colombia, 2014: 50 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3hN0RDG>

BARRETO, Jacqueline. Control de Erosión en Obras de Drenaje Transversal de Carreteras ubicadas en Zonas Andinas. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2004: 185 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3ibQKIE>

BRAJA, Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4.<sup>a</sup> ed. Colombia Bogotá: Thomson Lear Ning, 1985. 608 pp.

ISBN 970-686-061-4

Disponible en <https://bit.ly/3yxdGrP>

DIAZ, Jony, ESCOBAR, Oscar y OLIVIO, Eduardo. Aplicacion de los Geosinteticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras. Trabajos de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad del Salvador, 2009: 459 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2RyyjmW>

GAMEZ, Willian. Texto basico autoformativo de topografia general. Universidad Nacional Agraria. Edicion UNA, 2015. 206 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3bN5o5e>

GÓMEZ, Sergio. Metodología de la Investigación. Primera edición. México: Red Tercer Milenio S.C., 2012. 92 pp.

ISBN 978-607-733-149-0.

Disponible en <https://bit.ly/3zLwzXH>

GARZÓN, Jessica y BAEZ, Fernando. Efectos del flujo del agua superficial y subterránea en la estructura de los pavimentos flexibles. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Bogota: Universidad la Gran Colombia, 2015. 273 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3fH7BjJ>

Geosistemas, PAVCO. Manual de diseño con geosinteticos. 9<sup>na</sup> ed. Bogotá: Diserio y Diagramacion Norte Grafico, 2012: 474 pp.

Disponible en: <https://bit.ly/2Skcc3m>

HERNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.<sup>ta</sup> ed. México DF: Colonia Desarrollo Santa fe, McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2014. 601 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Disponible en <https://bit.ly/2QH4Q9M>

MINISTERIO de Transportes y INSITUTO Naconal de Vias. Manual de diseño geometrico de carreteras. Bogota, Instituto de Vias, 2008: 298 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3vfa4sv>

SENAMHI. Informe tecnico Análisis del periodo de lluvias 2019/2020 a nivel nacional. Lima, Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú, 2020: 63 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2SB4eU9>

MARÍN, Elizabeth y PÉREZ, Ivette. Drenaje y Subdrenaje en Carreteras. Trabajo de graduacion (Obtension del titulo de ingeniero Civil) D.F.: Instituto Politécnico Nacional, 2014, 205 pp.

Disponible en <https://bit.ly/1QE3Q9M>

MARAVI, Geovanna. Diseño de geosintéticos para la estabilización de taludes y drenaje en la vía Chupaca - Roncha. Huancayo. Trabajo de graduación (Obtención de título del ingeniero Civil). Chucapa: Universidad Peruana los Andes, 2019, 191 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3wwWT6t>

MENÉNDEZ, Jose. Ingeniería de Pavimentos: Materiales, Diseño y Conservación. 2<sup>da</sup> ed. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2012: 344 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2ShyqTV>

Ministerio de transporte y comunicaciones. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa, 2008: 208 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3oIp8fu>

Ministerio de Transportes y comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Lima : MTC, 2016: 1269 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3j0HLZM>

Ministerio de transportes y comunicaciones. Manual de carreteras: Diseño geométrico. Lima : MTC, 2018: 285 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3hIOSqR>

Ministerio de Transportes y Instituto Nacional de Vías. Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá, Instituto de Vías, 2008: 298pp.

Disponible en <https://bit.ly/3vfa4sv>

MONROY, Francisco. Diseño de sistemas de subdrenajes con elementos filtrantes en obras viales. Trabajo de graduación (Obtención del título de ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010: 136 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3u9JXIf>

NIÑO, Aníbal. Diseño del pavimento rígido usando geodrenes en tramo crítico, para controlar nivel freático en la avenida Andres Avelino Cáceres, Lambaye. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo, 2018: 424 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3bPI1sX>

Pu, Esli. Drenaje y proteccion de estructuras por medio de Geocompuestos. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010: 137 pp.

Disponible en: <https://bit.ly/3wxMpnr>

PULECIO, Julián. Tipología obras de drenaje y subdrenaje en vías. Bogotá, Universidad Cooperativa de Colombia, 2015: 31 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3bLXcT1>

RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La ingenieria de los suelos en las vias terrestres carreteras, ferrocarriles y aeropistas. Mexico: Limusa, 2005: 532 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3udBayA>

UNIVERSIDAD, Cesar Vallejo.Codigo de etica en investigacion de la Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Universidad Cesar Vallejo, 2020: 19 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3cGVD95>

RODRÍGUEZ, Leónidas. Estabilización de subrasante con nivel freático alto atraves de drenaje subteraneo de la obra: mejoramiento de calles del Distrito de Ahuaycha, Provincia de Tayacaja – Huancavelica. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad Peruana los Andes, 2017: 220 pp.

Disponible en <https://bit.ly/2Slz6Hz>

RONDOY, Wilson y CALLAN, Harold. Diseño del geodren como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020) Km 0+000 al Km 1+000, Catacaos - Piura, 2018. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo, 2019: 190 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3hM7VAX>

SARMIENTO, Bernardo. Evaluacion de la migracion de finos alrededor de subdrenes. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad de Cuenca, 2015: 137 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3oK6eFo>

SUÁREZ Jaime. Deslizamientos técnicos de remediación - capítulo 2: Obras de drenaje y subdrenaje. DF: Erosión, 2006: 62 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3fc0fGb>

SACKSCHEWSKI, Carlos. “Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110”. (Obtención del título de ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017: 81 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3ig7Chr>

SUPO, José. Cómo empezar una tesis – Tu proyecto de investigación en un solo día. 1<sup>era</sup> Ed. Arequipa: Bioestadístico EIRL, 2015: 70 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3yo05SY>

VEGA, Daniel. Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (KM 1+000 A 2+000). Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Ponteficia Universidad Catolica del Peru, 2018: 128 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3oIpL8Q>

VELAZCO, Jaime. Analisis de costo y eficiencia de subdrenaje para la via interoceánica. Trabajo de graduacion (Obtencion del titulo de ingeniero Civil). Universidad Alas Peruanas, 2019: 170 pp.

VIVAR, German. Diseño y construccion de pavimento. 2<sup>da</sup> ed. Lima: Colecciones del Ingeniero Civil, 1995: 310 pp.

Disponible en <https://bit.ly/3vcQpt9>

## **Norma**

Norma Técnica Peruana MTC E 906. Permeabilidad, 1999. 13 pp.

Norma Técnica Peruana MTC E107. Análisis Granulométrico por Tamizado, 1999. 7 pp.

Norma Técnica Peruana MTC E 111. Limite plástico, 2000. 3 pp.

Norma Técnica Peruana MTC E 110. Limite líquido, 2000. 10 pp.

Norma Técnica Peruana MTC E 115. Proctor modificado, 2000. 23 pp.

American Society of Testing Materials ASTM D - 2434. Permeabilidad, 2000. 9 pp.

American Society of Testing Materials ASTM D - 422. Análisis Granulométrico por Tamizado, 2007. 15 pp.

American Society of Testing Materials ASTM D - 4318. Limite plástico y limite líquido, 2005. 32 pp.

## ANEXO

### Anexo 1: Matriz de consistencia

“Diseño de un sistema de subdrenajes con Geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021.”

**Tabla 29.** Cuadro de matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	METODOLOGIA
<b>PROBLEMA PRINCIPAL</b> ¿Cómo el diseño de un sistema de subdrenajes con geodren controlaría el flujo de infiltración en un camino vecinal?	<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b> Controlar el flujo de infiltración de un camino vecinal mediante el diseño del sistema de subdrenajes con Geodren.	<b>VI:</b> Diseño un sistema Subdrenajes. <b>VD:</b> Infiltración	Manual  Cantidad	Criterios  m <sup>3</sup> /s.	<b>Método:</b> Empírico <b>Tipo de Investigación:</b> Finalidad: Aplicada <b>Nivel de investigación:</b> Descriptivo explicativo. <b>Diseño de investigación:</b> Diseños descriptivos. M-----)O ✓ M=Muestra, ✓ O=Observación.  <b>POBLACION</b> Camino vecinal tramo: EMP. PE-1S (SAN JACINTO) - EMP. AR-541, Camaná, Arequipa. <b>Muestra:</b> Progresiva: 1+000 <b>Muestreo:</b> No Probabilístico – por criterio  <b>Técnica:</b> análisis documental, exploración de campo y observación <b>Instrumentos:</b> software Geosoft, manual de diseño con geosintético, ensayos de laboratorio, equipo de topografía.
<b>PROBLEMA ESPECIFICO Nº 1</b> ¿Cuáles son los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención que definirían el tipo y número de geotextil, geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes?	<b>OBJETIVO ESPECIFICO Nº 1</b> Definir el tipo y número de Geotextil, Geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes por medio de los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención	<b>VI:</b> Permeabilidad, colmatación, caudal y retención.  <b>VD:</b> Tipo, numero de geotextil y tubería.	Cantidad  Especificación	mm. m/s, %, m <sup>3</sup> /s,  mm,	
<b>PROBLEMA ESPECIFICO Nº 2</b> ¿Cuál es la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico que determinarían los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes?	<b>OBJETIVO ESPECIFICO Nº 2</b> Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes en relación a la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico.	<b>VI:</b> Granulometría Límite líquido y plástico <b>VD:</b> Parámetros volumétricos y gravimétricos	Cantidad  Especificación	mm.  gr/cm <sup>3</sup> , mm, cm/s	
<b>PROBLEMA ESPECIFICO Nº 3</b> ¿Cuáles son los niveles apropiados que definirían un relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes?	<b>OBJETIVO ESPECIFICO Nº 3</b> Definir el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.	<b>VI:</b> Niveles <b>VD:</b> Relieve	Cotas.	m. %	

**Anexo 2: Matriz de Operacionalización.**

**Tabla 30. Cuadro de matriz de operacionalización.**

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	DEFINICION OPERACIOAL	ESCALA DE MEDICION
DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	MEDIO FILTRANTE	"Conformado por el geotextil, que se encarga de retener las partículas de los suelos y dejar pasar el flujo del agua" (Monrroy Melgar, 2010, p.1).	PERMEABILIDAD
		MEDIO DRENANTE	"Conformado por la geored, encargado de transportar los fluidos que pasan por medio del elemento filtrante, función que desempeña cualquier medio poroso, ya sea natural o sintético" (Monrroy Melgar, 2010, p.1).	RETENCION
		MEDIO EVACUACION	"Es aquella tubería que puede ser perforada, envuelta de un relleno de un geotextil y mediante su correcta colocación permite la captación de aguas de infiltración" (Alvarado Calle, y otros, 2012, p.35).	COLMATACION
DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	"El estudio de la mecánica de suelo determina las características y propiedades del suelo, para el correcto diseño de sistema de subdrenaje con Geodren" (Monrroy Melgar, 2010, p. 47)	TRANSMISIBILIDAD (LEY DE DARCY)
				CAUDAL DE DISEÑO (Manual de diseño con geosintetico CALCULO DE FACTOR SEGURIDAD)
				Especificaciones técnicas (manual de diseño con Geosintetico)
				Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado (MTC E-107, ASTM D 422).
DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p. 253).	LEVANTAMIENT O TOPOGRAFICO	"El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento" (Gamez Morales, 2015, p.10).	Permeabilidad (MTC E 906 ASTM D 2434).
				Determinación del Limite Liquido de los suelos (MTC E 110, NTP 339.129: SUELOS)
				Determinación del Limite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad (MTC E 111, NTP 339.129: SUELOS).
				Calicatas (MTC E -101, ASTM D 420).
DISEÑO DE SISTEMA DE SUBDRENAJE	"Elaboración de los componentes conformado por un geotextil, una geored y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada" (Geosistemas PAVCO, 2012, p.253).	LEVANTAMIENT O TOPOGRAFICO	"El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento" (Gamez Morales, 2015, p.10).	Plano de Ubicación (PU)
				Perfil Longitudinal



**Anexo 3:** Instrumentos y técnicas para la recolección de datos.

**Tabla 31.** Cuadro de instrumentos y técnicas para la recolección de datos.

OBJETIVO ESPECIFICO	INSTRUMENTOS	TECNICA
Definir el tipo de geotextil, numero de geored y tubería para el diseño de un sistema de subdrenajes por medio de los niveles de permeabilidad, colmatación, caudal y retención	Software Geosoft PAVCO V3.0 Manual de Diseño con geosintético	Análisis Documental
Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo para el diseño del sistema de subdrenajes en relación a la granulometría, permeabilidad, límite líquido y plástico	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Observación y exploración de campo.
Definir el relieve topográfico eficiente para una buena conducción en el diseño de un sistema de subdrenajes en respuesta a los niveles apropiados.	Estación total Civil 3D	Exploración de campo

#### Anexo 4: Cuestionario de validez del instrumento.

CUESTIONARIO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO					
<b>Título de la Tesis</b>	:	Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021			
<b>Apellidos y Nombres de los investigadores</b>	:	Álvarez Ticona, Leonardo Jesús Guerra Sanchez. Sergio Luis			
<b>Apellidos y Nombres del experto</b>	:				
<b>Profesión</b>	:		<b>CIP</b>	:	

Estimado Experto: La presente encuesta corresponde a un estudio de investigación acerca de diseño de un sistema de subdrenaje con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal. La encuesta no es anónima, por lo que le solicitamos su sinceridad en sus respuestas.

**Instrucción:**  
Valore marcando con una "X" según el indicador mostrado debajo, para poder evaluar a los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación "Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal" según la escala del 1 al 5, donde 1 es (totalmente en desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (indeciso), 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).

N°	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿En su experiencia profesional cree usted que es importante realizar fichas de recolección de datos para la validación de algún instrumento?					
2	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo del análisis granulométrico por tamizado debe realizarse según las normas ASTM D - 422 y/o MTC E 107 para obtener excelentes resultados?					
3	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la permeabilidad de suelos granulares debe realizarse según las normas ASTM D - 2434 y/o MTC E 906 para obtener excelentes resultados?					
4	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite líquido debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 y/o MTC E 110 para obtener excelentes resultados?					
5	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite plástico debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 - MTC E 111 para obtener excelentes resultados?					
6	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo de Proctor modificado debe realizarse según las normas ASTM D - 1557 - MTC E 115 para obtener excelentes resultados?					
7	¿De acuerdo a su experiencia profesional cuando trabajo con el GPS navegador obtuvo resultados reales con márgenes de error permisibles?					
8	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el equipo topográfico estación total marca Leica es ideal para realizar el levantamiento topográfico?					

-----  
Firma y sello del experto

Figura 24. Formato del cuestionario de validez del instrumento.

### CUESTIONARIO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

<b>Título de la Tesis</b>	:	Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021
<b>Apellidos y Nombres de los investigadores</b>	:	Álvarez Ticona, Leonardo Jesús Guerra Sanchez. Sergio Luis

<b>Apellidos y Nombres del experto</b>	:	Ing. Julio Cesar Guerra Sánchez	
<b>Profesión</b>	:	Ingeniero Civil	<b>CIP</b> : 193928

Estimado Experto: La presente encuesta corresponde a un estudio de investigación acerca de diseño de un sistema de subdrenaje con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal. La encuesta no es anónima, por lo que le solicitamos su sinceridad en sus respuestas.

**Instrucción:**

Valore marcando con una "X" según el indicador mostrado debajo, para poder evaluar a los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación "Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal" según la escala del 1 al 5, donde 1 es (totalmente en desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (indeciso), 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).

N°	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿En su experiencia profesional cree usted que es importante realizar fichas de recolección de datos para la validación de algún instrumento?					X
2	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo del análisis granulométrico por tamizado debe realizarse según las normas ASTM D - 422 y/o MTC E 107 para obtener excelentes resultados?				X	
3	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la permeabilidad de suelos granulares debe realizarse según las normas ASTM D - 2434 y/o MTC E 906 para obtener excelentes resultados?				X	
4	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite líquido debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 y/o MTC E 110 para obtener excelentes resultados?				X	
5	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite plástico debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 - MTC E 111 para obtener excelentes resultados?				X	
6	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo de Proctor modificado debe realizarse según las normas ASTM D - 1557 - MTC E 115 para obtener excelentes resultados?					X
7	¿De acuerdo a su experiencia profesional cuando trabajo con el GPS navegador obtuvo resultados reales con márgenes de error permisibles?				X	
8	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el equipo topográfico estación total marca Leica es ideal para realizar el levantamiento topográfico?					X

  
**Firma y sello del experto**  
**Julio César Guerra Sánchez**  
  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP 193928**

Figura 25. Validación de instrumento experto 1

### CUESTIONARIO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

<b>Título de la Tesis</b>	: Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021
<b>Apellidos y Nombres de los investigadores</b>	: Álvarez Ticona, Leonardo Jesús Guerra Sanchez, Sergio Luis

<b>Apellidos y Nombres del experto</b>	: Mamani Amaru Henry Isaias
<b>Profesión</b>	: Ingeniero Civil. CIP : 165025

Estimado Experto: La presente encuesta corresponde a un estudio de investigación acerca de diseño de un sistema de subdrenaje con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal. La encuesta no es anónima, por lo que le solicitamos su sinceridad en sus respuestas.

**Instrucción:**

Valore marcando con una "X" según el indicador mostrado debajo, para poder evaluar a los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación "Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal" según la escala del 1 al 5, donde 1 es (totalmente en desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (indeciso), 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).

N°	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿En su experiencia profesional cree usted que es importante realizar fichas de recolección de datos para la validación de algún instrumento?				X	
2	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo del análisis granulométrico por tamizado debe realizarse según las normas ASTM D - 422 y/o MTC E 107 para obtener excelentes resultados?				X	
3	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la permeabilidad de suelos granulares debe realizarse según las normas ASTM D - 2434 y/o MTC E 906 para obtener excelentes resultados?				X	
4	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite líquido debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 y/o MTC E 110 para obtener excelentes resultados?			X		
5	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite plástico debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 - MTC E 111 para obtener excelentes resultados?				X	
6	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo de Proctor modificado debe realizarse según las normas ASTM D - 1557 - MTC E 115 para obtener excelentes resultados?				X	
7	¿De acuerdo a su experiencia profesional cuando trabajo con el GPS navegador obtuvo resultados reales con márgenes de error permisibles?			X		
8	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el equipo topográfico estación total marca Leica es ideal para realizar el levantamiento topográfico?			X		

  
 Henry Isaias Mamani Amaru  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. 165025

**Firma y sello del experto**

Figura 26. Validación de instrumento experto 2

### CUESTIONARIO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

<b>Título de la Tesis</b>	:	Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal, Arequipa 2021
<b>Apellidos y Nombres de los investigadores</b>	:	Álvarez Ticona, Leonardo Jesús Guerra Sanchez. Sergio Luis
<b>Apellidos y Nombres del experto</b>	:	Palacios Seira Javier
<b>Profesión</b>	:	Ingeniero Civil CIP : 76646

Estimado Experto: La presente encuesta corresponde a un estudio de investigación acerca de diseño de un sistema de subdrenaje con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal. La encuesta no es anónima, por lo que le solicitamos su sinceridad en sus respuestas.

**Instrucción:**

Valore marcando con una "X" según el indicador mostrado debajo, para poder evaluar a los instrumentos utilizados en el proyecto de investigación "Diseño de un sistema de subdrenajes con geodren para controlar el flujo de infiltración en un camino vecinal" según la escala del 1 al 5, donde 1 es (totalmente en desacuerdo), 2 (en desacuerdo), 3 (indeciso), 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo).

N°	Preguntas	1	2	3	4	5
1	¿En su experiencia profesional cree usted que es importante realizar fichas de recolección de datos para la validación de algún instrumento?				X	
2	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo del análisis granulométrico por tamizado debe realizarse según las normas ASTM D - 422 y/o MTC E 107 para obtener excelentes resultados?					X
3	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la permeabilidad de suelos granulares debe realizarse según las normas ASTM D - 2434 y/o MTC E 906 para obtener excelentes resultados?					X
4	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite líquido debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 y/o MTC E 110 para obtener excelentes resultados?				X	
5	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que la determinación del límite plástico debe realizarse según las normas ASTM D - 4318 - MTC E 111 para obtener excelentes resultados?					X
6	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el ensayo de Proctor modificado debe realizarse según las normas ASTM D - 1557 - MTC E 115 para obtener excelentes resultados?					X
7	¿De acuerdo a su experiencia profesional cuando trabajo con el GPS navegador obtuvo resultados reales con márgenes de error permisibles?				X	
8	¿De acuerdo a su experiencia profesional cree usted que el equipo topográfico estación total marca Leica es ideal para realizar el levantamiento topográfico?					X

  
 JAVIER B. PALACIOS SEIRA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP : 76646  
**Firma y sello del experto**

Figura 27. Validación de instrumento experto 3

# ANEXO 5: Ensayos de laboratorio 2021.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
**SH & ML S.R.L.**  
**PARTIDA REGISTRAL N.º 11017842 - RUC: 20498405275**



 <b>SH&amp;ML S.R.L.</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	 <b>SH&amp;ML S.R.L.</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>
PROYECTO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUBDRENAJES CON GEODREN PARA CONTROLAR EL FLUJO DE INFILTRACION EN UN CAMINO VECINAL AREQUIPA 2021" UBICACIÓN: UBICADO EN EL TRAMO EMP. PE 1S (SAN JACINTO) EMP. AR-541 DISTRITO DE NICOLÁS DE PIÉROLA Y JOSÉ MARÍA QUIMPER DE LA PROVINCIA DE CAMPANA DE LA REGIÓN DE AREQUIPA. TIPO DE EXCAVACIÓN: A CIELO ABIERTO PROFUNDIDAD: SUPERFICIAL. CALICATA N° C-01	FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2021 TIPO DE MUESTRA: ALTERADA
<b>ASTM D2434 - 19: MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PERMEABILIDAD DE SUELOS GRANULARES (ALTURA CONSTANTE)</b> <b>ASTM D2434 - 19: Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)</b> N.T.P. 339.127	

	PERMEABILIDAD A CARGA CONSTANTE Y VARIABLE				UNIDAD
	M-001	M-002	M-003	Simbología	
(1) Peso del Permeámetro	2,055.00		2,055.00	Wp	gr
(2) Diámetro del Permeámetro	7.26		7.26	D	cm
(3) Altura del Permeámetro	15.55		15.55	L	cm
(4) Área del Permeámetro	41.36		41.36	A	cm <sup>2</sup>
(5) Volumen del Permeámetro	643.12		643.12	Vp	cm <sup>3</sup>
(6) Peso del Permeámetro + Muestra	2,512.00		2,573.00	Wp+m	gr
(7) Altura de la Muestra	12.50		13.10	l m	cm
(8) Volumen de la Muestra	516.98		541.80	Vm	cm <sup>3</sup>
(9) Peso de la Muestra	457.00		518.00	Wm	gr
(10) Diámetro del Tubo Capilar	0.87		0.87	d	cm
(11) Área del Tubo Capilar	0.59		0.59	a	cm <sup>2</sup>
(12) Ascensión Capilar	0.34		0.34	hC	cm
(13) Altura inicial del Agua en t=0	100.00		100.00	h1	cm
(14) Altura final del Agua en t=x	81.00		82.00	h2	cm
(15) Tiempo que demora en pasar un Determinado Volumen	3362.00		3365.00	t	seg.
(16) Permeabilidad	1.40629E-05		1.32319E-05	K	cm/seg

**Edwin I. Miranda León**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 134446

Está terminantemente prohibido la producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SH & ML S.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados. Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

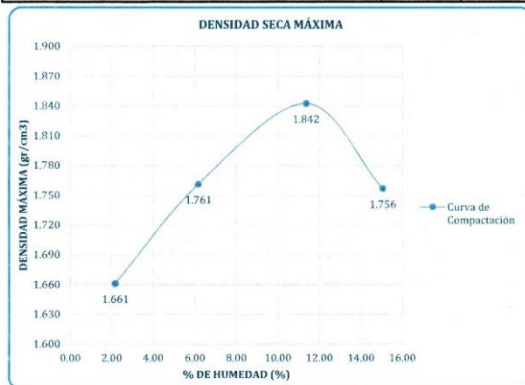
Laboratorio: Calle Corbacho N.º 116 Dpto. 01 - Arequipa (A media cuadra del Siglo XX) - Teléfono: 054 - 630140 - Celular RPC: 959 - 796480  
 E-mail: [edwinleon@hotmail.com](mailto:edwinleon@hotmail.com) - [shym1\\_srl@hotmail.com](mailto:shym1_srl@hotmail.com) - Horario de Atención: 08:00 Hrs a 18:00 Hrs.

Figura 28. Permeabilidad de suelos granulares

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

PROYECTO:	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUBDRENAJES CON GEODREN PARA CONTROLAR EL FLUJO DE INFILTRACIÓN EN UN CAMINO VECINAL AREQUIPA 2021"
UBICACIÓN:	UBICADO EN EL TRAMO EMP. PE 1S (SAN JACINTO) EMP. AR-541 DISTRITO DE NICOLÁS DE PIÉROLA Y JOSÉ MARÍA QUIMPER DE LA PROVINCIA DE CAMPANA DE LA REGIÓN DE AREQUIPA.
TIPO DE EXCAVACION:	A CIELO ABIERTO
PROFUNDIDAD:	SUPERFICIAL CALICATA N° C-01 FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2021
	TIPO DE MUESTRA: ALTERADA
MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 kN-m/m <sup>3</sup> - 56000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> ) ASTM D1557-2012 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Using Modified Effort (56000 ft-lbf/R <sup>3</sup> - 2700 kN-m/m <sup>3</sup> ) N.T.P. 339.141	

DATOS DEL MOLDE - PROCTOR MODIFICADO					
ENSAYO N°	1	2	3	4	UNIDAD
(1) Diámetro del Proctor	14,89	14,89	14,89	14,89	cm
(2) Altura del proctor	11,38	11,38	11,38	11,38	cm
(3) Volumen del proctor	1,983.09	1,983.09	1,983.09	1,983.09	cm <sup>3</sup>
(4) Peso Material + Proctor	10,152.00	10,494.00	10,855.00	10,794.00	gr
(5) Peso del Molde Proctor	6,786.50	6,786.50	6,786.50	6,786.50	gr
(6) Peso del Material Humedo	3,365.50	3,707.50	4,068.50	4,007.50	gr
(7) Densidad del suelo Humedo	1.70	1.87	2.05	2.02	gr/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD					
(1) Peso suelo Humedo + Capsula	276.00	267.00	231.00	273.00	gr
(2) Peso suelo Seco + Capsula	272.00	257.00	216.00	248.00	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	4.00	10.00	15.00	25.00	gr
(4) Peso de la Capsula	88.00	95.00	84.00	82.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	184.00	162.00	132.00	166.00	gr
(6) (W) Porcentaje de Humedad = 100 x (3) / (5)	2.17	6.17	11.36	15.06	%
(8) Densidad Maxima del suelo Seco	1.661	1.761	1.842	1.756	gr/cm <sup>3</sup>



RESULTADOS	
% DE HUMEDAD OPTIMA	
11.364	%
MAXIMA DENSIDAD SECA	
1.842	gr/cm <sup>3</sup>

Edwin I. Miranda León  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 134446

- NOTA:
- 1.- LAS COPIAS DE ESTE INFORME DE ENSAYO NO SON VÁLIDAS SIN LA AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO.
  - 2.- EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DEL USO Y LA INTERPRETACIÓN INADECUADO DE LOS DATOS DEL PRESENTE INFORME
  - 3.- EL INFORME CORRESPONDE ÚNICA Y EXCLUSIVAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA.

Está terminantemente prohibido la producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SH & ML S.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.  
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Laboratorio: Calle Corbacho N.º 116 Dpto. 01 - Arequipa (A media cuadra del Siglo XX) - Teléfono: 054 - 630140 - Celular RPC: 959 - 796480  
E-mail: [edwinleon@hotmail.com](mailto:edwinleon@hotmail.com) - [shymml\\_srl@hotmail.com](mailto:shymml_srl@hotmail.com) - Horario de Atención: 08:00 Hrs a 18:00 Hrs.

Figura 29. Metodo de ensayo para la compactacion del suelo  
Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

PROYECTO:	"DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUBDRENAJES CON GEODREN PARA CONTROLAR EL FLUJO DE INFILTRACIÓN EN UN CAMINO VECINAL AREQUIPA 2021"
UBICACIÓN:	UBICADO EN EL TRAMO EMP. PE 1S (SAN JACINTO) EMP. AR-541 DISTRITO DE NICOLÁS DE PIÉROLA Y JOSÉ MARÍA QUIMPER DE LA PROVINCIA DE CAMPANA DE LA REGIÓN DE AREQUIPA.
TIPO DE EXCAVACIÓN:	A CIELO ABIERTO
PROFUNDIDAD:	SUPERFICIAL CALICATA N° C-01 FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2021 ALTERADA

ASTM D-422; AASHTO T 27-88: DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS (METODO MECÁNICO)  
ASTM D-422; AASHTO T 27-88: Determination of the Granulometric Analysis of Soils (Mechanical Method)  
N.T.P. 400.012 (Revisión 2018)

Malla	Diametro (mm)	Retenido Peso (gr)	Retenido %	Retenido Acumulado %	Pasante Acumulado %
2-1/2"	63.500				100.00
2"	50.800				100.00
1-1/2"	38.100				100.00
1"	25.400				100.00
3/4"	19.050				100.00
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.763	2.00	0.28	0.28	99.72
N° 8	2.380	4.00	0.55	0.83	99.17
N° 10	2.000	5.00	0.69	1.52	98.48
N° 16	1.190	49.00	6.75	8.26	91.74
N° 20	0.850	56.00	7.71	15.98	84.02
N° 30	0.600	84.00	11.57	27.55	72.45
N° 40	0.426	224.00	30.85	58.40	41.60
N° 50	0.297	112.00	15.43	73.83	26.17
N° 80	0.177	72.00	9.92	83.75	16.25
N° 100	0.149	53.00	7.30	91.05	8.95
N° 200	0.075	36.00	4.96	96.01	3.99
FONDO		29.00	3.99	100.00	
Zumatorias =>		726.000	100.00		

DATOS

Limite Líquido: 38.24%  
Limite Plástico: 16.67%

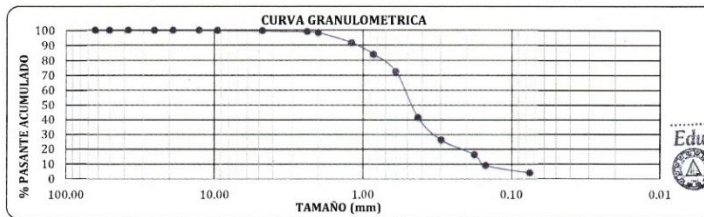
Presenta Organicos? NO  
NO

RESULTADOS

D60 0.61  
D30 0.33  
D10 0.16  
Cu 3.86  
Cc 1.11  
INDICE PLASTICO 21.58%

Modulo de Finura 2,018

Clasificación SUCS SP  
Clasificación AASTHO A-2-6 (11)



Edwin I. Miranda León  
Ingeniero Civil  
C.I.P. 134446

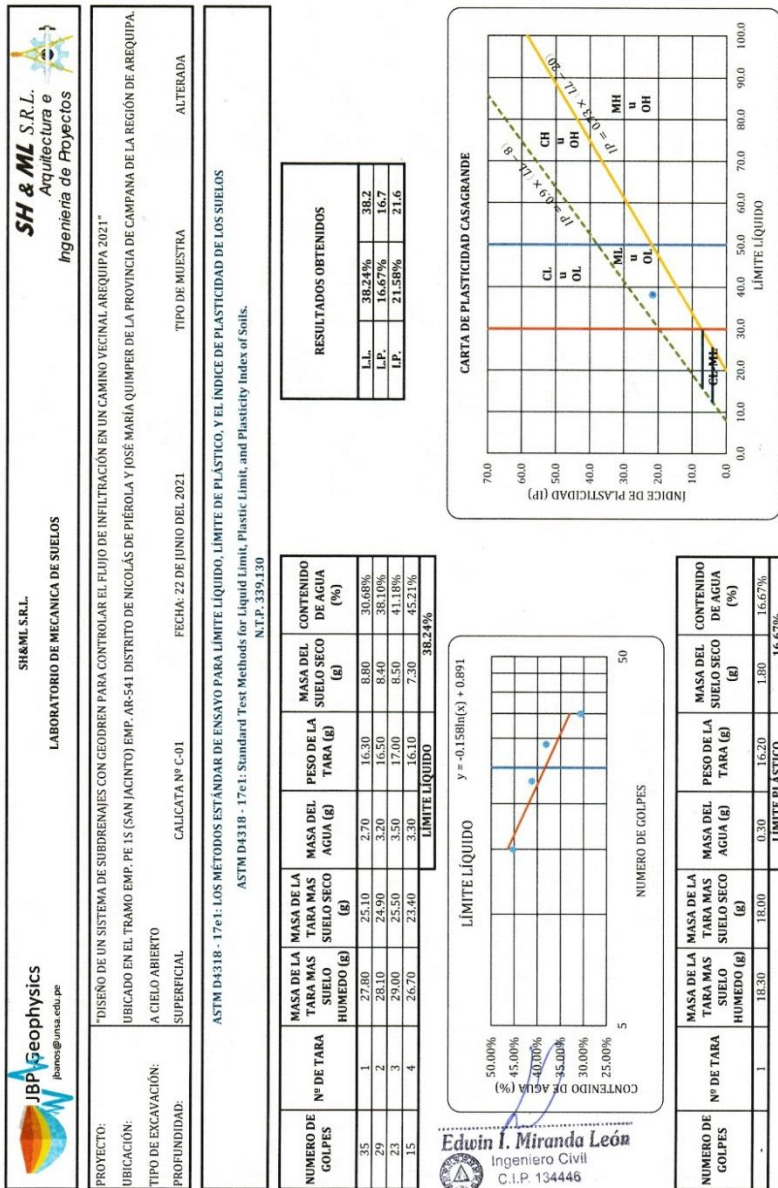
Está terminantemente prohibido la producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SH & ML S.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.  
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio: Calle Corbacho N.º 116 Dpto. 01 - Arequipa (A media cuadra del Siglo XX) - Teléfono: 054 - 630140 - Celular RPC: 959 - 796480  
E-mail: edwinmleon@hotmail.com - shyml\_srl@hotmail.com - Horario de Atención: 08:00 Hrs a 18:00 Hrs.

Figura 30. Determinación de analisis granulometrico de los suelos.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.







Está terminantemente prohibido la producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SH & ML S.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.  
 Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio: Calle Corbacho N.º 116 Dpto. 01 - Arequipa (A media cuadra del Siglo XX) - Teléfono: 054 - 630140 - Celular RPC: 959 - 796480  
 E-mail: [edwinmleon@hotmail.com](mailto:edwinmleon@hotmail.com) - [shym\\_l\\_srl@hotmail.com](mailto:shym_l_srl@hotmail.com) - Horario de Atención: 08:00 Hrs a 18:00 Hrs.

Figura 31. Metodos estadares de los ensayos.  
 Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

 JBP Geophysics jbenos@unsa.edu.pe	SH&ML S.R.L. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	 SH & ML S.R.L. Arquitectura e Ingeniería de Proyectos
PROYECTO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUBDRENAJES CON GEODREN PARA CONTROLAR EL FLUJO DE INFILTRACIÓN EN UN CAMINO VECINAL AREQUIPA 2021"	UBICACIÓN: QUIMPER DE LA PROVINCIA DE CAMPANA DE LA REGIÓN DE AREQUIPA.	TIPO DE MUESTRA: A CIELO ABIERTO
PROFUNDIDAD: SUPERFICIAL	CALICATA N.º C-01	FECHA: 22 DE JUNIO DEL 2021
ASTM D-2216 - 98: MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE SUELOS Y ROCAS POR MASA		
ASTM D-2216 - 98: Standard test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soils and Rocks by Mass		
N.T.P. 339.127		

	MUESTRA ALTERADA		UNIDAD
	M-001	E-002	
(1) Peso suelo Humedo + Recipiente	215.00	456.00	gr
(2) Peso suelo Seco + Recipiente	193.00	401.00	gr
(3) Peso del Agua = (1) - (2)	22.00	55.00	gr
(4) Peso del Recipiente	82.00	118.00	gr
(5) Peso del Suelo Seco = (2) - (4)	111.00	283.00	gr
(6) Porcentaje de Humedad = $100 \times (3) / (5)$	19.82	19.43	%
	Promedio %H		19.63

  
**Edwin I. Miranda León**  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. 134446

Está terminantemente prohibido la producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de SH & ML S.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados. Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio: Calle Corbacho N.º 116 Dpto. 01 - Arequipa (A media cuadra del Siglo XX) - Teléfono: 054 - 630140 - Celular RPC: 959 - 796480  
 E-mail: [edwinmleon@hotmail.com](mailto:edwinmleon@hotmail.com) - [shymml\\_srl@hotmail.com](mailto:shymml_srl@hotmail.com) - Horario de Atención: 08:00 Hrs a 18:00 Hrs.

Figura 32. Determinación contenido de humedad de suelos.  
 Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

**ANEXO 6:** Certificados de calibracion del laboratorio SH&ML S.R.L.



*Figura 33.* Certificado de calibracion.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**Código del certificado**  
**IB-434-2020**

Laboratorio de Masa

1 de 1

**Fecha de calibración:** 2020-08-11

**Instrumento de medida:** Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático

**Marca:** Patrick's

**Modelo:** No indica

**Número de Serie:** No indica

**Identificación:** No indica

**Procedencia:** No indica

**Capacidad máxima:** 30 kg

**División de escala:** 1 g

**Div. Escala de verificación:** 1 g

**Tipo:** Electrónica

**Clase de exactitud:** No indica

**Solicitante:** SH & ML S.R.L.

**Dirección solicitante:** Zona 1 Mza. D Lote. 11 Mirador de M. Melgar - Arequipa

**Número de páginas:** 05 Páginas

**Expediente:** E1229-2201B-2020

**Lugar de calibración:** Laboratorio de Masa de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su falsificación o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a la norma de protección del consumidor y la que regula la libre competencia.

El Certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente Operaciones, Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. y Supervisor de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado:

Arequipa, 12 de Agosto de 2020



Amílcar Madroza Arcaut  
Supervisor del laboratorio



José Luis Rosales Saavedra  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.



PT02-INRE/CB-01-C | Ed. 05

Documento de calibración N° 68096 y N° 605575

Figura 34. Certificado de calibración IB-434-202.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.  
CALIDAD, PRECISIÓN Y EXACTITUD

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Código del certificado  
ML - 426- 2020

Pág. 1 de 1

Laboratorio de Longitud

Numero de Expediente: E1229-2201B-2020  
*File number*

Fecha de calibración: 2020-08-10  
*Calibration Date*

Solicitante: SH & ML S.R.L.  
*Applicant*

Dirección solicitante: Zona 1 Mza. D Lote. 11 Asoc. Mirador de M. Melgar, Manano Melgar - Arequipa.  
*Applicant address*

Instrumento de medida: Tamiz  
*Measuring instrument*

Marca: GRAN TEST  
*Manufacturer / Brand*

Modelo: No indica  
*Model*

Numero de serie: 20393  
*Serial Number*

Identificación: No indica  
*Internal code*

Lugar de calibración: Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.  
*Calibration Place*

Este certificado de calibración demuestra la trazabilidad a los patrones nacionales que realizan las unidades de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.  
*This calibration certificate provides documentary evidence for the traceability to national standards, carried out by the units of measurement according to the international System of Units (SI).*

Este certificado no constituye una autorización legal para su uso en la certificación metrológica de terceros partes.  
*This certificate does not constitute a legal authorization for the use thereof for the metrological certification of third parties.*

Es responsabilidad del usuario establecer la frecuencia de calibración de este instrumento. Esta declaración es aplicable en el sistema de gestión de su empresa.  
*The user shall be responsible for establishing the calibration frequency of this instrument. This statement is an applicable aspect of the management system of his company.*

Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado.  
*These results are only related to the item described in this certificate.*

Fecha de emisión: Arequipa, 10 de Agosto de 2020  
*Date of issue*

Aprobado por:  
*Approved by*



— José Luis Rosales Saavedra  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.



LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los errores que pueda cometer el uso incorrecto o inadecuado de sus instrumentos y tampoco de interpretaciones incorrectas o inadecuadas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of its instruments and for incorrect or undue interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced either fully or in part without the written approval of LO JUSTO S.A.C.

Figura 35. Certificado de calibración ML-426-2020.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.**  
**CALIDAD, PRECISIÓN Y EXACTITUD**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**Laboratorio de Longitud**

**Código del certificado**  
**ML - 425- 2020**

*(Pg. 1 de 3)*

<b>Numero de Expediente:</b> <i>File number</i>	E1229-2701R-2020	<i>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales que realizan los análisis de medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades.</i> <i>This calibration certificate provides documentary evidence for the traceability to national standards, carried out by the unit of measurement according to the International System of Units (SI).</i>
<b>Fecha de calibración:</b> <i>Calibration Date</i>	2020-08-10	<i>Este certificado no constituye una autorización legal para su uso en la certificación metroológica de terceros partes.</i> <i>This certificate does not constitute a legal authorization for the use thereof for the metrological certification of third parties.</i>
<b>Solicitante:</b> <i>Applicant</i>	SH & ML S.R.L.	<i>Es responsabilidad del usuario establecer la frecuencia de calibración de este instrumento. Esta declaración es aspecto evaluable en el sistema de gestión de su empresa.</i> <i>The user shall be responsible for establishing the calibration frequency of this instrument. This statement is an evaluable aspect in the management system of his company.</i>
<b>Dirección solicitante:</b> <i>Applicant address</i>	Zona 1 Mzn. D Lote. 11 ASOC. Mirador de M. Melgar, Mariano Melgar - Arequipa.	<i>Estos resultados están relacionados únicamente con el ítem descrito en este certificado.</i> <i>These results are only related to the item described in this certificate.</i>
<b>Instrumento de medida:</b> <i>Measuring instrument</i>	Tamiz	
<b>Marca:</b> <i>Manufacturer / Brand</i>	GRAN TEST	
<b>Modelo:</b> <i>Model</i>	No indica	
<b>Numero de serie:</b> <i>Serial Number:</i>	20516	
<b>Identificación:</b> <i>Internal code</i>	No indica	
<b>Lugar de calibración:</b> <i>Calibration Place</i>	Laboratorio de Longitud de LO JUSTO S.A.C.	

**Fecha de emisión:** Arequipa, 10 de Agosto de 2020  
*Date of issue*

**Aprobado por:**  
*Approved by*

  
**José Luis Rosales Saavedra**  
 Supervisor de Operaciones  
 LO JUSTO S.A.C.



LO JUSTO S.A.C. no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de una herramienta y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. Este certificado de calibración no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. is not responsible for the damages that may result from the incorrect or inadequate use of this instrument and for incorrect or wrong interpretations of this document. This calibration certificate may not be reproduced other than in full except with written approval of LO JUSTO S.A.C.

ISO / IEC 17025

S 082983

**Figura 36.** Certificado de calibracion ML-425-2020.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.  
Laboratorio de calibración de instrumentos de medición

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**Código del certificado**  
**OT - 066 - 2020**

Pág. 1 de 3

<b>Fecha de calibración:</b>	2020-08-10
<b>Instrumento:</b>	Molde Proctor Modificado
<b>Marcas:</b>	RUMISTONE
<b>Modelo:</b>	S-0120
<b>Serie :</b>	No indica
<b>Identificación Molde:</b>	1.1-2746
<b>Diámetro Nominal:</b>	4"
<b>Identificación Martillo:</b>	No indica
<b>Solicitante:</b>	SH & ML S.R.L.
<b>Dirección solicitante:</b>	Zona 1 Mza. D Lote 11 Asoc. Mirador de M. Melgar, Mariano Melgar - Arequipa.
<b>Expediente:</b>	E1229-2201B-2020
<b>Lugar de calibración:</b>	Laboratorio de LO JUSTO S.A.C.
<b>Número de páginas:</b>	03 Pág.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el instrumento u objeto calibrado, no pudiendo atender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con respecto de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es inocuo a los parámetros de referencia de INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del instrumento. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de las percepciones que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí descritos.

El certificado de calibración es un documento de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regulan la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma de alguno de los siguientes: Gerente General, Gerente de Operaciones, Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.



Arequipa, 10 de Agosto de 2020

  
**José Luis Rosales Saavedra**  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.



Etiqueta de calibración N°: 68255

ISO/IEC 17025

S 082989

Figura 37. Certificado de calibración OT-006-2020.  
Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.

LABORATORIO DE CALIBRACION LO JUSTO S.A.C.  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**Código del certificado**  
**IMV - 562 - 2020**

Pág. 1 de 2

Laboratorio de Volumen

Fecha de calibración:	2020-08-13
Instrumento de medida:	Matraz de un solo trazo - Flota
Marca:	PYREX
Modelo:	5642C-500
Serie:	No indica
Identificación:	LJV-723
Procedencia:	No indica
Valor nominal:	500 ml
Resolución:	No tiene
Temp. De Referencia:	20 °C
Tipo:	In
Clase de exactitud:	A ± 0,20 ml
Tiempo de espera:	No aplica
Solicitante:	SH & ML S.R.L.
Dirección:	Zona 1 Mez.D Lote.11 Asoc. Mirador de M. Melgar - Mariano Melgar - Arequipa - Arequipa.
Número de páginas:	02 Págs.
Expediente:	E1229-2201-2020
Lugar de calibración:	Laboratorio de Volumen de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, en posición, estado, sus resultados u ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con norma de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trámite a los patrones de referencia del INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.


LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos un infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la feo competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General, Gerente de Operaciones o Supervisor de Operaciones de LO JUSTO S.A.C. y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado:

Arequipa, 13 de Agosto de 2020



Nancy A. Hu Apaza  
Responsable Laboratorio de Volumen (R)



Jose Luis Rosales Sarvedja  
Supervisor de Operaciones  
LO JUSTO S.A.C.

FT03-INRECC-A Ed. 1

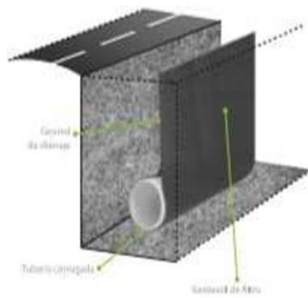
Etiquetas de calibración N° 07997 / 005941

Figura 38. Certificado de calibracion IMV-562-2020.

Fuente: Laboratorio SH&ML S.R.L., 2021.



## ANEXO 7: Especificaciones técnicas geodren vial.



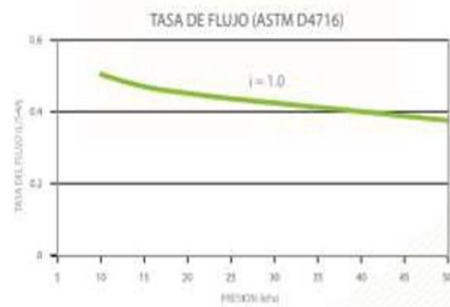
## GEODRÉN VIAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
ESPECIALIZADO PARA EL DRENAJE LATERAL DE VÍAS

El geodren vial es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geodren plano y tubería corrugada de drenaje. Este sistema es resistente a la corrosión, los agroquímicos, tolera cualquier grado de acidez del suelo y es inmune a los agentes bioquímicos.

GEOTEXTIL NO TEJIDO DE FILTRO			
PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
Tamaño de apertura aparente	ASTM D4751	mm (Nº. Tamiz)	0.180 (80)
Permittividad	ASTM D4491	s <sup>-1</sup>	2.9
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	44 x 10 <sup>-7</sup>
Tasa de flujo	ASTM D4491	L/min/m <sup>2</sup>	8109

GEORED (HDPE)			
PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
Espesor	ASTM D5199	mm	7.0
Resistencia a la compresión	ASTM D1621	kPa	700
Resistencia a la tensión	ASTM D695	kN/m	48



CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA TUBERÍA CORRUGADA DE DRENAJE FÓRMULA DE PRANDTL COLEBROOK								
Pendiente (%)	65 mm		100 mm		160 mm		200 mm	
	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)
0.5	0.28	0.84	0.38	3.05	0.46	8.29	0.53	15.25
1.0	0.40	1.19	0.55	4.33	0.65	11.74	0.75	21.57
2.0	0.57	1.68	0.77	6.12	0.92	16.61	1.07	30.52
4.0	0.80	2.38	1.09	8.67	1.29	23.50	1.51	43.17
6.0	0.98	2.91	1.34	10.62	1.59	28.78	1.85	52.88
8.0	1.13	3.36	1.55	12.26	1.83	33.24	2.13	61.07
10.0	1.27	3.76	1.73	13.71	2.05	37.16	2.38	68.28

GRADIENTE HIDRÁULICO	i=0.1
PRESIÓN	l/s-m
10 kPa	0.48965
20 kPa	0.4492
50 kPa	0.3916

Figura 39. Especificaciones técnicas geodren vial.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)



## Valor agregado del Sistema

### *Menor tiempo de ejecución por:*

- Menor volumen de excavación
- Fácil manipulación e instalación
- Permite el reemplazo de grava seleccionada por materiales granulares del sitio

### *Menor impacto ambiental por:*

- Menor exigencia de capacidad en botaderos, por menor volumen de excavación
- Reducción en la explotación de materiales pétreos no renovables, generando disminución de la huella de carbono por ahorro de combustible

### *Ahorro económico por:*

- Menor recorrido de acarreo por disminución en el volumen de excavación y materiales pétreos
- Ideal para obras de difícil acceso o distantes de las fuentes de materiales
- Mayor vida útil de su capacidad drenante, debido a que sus tiempos de colmatación son mucho mayores que los filtros convencionales, disminuyendo el mantenimiento en las vías

Figura 40. Ventajas del sistema de subdrenaje.

Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)

**Anexo 8:** Panel fotografico de evidencias de trabajo en campo.



*Figura 41.* Medición de la calicata 1.50m. de profundidad.



*Figura 42.* Ubicación de la calicata progresiva km. 1+000



*Figura 43.* Excavación de la calicata 1m de ancho por 1m de largo



*Figura 44.* Vegetación del camino vecinal.



*Figura 45.* Extrayendo la muestra de suelo



*Figura 46.* Embalando la muestra suelo



*Figura 47. Progresiva km. 1+000 del camino vecinal*



*Figura 48. Vegetación en ambos lados de la vía del camino vecinal*



*Figura 49.* Trocha carros al en estado



*Figura 50.* Ensayo de laboratorio análisis de granulometría por tamizado



*Figura 51. Ensayo de laboratorio limite liquido*



*Figura 52. Ensayo de laboratorio preparando la muestra*





*Figura 53. Ensayo de laboratorio permeabilidad*



*Figura 54. Ensayo de laboratorio Proctor modificado.*

**ANEXO 9:** Certificación internacional Mexichem Colombia S.A.S (PAVCO S.A.)



Figura 55. Certificación ISO 9001:2008  
Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)



Figura 56. Certificación ISO 14001:2004  
Fuente: (Geosistemas, PAVCO, 2012)