



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“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 – PIURA, 2018”**

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

**AUTORES:**

CALLAN BACA, HAROLD EDUARDO.  
RONDOY RIMAYCUNA, WILSON JEAN MARCO.

**ASESOR:**

ING. MBA MÁXIMO JAVIER, ZEVALLOS VÍLCHEZ

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL.

PIURA - PERÚ

2019

*Jurado Calificador*



---

MG. ING. RODOLFO ENRIQUE RAMAL MONTEJO

Presidente



---

MG. VICTOR AUGUSTO CALLE RENTERIA

Secretario



---

ING. CRISTHIAN ALEXANDER LEON PANTA

Vocal



ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
Callan Baca Harold Eduardo y  
Rondoy Rimaycuna Wilson Jean Marco, cuyo título es:  
" 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 - PIURA, 2018 "

Reunido en fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por los estudiantes, otorgándoles el calificativo de: 16 (número) dieciséis (letras).

Piura, 25 de Marzo Del 2019

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL



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

---

**Dedicatoria**

Mi especial gratitud a **JEHOVÁ DIOS** por brindarme sabiduría y haberme guiado firmemente para culminar mi carrera profesional.

A mis queridos padres **REYNA Y CARLOS**; quienes son mi pilar fundamental en mi vida y mediante su constante apoyo, amor, esfuerzo y lucha han permitido ser partícipes de mi gran sueño profesional.

A mi hermana **VALIA**, por sus consejos, cariño y apoyo incondicional.

Y a todos mis familiares, amigos y docentes que han permitido poder cumplir esta meta.

***Harold Eduardo Callan Baca***

---

---

**Dedicatoria**

***A Dios.***

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

***A mi madre Donisia.***

*Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.*

***A mi padre Julio.***

*Por los ejemplos de perseverancia, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor*

***A mis hermanas Sandy y Diana.***

*Por sus regaños constantes para no flaquear y lograr alcanzar siempre mis objetivos, y sobre todo por su amor infinito.*

***Wilson Jean Marco Rondoy Rimaycuna***

---

---

***Agradecimientos***

A *DIOS*, a nuestros *PADRES*, *HERMANOS*, *FAMILIARES* y *AMIGOS*; quienes contribuyeron de manera incondicional a lograr una de nuestras primeras y grandes metas tanto a nivel profesional y personal.

A la *Ing. FERRER SANCARRANCO, Mariana*, *Ing. LIRA ZAVALA, Juan Fortunato* y al *Ing. YAURI QUISPE, Héctor Hilario*, quienes con su guía, asesoría y profesionalismo ético nos orientaron a culminar este trabajo.

A nuestros docentes por impartirnos sus conocimientos durante esta trayectoria, afianzando nuestra formación profesional y personal.

***Harold Eduardo Callan Baca***  
***Wilson Jean Marco Rondoy Rimaycuna***

---

## DECLARATORIA DE AUTORÍA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### DECLARATORIA DE AUTORÍA

**CALLAN BACA, HAROLD EDUARDO** y **RONDOY RIMAYCUNA, WILSON JEAN MARCO**, estudiantes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad César Vallejo, sede Piura, declaramos que el trabajo académico titulado: **“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 – PIURA, 2018”**, presentada en 190 folios y 4 láminas de planos para la obtención del título profesional de INGENIERO CIVIL, es de nuestra autoría.

Por lo tanto, declaramos lo siguiente:

- Hemos mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda la cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No hemos utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Somos consciente de que nuestro trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, nos sometemos a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Piura, 25 de marzo del 2019.

CALLAN BACA HAROLD E.

DNI N° 73198321

RONDOY RIMAYCUNA WILSON JEAN M.

DNI N° 75800255



## Presentación

### *Señores Miembros del Jurado Calificador:*

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente Tesis titulada: **“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 – PIURA, 2018”**, teniendo como objetivo principal diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del km 0+000 al km 1+000, Catacaos. El contenido y desarrollo del presente trabajo de investigación se enmarca en los siguientes capítulos:

- **Capítulo I:** Contiene la realidad problemática que plantea el trabajo de investigación, así como los trabajos previos denominados como antecedentes, las teorías necesarias para el diseño del Geodren, la formulación del problema, la justificación del estudio, las hipótesis planteadas y por último el objetivo de la tesis.
- **Capítulo II:** Detalla el diseño de la presente investigación, la operacionalización de las variables, la población y la muestra de estudio; y de igual manera las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de los datos, los métodos de análisis de datos y aspectos éticos.
- **Capítulo III:** Presenta la explicación de los resultados en función de los objetivos específicos para dar cumplimiento al objetivo general, todo ello se valida con los respectivos instrumentos mostrados a través de gráficos y/o tablas con sus respectivas interpretaciones.
- **Capítulo IV:** Explica la discusión de los resultados en función a los objetivos planteados en el trabajo de investigación correlacionados con los trabajos previos utilizados como antecedentes.
- **Capítulo V:** Muestra las conclusiones obtenidas a partir de los resultados de cada objetivo planteado.
- **Capítulo VI:** Plantea las recomendaciones de acuerdo a lo analizado en el capítulo V.
- **Capítulo VII:** Indica las referencias bibliográficas que se han utilizado para el desarrollo de la presente investigación.

## ÍNDICE

<i>Jurado Calificador</i> .....	2
<i>Dedicatoria</i> .....	4
<i>Agradecimientos</i> .....	6
DECLARATORIA DE AUTORÍA .....	7
Presentación.....	8
ÍNDICE .....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
Resumen .....	16
Abstract .....	17
I. INTRODUCCIÓN .....	18
1.1. Realidad Problemática .....	18
1.2. Trabajos Previos .....	21
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	25
1.4. Formulación del Problema .....	33
1.5. Justificación del Estudio .....	33
1.6. Hipótesis.....	35
1.7. Objetivos .....	35
II. MÉTODO.....	36
2.1. Diseño de Investigación.....	36
2.2. Variables y Operacionalización.....	36
2.3. Población y Muestra .....	42
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad.....	42
2.5. Métodos de análisis de datos .....	46

2.6. Aspectos Éticos.....	48
III. RESULTADOS .....	49
3.1. TIPO DE GEOTEXTIL ADECUADO, EL NÚMERO DE GEORED(ES) Y LA TUBERÍA.....	51
3.2. PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS Y GRAVIMÉTRICOS A NIVEL SUBRASANTE EN COMPARACIÓN AL DEL FILTRO.....	78
3.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL CAMINO VECINAL BUENOS AIRES (EMP PI-1020) KM 0+000 AL KM 1+000 .....	81
IV. DISCUSIÓN.....	84
V. CONCLUSIONES .....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	91
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	94
ANEXO 02: INSTRUMENTOS .....	96
ANEXO 03: MÉTODO DE INGENIERÍA .....	118
ANEXO 04: VALIDACIONES .....	156
ANEXO 05: EVIDENCIAS.....	174
ANEXO 06: DOCUMENTO DE SIMILITUD.....	184
ANEXO 07: ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	185
ANEXO 08: AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.....	186
ANEXO 09: AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	187
PLANO DE UBICACIÓN – TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	188
PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DE VISTA EN PLANTA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	189
PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES (ST) .....	190

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables.....	37
<b>Tabla 2.</b> Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	44
<b>Tabla 3.</b> Resumen de resultados de los objetivos específicos. ....	49
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones Técnicas del Geotextil No Tejido Punzonado por Agujas utilizado como filtro en el diseño del Geodren. ....	53
<b>Tabla 5.</b> Período de retorno según el tipo de obra. ....	54
<b>Tabla 6.</b> Datos mensuales de precipitación máxima (mm) en 24 hrs, del periodo 1973-2017. ....	55
<b>Tabla 7.</b> Distribución de Probabilidades Pluviométricas mediante el método Gumbel.....	57
<b>Tabla 8.</b> Precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno. ....	58
<b>Tabla 9.</b> Ajuste de la serie de datos a la distribución Log Normal de 3 parámetros. ....	59
<b>Tabla 10.</b> Cálculo del ajuste de Smirnov Kolmogorov. ....	61
<b>Tabla 11.</b> Cálculo de Precipitaciones Diarias máximas probables para distintas frecuencias. ....	63
<b>Tabla 12.</b> Cálculo del coeficiente de regresión (n) para un periodo de retorno = 50 años. ....	66
<b>Tabla 13.</b> Resumen de coeficientes de regresión para cada periodo de retorno. ....	67
<b>Tabla 14.</b> Regresión potencial para diferentes periodos de retorno.....	68
<b>Tabla 15.</b> Resumen de Intensidades - Tiempo de Duración.....	68
<b>Tabla 16.</b> Resumen del diseño del sistema de subdrenaje Geodrén. ....	77
<b>Tabla 17.</b> Resultados obtenidos a partir de la muestra.....	78
<b>Tabla 18.</b> Descripción de la muestra. ....	79
<b>Tabla 19.</b> Resumen de resultados del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción. ....	80
<b>Tabla 20.</b> Resumen de ubicación del sistema de subdrenaje Geodrén.....	83
<b>Tabla 22.</b> Matriz de Consistencia. ....	94
<b>Tabla 23.</b> Criterios para determinar el tipo de geotextil adecuado. ....	96
<b>Tabla 24.</b> Valores para Factor de Infiltración.....	98
<b>Tabla 25.</b> Valores para el Factor de retención de la base.....	98
<b>Tabla 26.</b> Factores de reducción para geotextiles.....	99
<b>Tabla 27.</b> Datos topográficos del 01 Km del camino vecinal BUENOS AIRES. ....	111
<b>Tabla 28.</b> Datos meteorológicos del año 1973 - Estación San Miguel. ....	134

<b>Tabla 29.</b> Datos meteorológicos del año 1976 - Estación San Miguel. ....	135
<b>Tabla 30.</b> Datos meteorológicos del año 1978 - Estación San Miguel. ....	136
<b>Tabla 31.</b> Datos meteorológicos del año 1983 - Estación San Miguel. ....	137
<b>Tabla 32.</b> Datos meteorológicos del año 1987 - Estación San Miguel. ....	138
<b>Tabla 33.</b> Datos meteorológicos del año 1992 - Estación San Miguel. ....	139
<b>Tabla 34.</b> Datos meteorológicos del año 1998 - Estación San Miguel. ....	140
<b>Tabla 35.</b> Datos meteorológicos del año 2001 - Estación San Miguel. ....	141
<b>Tabla 36.</b> Datos meteorológicos del año 2002- Estación San Miguel. ....	142
<b>Tabla 37.</b> Datos meteorológicos del año 2008 - Estación San Miguel. ....	143
<b>Tabla 38.</b> Datos meteorológicos del año 2010 - Estación San Miguel. ....	144
<b>Tabla 39.</b> Datos meteorológicos del año 2015 - Estación San Miguel. ....	145
<b>Tabla 40.</b> Datos meteorológicos del año 2016 - Estación San Miguel. ....	146
<b>Tabla 41.</b> Datos meteorológicos del año 2017 - Estación San Miguel. ....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución Log Normal 3 parámetros de la zona de estudio .....	63
<b>Figura 2.</b> Delimitación de la cuenca en la zona de estudio. ....	65
<b>Figura 3.</b> Intensidad vs duración para T = 50 años.....	67
<b>Figura 4.</b> Curva Intensidad-Duración-Frecuencia de la Estación San Miguel.....	69
<b>Figura 5.</b> Dimensiones de la sección transversal del Geodrén. ....	73
<b>Figura 6.</b> Diseño final de la sección transversal del sistema de subdrenaje Geodrén. ....	76
<b>Figura 7.</b> Vista en planta del camino vecinal Buenos Aires, del Km 0+000 al Km 0+500. .....	81
<b>Figura 8.</b> Perfil Longitudinal del 01 Km del camino vecinal Buenos Aires. ....	82
<b>Figura 9.</b> Sección transversal del Km 0+020 del camino vecinal. ....	82
<b>Figura 10.</b> Propiedades más comunes de los geotextiles usado como medio filtrante. ....	98
<b>Figura 11.</b> Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0 para sistemas de subdrenaje en vías. <b>Fuente:</b> Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0.....	100
<b>Figura 12.</b> Información del Proyecto en el software Geosoft PAVCO v3.0.....	100
<b>Figura 13.</b> Cálculo del caudal por infiltración, por Abatimiento de nivel freático y del caudal de diseño en el software Geosoft PAVCO v3.0 .....	101
<b>Figura 14.</b> Dimensionamiento del Geodren Vial y cálculo de los factores de reducción del Geotextil en el software Geosoft PAVCO v3.0.....	101
<b>Figura 15.</b> Cálculo del criterio de Retención y de Permeabilidad, así como del material drenante en el software Geosoft PAVCO v3.0.....	102
<b>Figura 16.</b> Cálculo de la capacidad hidráulica de la tubería, evaluación según la permitividad del sistema y la conducción del agua en el plano del Geodren. ....	102
<b>Figura 17.</b> Resultado final de las dimensiones de la sección transversal del Geodren en el software Geosoft PAVCO v3.0 .....	103
<b>Figura 18.</b> Certificación a Geosistemas PAVCO S.A. del software Geosoft PAVCO v3.0 bajo la norma ISO 9001:2000.....	104
<b>Figura 19.</b> Beneficios del sistema de subdrenaje Geodren. ....	105
<b>Figura 20.</b> Especificaciones técnicas para el drenaje lateral de vías. ....	106
<b>Figura 21.</b> Nomograma para calcular el diámetro de tubería. ....	107
<b>Figura 22.</b> Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado.....	108
<b>Figura 23.</b> Ensayo Limite Líquido y Plástico.....	109

<b>Figura 24.</b> Vista de Google Earth sobre la zona de estudio (señalizada) .....	110
<b>Figura 25.</b> Sección transversal del Geodrén.....	120
<b>Figura 26.</b> Sección típica final del sistema de subdrenaje Geodren. ....	122
<b>Figura 27.</b> Aplicación del software HidroEsta. ....	131
<b>Figura 28.</b> Resultado final de la precipitación por el método de distribución LogNormal de 3 parámetros. ....	132
<b>Figura 29.</b> Histograma de la Estación San Miguel - CATACAOS. ....	133
<b>Figura 30.</b> Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1973. ....	134
<b>Figura 31.</b> Precipitaciones máximas por cada mes del año 1976. ....	135
<b>Figura 32.</b> Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1978. ....	136
<b>Figura 33.</b> Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1983. ....	137
<b>Figura 34.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1987.....	138
<b>Figura 35.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1992.....	139
<b>Figura 36.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1998.....	140
<b>Figura 37.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2001.....	141
<b>Figura 38.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2002.....	142
<b>Figura 39.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2008.....	143
<b>Figura 40.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2010.....	144
<b>Figura 41.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2015.....	145
<b>Figura 42.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2016.....	146
<b>Figura 43.</b> Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2017.....	147
<b>Figura 44.</b> Número de Calicatas para la Exploración de Suelos. ....	148
<b>Figura 45.</b> Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico. ....	149
<b>Figura 46.</b> Límites Líquido - Plástico - Índice de Plasticidad de Suelos. ....	150
<b>Figura 47.</b> Contenido de Humedad del Suelo.....	151
<b>Figura 48.</b> Prueba de Permeabilidad en Suelos Granulares. ....	152
<b>Figura 49.</b> Prueba de Compactación Proctor Modificado.....	153
<b>Figura 50.</b> Clasificación del tipo de suelo según SUCS. ....	154
<b>Figura 51.</b> Clasificación del tipo de suelo según AASHTO. ....	155
<b>Figura 52.</b> Camino Vecinal Buenos Aires. Abcisa 0+000. ....	174
<b>Figura 53.</b> Presencia de vegetación en ambas márgenes del camino vecinal Buenos Aires .....	174

<b>Figura 54.</b> Presencia de humedad por la existencia de vegetación en la margen izquierdo del camino vecinal Buenos Aires, abscisa 0+300. ....	175
<b>Figura 55.</b> Presencia de fallas y/o daños en el camino vecinal por el exceso de agua en su estructura misma. ....	175
<b>Figura 56.</b> Presencia de vegetación en el camino vecinal Buenos Aires, abscisa 0+550... ..	176
<b>Figura 57.</b> Presencia de agua a través de la naturaleza existente en el camino vecinal Buenos Aires. ....	176
<b>Figura 58.</b> Presencia de una pequeña laguna de agua en el Km 1+000 del camino vecinal Buenos Aires. ....	177
<b>Figura 59.</b> Final del tramo del camino vecinal Buenos Aires, Km 1+000.....	177
<b>Figura 60.</b> Delimitación de la calicata de 1.00 * 1.00 m con yeso. ....	178
<b>Figura 61.</b> Excavación de la calicata en el Km 0+500.....	178
<b>Figura 62.</b> Realización de la calicata de 1.00*1.00*1.50 m.....	179
<b>Figura 63.</b> Calicata con una profundidad de 1.50 m.....	179
<b>Figura 64.</b> Visualización final de la calicata en el Km 0+500. ....	180
<b>Figura 65.</b> Exploración del terreno en la zona de estudio. ....	180
<b>Figura 66.</b> Reposición del material extraído de la calicata en el Km 0+500. ....	181
<b>Figura 67.</b> Levantamiento Topográfico en el inicio del tramo (Km 0+000).....	181
<b>Figura 68.</b> Levantamiento topográfico en el Km 0+500.....	182
<b>Figura 69.</b> Levantamiento topográfico tomando como punto de referencia el Puente Buenos Aires. ....	182
<b>Figura 70.</b> Levantamiento del eje del camino vecinal en el Km 0+300. ....	183
<b>Figura 71.</b> Levantamiento del lado derecho del camino en el Km 0+600. ....	183

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (EMP PI – 1020) del Km 0+000 al Km 1+000 ubicado en el Distrito de Catacaos. Con la finalidad de dar solución a la problemática existente se trabajó con una investigación de tipo exploratoria y de diseño experimental porque se realizaron estudios básicos como topografía, estudio de mecánica de suelos e hidrología. Se tuvo como población el camino vecinal Buenos Aires (EMP PI – 1020), del cual se tomó como muestra de estudio el tramo que corresponde a 01 Km entre el Km 0+000 al Km 1+000. Para lograr el objetivo general planteado en el trabajo de investigación se empleó la metodología de diseño establecida en el Manual de Diseño con Geosintéticos PAVCO así como la empleabilidad del software PAVCO 3.0 para obtener las dimensiones de la sección transversal del Geodren y el tipo de tubería y diámetro a emplear en el medio de evacuación. Lo mencionado anteriormente se trabajó con instrumentos de recolección de datos como fichas técnicas de laboratorio de suelos, fórmulas, tablas, nomogramas para determinar el tipo de geotextil, el número de geored (es) y el tipo de tubería y por último la elaboración de planos de ubicación, de perfil longitudinal y secciones transversales para determinar la ubicación del Geodren. En el proceso de análisis de datos, se obtuvo la sección transversal del sistema de Geodren con dimensiones de 1.20 m \* 0.60 m, se trabajará con un tipo de geotextil no tejido punzonado por agujas ya que cumple con las propiedades mecánicas e hidráulicas, 01 geored y una tubería HDPE perforada de diámetro de 4” para evacuar un caudal de  $5.01 \text{ E-}03 \text{ m}^3/\text{s}$ . La permeabilidad, porosidad y porcentaje de vacíos del filtro resultaron siendo mayores al del suelo a nivel subrasante, y los planos correspondientes permitieron determinar la ubicación del Geodren, del cual del Km 0+000 al Km 0+180 se ubicará en un lado de la vía y del Km 0+180 al Km 1+000 se ubicará en ambos lados de la vía.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema de subdrenaje Geodren, Caudal de diseño, Geotextil, Precipitación máxima.

## **Abstract**

The general objective of this research was to design the Geodren as a sub-drainage system on the Buenos Aires neighborhood road (EMP PI - 1020) from Km 0+000 to Km 1+000 located in the District of Catacaos. In order to provide a solution to the existing problem, exploratory and experimental design research was carried out because basic studies such as topography, soil mechanics and hydrology were carried out. The population was the neighborhood road Buenos Aires (EMP PI - 1020), which was taken as a sample study of the stretch that corresponds to 01 km from km 0 +000 to km 1 +000. In order to achieve the general objective of the research work, the design methodology established in the Design Manual with PAVCO Geosynthetics was used, as well as the employability of the PAVCO 3.0 software to obtain the dimensions of the cross section of the Geodren and the type of pipe and diameter to be used in the means of evacuation. The above mentioned was worked with data collection instruments such as soil laboratory data sheets, formulas, tables, nomograms to determine the type of geotextile, the number of geored (es) and the type of pipe and finally the development of location plans, longitudinal profile and cross sections to determine the location of the Geodren. In the data analysis process, we obtained the cross section of the Geodren system with dimensions of 1.20 m \* 0.60 m, we will work with a type of nonwoven geotextile punched by needles as it meets the mechanical and hydraulic properties, 01 geored and a 4"; diameter perforated HDPE pipe to evacuate a flow of 5.01 E-03 m<sup>3</sup>/s. The permeability, porosity and percentage of filter voids were greater than that of the soil at the subgrade level, and the corresponding plans made it possible to determine the location of the Geodren, from which from km 0+000 to km 0+180 will be located on one side of the road and from km 0+180 to km 1+000 will be located on both sides of the road.

**KEY WORDS:** Geodren Subdrain System, Design flow rate, Geotextile, maximum rainfall.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Desde la década de los años 30 y 40, el ingeniero ha tenido en cuenta varias alternativas adecuadas para un mejor manejo de las corrientes de agua superficial y subterránea, de tal manera que al momento de realizar estudios de clima, suelo e hidrología; estos contribuyan a realizar un óptimo diseño y por ende llevar a cabo la construcción de un eficiente sistema de subdrenaje. A inicios del siglo XX, las innovaciones en las técnicas del subdrenaje así como del drenaje, han incrementado grandiosamente desde los famosos subdrenes franceses.

El exceso de agua en una estructura de pavimento oxida y/o debilita la carpeta asfáltica dando origen a la piel de cocodrilo, formado por sobrecargas o compresibilidad del terreno de fundación. Por lo tanto, se debe garantizar que la acumulación de agua infiltrada en un pavimento debe ser drenado y/o evacuado de la mejor manera posible fuera de las secciones de dicha infraestructura vial. Al momento de que ocurre una falla en el drenaje y/o subdrenaje, este causa graves daños y fallas en los distintos tipos de pavimentos, la cual reduce la vida útil de dicha estructura vial.

Los problemas que se presentan en los pavimentos por la presencia del agua subterránea son a causa de una desbocada saturación y del surgimiento de presiones de poro súbitas, teniendo como rol fundamental la acción capilar del agua. De acuerdo a María Alvarado y Jamil Naranjo (2012) en su monografía “Diseño del Subdrenaje Vial en la vía La Tranca – Tambo Viejo de 3.60 Km” – Ecuador; indicaron que para la situación actual de los caminos la alternativa más eficiente de emplear para el manejo de la estabilidad, es la instalación de subdrenes, cumpliendo la función de aislar el agua subterránea de la subrasante, cuyo objetivo principal es analizar la alternativa adecuada de subdrenaje para aplicarla en la zona del proyecto, estableciendo que es necesario implantar subdrenes longitudinales acondicionados en la parte inferior de la cuneta o canalillo, dividiéndose en ramales por medio de tubería de diámetro de 110 y 160 mm, considerando también el material de geotextil adecuado para el proyecto y el filtro eficaz; llegando a la conclusión que las rutas deben incorporar una red de subdrenaje oportuno, eficiente y que opere de la mejor manera posible.

De acuerdo con Monroy (2010) en su trabajo “Diseño de Sistemas de Subdrenaje con elementos filtrantes en obras viales”, los subdrenajes no son diseñados ni construidos en la multiplicidad de los casos, porque se considera que las carpetas del pavimento son

impermeables, cuando la situación real es que estas permiten el paso entre el 30% y el 67% del agua de lluvia precipitada sobre dicha estructura. El agua infiltrada, añadida a la subterránea, pueden llegar a sumergir la estructura; condición que conduce el deterioro acelerado de los pavimentos. Es por ello que las infraestructuras de drenaje y/o subdrenaje, han sido imprescindibles para la conservación en primera instancia de las carreteras, encargándose del control de la erosión, la protección a la estructura del pavimento así como la estabilización de los taludes.

Nuestro país ofrece, desde el punto de vista geográfico, una aglomeración de dificultades, ya que tiene un territorio variado y difícil. Una ruta de comunicación no sólo debe exigir un adecuado planeamiento en cuestión a la ubicación, diseño y construcción; además se debe tener en cuenta el análisis y/o cálculo de los sistemas de drenaje y/o subdrenaje que se encarguen de poder evacuar de manera eficiente y en todo momento los porcentajes de volumen de escurrimiento concurridos por las precipitaciones en cualquier tramo de la vía. Por ende, se debe dar interés al control de degradación en las estructuras de drenaje.

Esta investigación plantea la problemática existente que, por la existencia de humedad en el camino vecinal, a causa del regadío de los cultivos presente en ambos lados de la vía y por la inexistencia de un sistema de subdrenaje, deteriora paulatinamente el paquete estructural, afectando la vida útil del camino. En nuestra región Piura, especialmente en nuestra zona de estudio en el camino vecinal Buenos Aires – Catacaos, presenta una gran falencia en cuestión a la construcción de sistemas de subdrenaje, que permita captar y evacuar aguas subsuperficiales con el objetivo de controlar los niveles y mantener seca una masa de suelo, acortando su vida útil y aumentando el daño acelerado en las vías, siendo afectado principalmente en épocas de lluvias.

Se escogió dicho camino, puesto que al ser el único acceso para llegar al Centro Poblado Buenos Aires de Cumbibirá, estando a nivel de trocha, hay presencia de cultivos de regadío, habiendo humedad en dicho suelo, afectando el terreno de fundación de la vía, por lo que se genera la necesidad de realizar el diseño del Geodren como un sistema de subdrenaje, donde el agua de los cultivos y de las lluvias puedan infiltrar en dicho sistema y evacuar de la mejor manera posible; manteniendo la vida útil de las vías de tercer orden, siendo la mayor parte del Sistema Vial del país.

En síntesis, es de gran interés dicha investigación para dar solución a la problemática existente, puesto que se observa que existe un vacío en el conocimiento del sistema de subdrenaje en caminos vecinales, especialmente del diseño de Geodrén, tomando como zona de estudio el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) KM 0+000 AL KM 1+000, CATACAOS – PIURA y a la vez surge la necesidad de evacuar el exceso de agua y/o reducir la humedad en dicha infraestructura vial, debido a la presencia de zonas de cultivos. Dicha solución es considerada como una alternativa eficiente y viable, conformado por un material drenante y a la vez uno filtrante a comparación de otros sistemas de subdrenaje convencionales.

## 1.2. Trabajos Previos

(MARÍN & PEREZ, 2014). “Drenaje y Subdrenaje en Carreteras”, Instituto Politécnico Nacional – México D. F., su objetivo principal fue definir la importancia de los componentes del drenaje así como del subdrenaje para la durabilidad y el correcto funcionamiento de las carreteras. Se concluyó que las estructuras de drenaje y subdrenaje en proyectos viales son necesarios, ya que estos permiten la conservación de la estructura de la carretera, así mismo de acuerdo a la envergadura del proyecto para su posterior diseño y construcción de dicho sistema se toma en cuenta como referencia estudios de clima, suelo, ecológicos e hidrológicos; con la finalidad de mitigar el impacto ambiental negativo disminuyendo la erosión producida por el cambio del cauce.

(ALVARADO & NARANJO, 2012). “DISEÑO DEL SUBDRENAJE VIAL EN LA VÍA LA TRANCA – TAMBO VIEJO DE 3.6 KM”, Universidad de Cuenca – Cuenca – Ecuador; el objetivo general de la monografía fue: Examinar la necesidad del tramo objeto de estudio y de acuerdo a la severidad del mismo fijar la deseable alternativa de solución de subdrenaje, y por consiguiente precisar las áreas donde sea inevitable colocar subdrenes a lo largo de los 3600 metros del tramo de la vía de estudio, donde se expondrá una solución para la mejora del estado actual de la vía de aplicación. Llegando a las siguientes conclusiones: Para la realización de estos trabajos, es imprescindible realizar un análisis granulométrico más detallado, ya que debido a este valor se determinara el tipo de material filtrante a instalar, y en consecuencia la eficacia de la red de subdrenaje colocado en el tramo de estudio. Se tomaron dos muestras, obteniendo los siguientes resultados: De la muestra A, del Km 0+000.00 al Km 1+715.00, la permeabilidad del terreno de fundación (K) es igual a 0.00085 cm/seg, el coeficiente de uniformidad (Cu) es igual a 58.37 y el D85 = 10.47 mm, D60 = 4.39 mm, D50 = 1.90 mm, D15 = 0.22 mm y D10 = 0.08 mm. De la muestra B, del Km 1+715.00 al Km 3+590.00, la permeabilidad del terreno de fundación (K) es igual a 0.00085 cm/seg, el Cu es igual a 28.77 y el D85 = 16.06 mm, D60 = 4.81 mm, D50 = 2.06 mm, D15 = 0.25 mm y D10 = 0.17 mm. Se determinó la precipitación del diseño para un periodo de retorno de lluvia de 25 años igual a 38.2 mm/hr, obtenido por el INAHMI. Se trabajaron con 15 tramos, de los cuales los 5 primeros desde el Km 0+480.00 al Km 0+940.00 se determinó la ubicación del subdren en un solo lado de la vía y los restantes a partir del 1+715.00 al 3+590.00 se ubicó el subdren en los dos lados de la vía. Además se concluyó en los tres tramos correspondientes la sección transversal del subdren, agrupado de la siguiente manera: En el tramo 1, desde el Km 0+480.00 al Km 0+940.00 con una longitud total de 460 metros,

se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y profundidad del subdren es igual a 60 cm y 120 cm, dentro de las propiedades del geotextil: Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) es igual a 28.90 cm, la Permeabilidad del Geotextil es igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un tipo de geotextil no tejido con una longitud (Lt) igual a 390 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes propiedades del filtro: D85F igual a 63 mm, D60F igual a 50 mm, D50F igual a 37.5 mm, D15F igual a 4.75 mm, D10F igual a 3 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 110 mm. En el tramo 2, desde el Km 1+715.00 al Km 3+080.00 con una longitud total de 1005 metros, se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y Profundidad del subdren es igual a 60 y 160 cm, dentro de las propiedades del geotextil, se determinó el Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) igual a 18.80 cm, Permeabilidad del Geotextil (kg) igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un geotextil no tejido con una longitud total de 470 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes características del filtro: 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 2 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 110 mm y en el tramo 3, desde el Km 3+080.00 al Km 3+590.00 con una longitud total de 317 metros, se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y Profundidad del subdren igual a 60 cm y 160 cm, dentro de las propiedades del geotextil, se determinó el Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) igual a 18.80 cm, Permeabilidad del Geotextil (kg) igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un geotextil no tejido con una longitud de 390 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes características del filtro: 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 2 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 160 mm. Se trabajaron con dos tipos de secciones, que corresponden a 60 cm x 120 cm, y en sectores determinados secciones de 60 cm x 160 cm.

(MONROY, 2010). “DISEÑO DE SISTEMAS DE SUBDRENAJE CON ELEMENTOS FILTRANTES EN OBRAS VIALES”, de la Universidad de San Carlos de Guatemala - Guatemala, (TESIS DE PREGRADO). El objetivo principal fue: Analizar el comportamiento de los geotextiles no tejidos como medio filtrante en un sistema de subdrenaje con diferentes tipos de suelos. Llegando a las siguientes conclusiones: Los criterios en los cuales se basa el diseño de filtros para un sistema de filtración son: criterio de retención, permeabilidad, colmatación, supervivencia y durabilidad. Concluyendo así que los resultados obtenidos con los suelos ensayados cumplieron con lo establecido para un correcto funcionamiento en un sistema de subdrenaje. Al realizar el análisis granulométrico,

de la primera muestra se obtuvo una ARCILLA LIMOSA CON PRESENCIA DE ARENA COLOR CAFÉ, según SUCS se clasifica como SC (ARENAS ARCILLOSAS), con los siguientes resultados:  $D_{10} = 0.015$  mm,  $D_{30} = 0.045$  mm,  $D_{60} = 0.25$  mm y  $D_{85} = 1.00$  mm, con un coeficiente de uniformidad igual a 16.67 y un coeficiente de curvatura igual a 0.54. En la segunda muestra, se obtuvo una ARENA LIMOSA COLOR BEIGE, según SUCS se clasifica como SM (arenas limosas), con los siguientes resultados:  $D_{10} = 0.037$  mm,  $D_{30} = 0.10$  mm,  $D_{60} = 0.38$  mm y  $D_{85} = 2.10$  mm, con un coeficiente de uniformidad igual a 10.27 y un coeficiente de curvatura igual a 0.71. De la primera muestra se obtuvo una humedad correspondiente al límite líquido de 28.16 % y un límite plástico de 14.97%, obteniendo un índice de plasticidad de 13.1%, de acuerdo al ensayo de los Límites de consistencia de Atterberg. Por último del ensayo de Permeabilidad, de la primera muestra se obtuvo un coeficiente de permeabilidad ( $K_t$ ) = 0.00015 cm/s, con un gradiente hidráulico ( $i$ ) = 7.74, y en la segunda muestra se obtuvo un coeficiente de permeabilidad ( $K_t$ ) = 0.00257 cm/s, con un gradiente hidráulico ( $i$ ) = 7.74. Asimismo, según las propiedades de los geotextiles no tejidos, el criterio de colmatación es bajo, razón por la cual su comportamiento como medio filtrante es mucho mejor, ya que evita que se tapen los orificios del geotextil y mejora la permeabilidad en los suelos y por ultimo de acuerdo con el principio de retención, la dimensión de abertura aparentemente satisface con lo requerido, ya que para impedir la salida de partículas de suelo hacia el medio drenante, el valor obtenido fue menor al que presenta el geotextil cumpliendo así con lo establecido del producto.

(DIAZ, ESCOBAR & OLIVO, 2009). “APLICACIÓN DE LOS GEOSINTÉTICOS EN LA ESTRUCTURA DE LOS PAVIMENTOS Y EN OBRAS DE DRENAJE PARA CARRETERAS”, de la Universidad de El Salvador – Ciudad Universitaria, (TESIS DE PREGRADO). Cuyo objetivo general del proyecto fue: Investigar la empleabilidad de los geosintéticos en la ejecución de infraestructuras viales y averiguar la variedad de materiales que existen y sus usos en los que se pueden utilizar como solución de los inconvenientes que surgen en la construcción de carreteras. Obteniendo las siguientes conclusiones: Se han encontrado dos medidas de solución utilizando geosintéticos en los sistemas de subdrenaje en vías, los cuales son el método típico de geotextil con material granular filtrante y el método de geocompuesto drenante. Con ambos métodos se obtiene que la vida útil de la estructura del pavimento incrementa prolongadamente, conservando las capas inferiores el mínimo tiempo expuestas a saturación; cuyo cometido primordial es la de evacuación de aguas, en el primero, el geotextil ejerce un obstáculo que imposibilita la contaminación de

la grava como material filtrante, entretanto en el segundo caso el geodrén ejerce una función de conducción para transportar el agua en su plano hacia la tubería.

(HERRERA, 2010). “Drenaje y Protección de estructuras por medio de Geocompuestos”, de la Universidad de San Carlos de Guatemala – Guatemala, (TESIS DE PREGRADO), teniendo como finalidad principal: el de plantear el acondicionamiento de un sistema drenante a base de geocompuestos, para protección de estructuras. Llegando a las siguientes conclusiones: A diferencia de los sistemas tradicionales, los sistemas de drenado por medio de geocompuestos garantizan un escurrimiento continuo del agua proveniente de la superficie del suelo, garantizando la funcionalidad del sistema de drenaje en su conjunto, impidiendo la pérdida de finos del sistema de evacuación de agua. También, cuando se construye obras en contacto con la capa freática, es necesario rebajar y alejar las aguas de la misma, proporcionando los sistemas de drenaje a base de geocompuestos una solución sencilla y factible, logrando la depresión de la capa freática a niveles previamente determinados.

(VIDAL, 2002). “Optimización de Costos en Carreteras Aplicando el Sistema de Refuerzo con Geomallas” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Lima. El objetivo general del proyecto fue: Presentar diferentes alternativas de diseño, considerando a la geomalla biaxial como elemento de refuerzo; para luego evaluar técnica y económicamente los resultados. Llegando a la conclusión: Es necesario la construcción de un sistema de drenaje a lo largo de la vía, un exhaustivo control de compactación de las capas del pavimento y un mantenimiento rutinario (preventivo) a fin de alcanzar la vida útil del pavimento proyectada.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

Con la finalidad de diseñar el Geodrén como sistema de subdrenaje se requirió el conocimiento de las siguientes definiciones tales como:

Un sistema de subdrenaje es una estructura diseñada para captar y evacuar aguas subsuperficiales con el objetivo de controlar los niveles y mantener seca una masa de suelo o una estructura proyectada.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C. (2008, p.21), define a las obras de subdrenaje como “infraestructuras diseñadas para reducir la cantidad de fluido de la superficie con la finalidad de asegurar la estabilidad de taludes y la distancia horizontal de la carretera, haciendo descender el nivel freático”.

Según el Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009, p.191), “una red de subdrenaje eficaz - permanente es fundamental que esté conformado por un sistema filtrante (geotextil) y drenante (geored)”. Explica al medio filtrante aquel elemento que se encarga de retener el suelo con la finalidad de permitir el paso continuo del agua, esto es conformado por el geotextil, en cambio se entiende como medio drenante a la geored que permite el transporte del agua pasando a través de un filtro. (p.191)

El empleo del Geodren es considerado como una excelente y óptima alternativa para la conducción del agua, ya que este permite transportarlos de una manera eficiente y dinámica; considerado como una muestra novedosa de solución integral de ingeniería en obras viales. Es un geocompuesto de subdrenaje conformado por un geotextil (medio filtrante), una geored (medio drenante) y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja la tubería que evacua el agua captada. (p.191-1)

Para SUÁREZ (2006, p.448), el Geodren consta de tres elementos básicos:

Geotextil: “La geored se envuelve en el geotextil, que procede a trabajar como filtro que impide el transporte de las partículas del suelo hacia la geored y a la vez permite la salida del agua.” Geored: “Consiste de una malla sintética elaborada en la que se originan unas canaletas que permiten la salida del agua.” Tubería: “Se ubica en la parte inferior de la geored, donde es envuelto por el geotextil. El tipo puede ser PVC perforada especial para los subdrenes, cuya función principal es conducir y recoger el agua colectada por la geored.”

Por su parte, la Norma CTR-CAR-1-03-010/00 (2000, p.1), define “al geodren como un sistema de subdrenaje, conformado por geotextil como filtro dejando pasar el agua y ello evita la migración de los finos, reduciendo su efecto perjudicial en las capas del pavimento; que permite la salida del agua abatiendo el nivel freático y reduce la erosión del subsuelo, por ello está cubierto de geotextil permeable.”

Según el Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009), establece una metodología que permite realizar un buen diseño del sistema de subdrenaje usando Geodrén, para lo cual hay que seguir los siguientes parámetros técnicos:

Definir el lugar o lugares apropiados, donde se permita captar el agua, calcular el “caudal crítico” correspondiente para el tramo de la zona de estudio, dimensionar la sección transversal del geodren, que permite conducir los caudales obtenidos a partir del aporte mediante una velocidad óptima de evacuación y gracias a ello poder establecer el número de georedes que conduzcan el caudal establecido; tener una adecuada red de filtración, que permite asegurar la vida útil del pavimento mediante el sistema de subdrenaje y por ultimo instalar el sistema de evacuación que percibe el geodrén, siendo una tubería especial para subdrenaje.

a) Lugares en donde se captaría el agua

“Los ejes del subdrenaje, se deslizan con la finalidad que permitan interceptar el agua lo más perpendicular, es decir, en aquellos tramos donde la inclinación longitudinal sea mayor que la del bombeo, por lo tanto es eficaz implementar subdrenajes transversales; puesto que el agua circulará en sentido del total de las pendientes.” (PAVCO, 2009).

b) Estimación del caudal de diseño

El caudal final es constituido por los caudales de aporte, que corresponden a los siguientes:

- Por infiltración de agua de lluvia.
- Por la pérdida de nivel de agua subterránea.

El caudal originado por Infiltración, se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R \quad (1)$$

En la fórmula (1), el término  $I_r$  es igual a la precipitación máxima horaria de frecuencia anual, correspondiente al tramo de estudio;  $B$  es igual al ancho de la vía entre 2;  $L$  corresponde a la longitud del recorrido de la zona de estudio y los factores de infiltración y de retención de la base ( $F_i$  y  $F_R$ ); dichos valores se toman de la tabla I y de la tabla II mostrados en los anexos.

El caudal obtenido por la pérdida de nivel freático, se calcula de acuerdo a los siguientes parámetros:

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

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

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

En la fórmula (2), se calcula el valor del caudal por abatimiento del nivel freático; donde  $K$  es la permeabilidad del terreno adyacente,  $i$  es el gradiente hidráulico y  $A_a$  es el área efectiva.

El valor de “ $i$ ” se obtiene a través de la fórmula (3) a través de la diferencia entre la cota inferior del subdren ( $N_d$ ) y de la cota superior del nivel freático ( $N_f$ ) todo ello sobre la semibanca de la vía ( $B$ ).

Mientras que en la fórmula (4), el área efectiva se obtiene de la resta de la cota inferior del subdren ( $N_d$ ) y de la cota superior del nivel freático ( $N_f$ ) multiplicado por la longitud del tramo ( $L$ ).

Cuando se estima el valor de los “caudales de aporte”, se calcula el caudal obtenido del diseño mediante la siguiente formula:

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

De la fórmula (5),  $Q_{inf}$  es el caudal originado por la infiltración de precipitación y el  $Q_{nf}$  es el caudal producido por la pérdida del nivel de agua subterránea.

c) Dimensionamiento de la sección transversal

Una vez obtenido el total del caudal, que es la adición de los caudales obtenidos, se calcula con la fórmula:

$$Q_t = V * i * A \quad (6)$$

De la fórmula (6),  $Q_t$  = Caudal total;  $v$  = Velocidad del flujo;  $i$  = Gradiente hidráulico, para subdrenajes = 1 y  $a$  = Área del Geodrán.

La longitud del geotextil es igual al perímetro considerando el traslapo, entre los valores que oscila de 0.25 a 0.35 m.

El Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009, p.195), menciona que es “recomendable usar tubería perforada, pues amplía la eficiencia del subdrenaje, permitiendo un caudal mayor.”

El diámetro de la tubería se calcula mediante la ecuación de Manning. Se comienza asumiendo un diámetro opcional de la tubería y se corrige, en la cual debe cumplir la siguiente igualdad:

$$Q_T = (1/n) * A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (7)$$

En la fórmula (7), se obtiene el caudal total ( $Q_t$ ) que es igual a  $1/\text{coeficiente de Manning (n)}$ , por el área de la tubería ( $A$ ) por la rugosidad a tubería llena ( $R$ ) a la  $2/3$  y por la pendiente ( $S$ ) a la  $1/2$ .

d) Evaluación del geotextil

Para seleccionar el geotextil adecuado, dicho material debe satisfacer las características mecánicas e hidráulicas resultantes de la verificación de los criterios técnicos de diseño:

De acuerdo a Geotextiles Engineering Manual de la Federal Highway Administration (FHWA), establece que “el criterio de retención por tamaño de abertura aparente (TAA) tiene como finalidad poder establecer el tamaño de los agujeros del geotextil.” Estos deben ser pequeñas y eludir la inmigración del terreno de fundación hacia el medio drenante.

Cumpliendo la siguiente condición:

$$TAA < D85 * B \quad (8)$$

De la expresión (8), TAA igual al Tamaño de abertura aparente, cifra dada por el fabricante, correspondiente al orificio de los espacios libres dado en milímetros, definido mediante el ensayo ASTM D4751, D85 igual al Tamaño de partículas, estipulado en milímetros correspondiente al 85% del suelo tamizado y B es un coeficiente que oscila entre 1 y 3, dependiendo del tipo de terreno que filtrará en roce con el geotextil.

#### Criterio de Permeabilidad

El Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009, p.233), define al factor de permeabilidad como la “propiedad hidráulica donde el geotextil acceda la correcta circulación del agua perpendicular a dicho plano”.

Dicha propiedad se calcula teniendo en función a las siguientes condiciones:

- Donde el flujo es laminar y en suelos finos erosionables, que tengan porcentajes de finos no mayores al 50% :

$$k_g > k_s \quad (9)$$

En la expresión (9), la permeabilidad del material filtrante ( $K_g$ ) es mayor a la permeabilidad del terreno de fundación ( $K_s$ ).

- Donde el flujo es crítico, que presenta altos gradientes hidráulicos y buscando reducir la colmatación, cumpliendo la siguiente condición:

$$K_g > 10 * k_s \quad (10)$$

La expresión (10), donde la permeabilidad del material filtrante ( $K_g$ ) debe ser mayor a 10 veces la permeabilidad del terreno ( $K_s$ ).

Es recomendable instalar una cubierta de arena media a gruesa.

El Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009, p.234), menciona que el criterio de colmatación estima la posibilidad de que se obstruya algunos de sus vacíos por el acoplamiento de partículas de suelo, visualizándose en la disminución de la permeabilidad denotada con el término “K”.

Entonces el geotextil debe tener un porcentaje alto de porosidad. Los geotextiles deben tener una porosidad mayor al 50%. Por lo cual, es recomendable usar tipo de geotextiles no tejidos punzonados por agujas por su mayor resistencia a la colmatación. (p.234 – 1)

El criterio de durabilidad consiste en la fuerza que debe poseer un geotextil a través del tiempo, ya sea al intemperismo, al ataque biológico o químico. (p.234 – 2)

e) Cálculo hidráulico (Tasa de flujo)

De acuerdo a la permitividad:

El Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2009, p.234), indica en el caso que se impliquen suelos de alta permeabilidad se debe inspeccionar el total de flujo volumétrico que pase por una unidad de área, considerada como la tasa de flujo, en dicho plano frente a la cantidad de flujo volumétrico a desocupar por unidad de metro.

Debe calcularse mediante la siguiente fórmula establecida:

$$\Psi = k / t \quad (11)$$

De la formula (11), el término “ $\Psi$ ” es igual a la permitividad expresado en  $S^{-1}$ , “k” es la permeabilidad del geocompuesto (mt/seg.) y “t” es el espesor del material filtrante frente a la cantidad de flujo granulométrico a discurrir por unidad de metro.

De igual manera se deben tener en cuenta los siguientes indicadores:

Estimando el caudal que va a transportar el filtro, se calcula la permitividad solicitada del geotextil, mediante la ecuación de Darcy:

$$Q = k * i * a \quad (12)$$

$$Q = k * \Delta h/t * a \quad (13)$$

$$\Psi_{req} = Q / (\Delta h * H * L) \quad (14)$$

De la fórmula (12), se calcula el caudal total a evacuar (Q), donde “K” es la permeabilidad del geocompuesto, “i” es la gradiente hidráulica y “a” es el área por unidad de longitud.

De la fórmula (14), el valor de la permitividad requerida del geotextil, expresada en k/t ( $\Psi_{req}$ ) es igual al total del caudal a evacuar sobre la multiplicación de  $\Delta h$  (Cabeza hidráulica), H (Altura del geodrén) y L (Longitud del tramo).

Evaluar la permitividad admisible, obtenida a través de la permitividad cedida por el fabricante (NORMA ASTM D4491- INV E-905), fraccionada por unos factores de minoración:

$$\Psi_{adm} = \frac{\Psi_{ult}}{FR_{scB} * FR_{cR} * FR_{in} * FR_{cc} * FR_{Bc}} \quad (15)$$

De la formula (15), “ $\Psi_{ult}$ ” es la permitividad ultima y los factores de reducción ( $FR_{scB} * FR_{cR} * FR_{in} * FR_{cc} * FR_{Bc}$ ), de acuerdo al orden establecido es por colmatación o taponamiento, por creep o fluencia, por intrusión, por colmatación química o biológica.

Estime el factor de seguridad global, por medio de:

$$F_{sg} = \text{Permitividad admisible} / \text{Permitividad Requerida} \quad (16)$$

$$F_{sg} > 1.0$$

f) Diseño del número de geo red(es)

La geored es el medio poroso encargado de captar y transportar fluido que pasan por medio del filtro (geotextil). Para lo cual es recomendable y suficiente utilizar una geored.

Cuando el geotextil permita la llegada del caudal total al sistema, se deberá comprobar el volumen del geodren para que pueda conducir una proporción de flujo volumétrico en su plano, conocido como tasa de flujo. Esto se evidencia mediante la ecuación de Darcy:

$$Q_t = k * i * a \quad (17)$$

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

$$Q_t = (k * t) * i * W \quad (19)$$

$$Q_t / W = (k * t) * i \quad (20)$$

$$q_w = \theta * i \quad (21)$$

Donde:

$q_w$  = Tasa de flujo, expresada en m<sup>3</sup>/s-m.

$\theta$  = Transmivisidad requerida, expresada en m<sup>2</sup>/s.

$i$  = Gradiente hidráulico.

$Q_t$  = Caudal total estimado.

W = Ancho de la geored.

Hay que evaluar la transmisividad que se encuentra disponible, en la cual es dividida por factores de seguridad:

$$q_{\text{disponible}} = q_{\text{fabricante}} / (FS_{NI} \cdot FS_{CR} \cdot FS_{CC} \cdot FS_{BC})$$

El denominado factor de seguridad final se obtiene de la siguiente manera:

$$FS = q_{\text{disponible}} / q_{\text{requerida}}$$

El factor de seguridad final debe ser mayor a 1, en el caso contrario se debe incrementar la cantidad de georedes.

g) Determinar el sistema de evacuación del fluido

Cuando son captados los fluidos, estos deben ser posteriormente evacuados; para ello al momento de determinar el diámetro y tipo de la tubería correspondiente, se deben tener en cuenta dos consideraciones muy importantes para su correcto funcionamiento:

- La tubería debe tener el volumen necesario para poder absorber o recoger el caudal de diseño.
- Debe tener el volumen de transportar el caudal de diseño total.

Con la finalidad de clasificar y establecer la permeabilidad de los diferentes tipos de suelo, así como poder evaluar el comportamiento del conjunto (suelo-filtro) en la permeabilidad del sistema se aplican ensayos de laboratorio como: Análisis granulométrico (MTC E-107, ASTM D 422), Límites de consistencia de Atterberg y Permeabilidad (MTC E 906, ASTM D 2434), con el fin de obtener el mejor diseño en el sistema de subdrenaje.

Análisis granulométrico por Tamizado (MTC E-107, ASTM D 422)

Se puede obtener diámetros representativos como el D10, D85, D60. El término “D” alude al tamaño del grano y el subíndice (10, 60 y 85) representa al porcentaje de material más fino.

El Manual de Suelos y Pavimentos (2014, p. 42), menciona que los límites de Atterberg determina el comportamiento del suelo en función con su contenido de humedad,

detallándose en sus tres estados de consistencia, presentándose en estado líquido, plástico o sólido. También permiten medir la cohesión del suelo.

El Límite Líquido (LL), se presenta cuando el suelo estando en estado semilíquido pasa a un estado plástico y entonces llega al punto de poder moldearse y el Límite Plástico (LP) se da en el caso donde el suelo presentándose en un estado plástico pasa a un estado semisólido y se rompen por su estado presente.

#### **1.4. Formulación del Problema**

##### **Problema General**

¿Cuál es el 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 – Piura?

##### **Problemas Específicos**

¿Cuál es el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el 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 – Piura?

¿Cuáles son los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante en comparación al del filtro para el 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 – Piura?

¿Cuál es la topografía que presenta el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura?

#### **1.5. Justificación del Estudio**

El proyecto de investigación se justifica científicamente porque se dará al alcance la información del 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, que servirá como referencia a investigadores y profesionales; donde pueda ser exhibida a los gobiernos tanto locales como distritales que busquen poner en funcionamiento esta alternativa con el fin de dar solución a la problemática existente; logrando un nivel de desarrollo superior al actual en los caminos vecinales de la región Piura y de todo el país.

Además, presenta una justificación técnica, porque al poder realizar el 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, se basará en criterios técnicos constructivos que trabajen conjuntamente con los resultados obtenidos de los estudios básicos, que permitan dar solución a la problemática de la zona de estudio y poder realizar el correcto y óptimo diseño del Geodren en función al Manual de Diseño con Geosintéticos.

Asimismo, se justifica prácticamente, puesto que esta investigación se realiza porque existe la necesidad de mantener en buenas condiciones el estado del camino vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020) Km 0+000 al Km 1+000, Catacaos – Piura, reduciendo el exceso de agua y/o presencia de humedad, mediante la realización del diseño del Geodren como sistema de subdrenaje, logrado a través de la ejecución de un conjunto de ensayos para determinar las características físicas del tramo de la zona de estudio, en conjunto con la selección del tipo de material filtrante a utilizar basado en criterios de selección, la cantidad de material drenante y la determinación del tipo del medio de evacuación de las aguas captadas.

Por otro lado, esta investigación se justifica metodológicamente, ya que al realizar el diseño de Geodrén como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020) Km 0+000 al Km 1+000, Catacaos – Piura, al momento de que sea demostrado su validez mediante las técnicas de recolección de datos, podrá ser utilizado en otras investigaciones y esta nueva técnica de solución a la problemática planteada servirá como guía de estudio a las futuras investigaciones cumpliendo con la metodología del método científico.

Por último, presenta una relevancia social en el lugar de estudio porque mediante el diseño del Geodrén como sistema de subdrenaje va a permitir que dicho camino vecinal cuente con un subdrenaje óptimo y eficiente capaz de conducir y evacuar las aguas subterráneas, así como también las aguas de los cultivos disminuyendo la humedad en dicha estructura vial. Y por lo tanto la población de Buenos Aires cuente con un camino vecinal en buenas condiciones, permitiendo el progreso socioeconómico de la población.

## **1.6. Hipótesis**

### **Hipótesis General:**

Se podría diseñar el Geodrén como sistema de subdrenaje en el camino vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) Km 0+000 al Km 1+000, Catacaos – Piura.

### **Hipótesis Específicas:**

Se podría determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000.

Se podría determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000.

Se podría realizar el levantamiento topográfico en el camino vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000.

## **1.7. Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.

### **Objetivos Específicos**

Determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el 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 – Piura.

Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el 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 – Piura.

Realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de Investigación**

#### **Tipo de Investigación**

La investigación es de tipo exploratoria, porque el objeto es investigar y/o indagar la problemática existente que ha sido poco abordado o estudiado en el campo de la ingeniería civil, puesto que el Geodren al ser una solución eficiente y estable a comparación de los sistemas de subdrenaje convencionales, se requiere dar a conocer a los profesionales para que puedan aplicar dicho sistema con la finalidad de mantener en buen estado el paquete estructural de los caminos vecinales y que dicho sistema de subdrenaje evite el exceso de agua en dicha estructura.

Es experimental porque se van a realizar estudios básicos como topografía, mecánica de suelos, recurriendo al laboratorio y con ello se explicará el funcionamiento del Geodren como sistema del subdrenaje.

#### **Diseño de Investigación**

Dicho proyecto de investigación está diseñado bajo condiciones de tipo de estudio experimental puesto que se pretende realizar ensayos en base a estudios básicos para realizar el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el camino vecinal, siendo considerada una alternativa viable y eficiente en el campo de la ingeniería civil.

Es de tipo explicativo, ya que pretende recoger información del Manual de Diseño con Geosintéticos, de acuerdo a los criterios y parámetros establecidos ya normados correspondientes para el diseño del Geodren.

### **2.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variable**

Diseño del Geodren.

**Tabla 1.** Operacionalización de variables.

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Diseño del Geodrén	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. (MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, 2009, p.227)	MEDIO FILTRANTE	“Conformado por el geotextil, que se encarga de retener las partículas de los suelos y dejar pasar el flujo del agua.” Monroy (2010, p.1)	RETENCIÓN (TAA). ENSAYO ASTM D4751.	Intervalo
				PERMEABILIDAD. CRITERIO DE SCHOBER Y TEINDL (1979).	Intervalo
				COLMATACIÓN. ASTM 5101 – 90.	Intervalo

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del Geodren	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. (MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, 2009, p.227)	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 “Monroy (2010, p.1)	Cálculo de transmivisidad por la ley de Darcy.  Calculo de factor de seguridad global (Manual de Diseño con Geosintéticos)	Razón       Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del Geodren	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. (MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, 2009, p.227)	MEDIO DE EVACUACIÓN	Es aquella tubería que puede ser perforada o ranurada, envuelta de un relleno de un geotextil y mediante su correcta colocación permite la captación de aguas de infiltración. ALVARADO & NARANJO (2012, p.35)	CAUDAL DE DISEÑO (Manual de Diseño con Geosintéticos)  ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE Tipo y diámetro de tubería. (Manual de Diseño con Geosintéticos)	Razón       Intervalo

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del Geodrén	Elaboración de los componentes conformado por un geotextil como medio filtrante, una geored como medio drenante y en la parte inferior una funda en geotextil que aloja una tubería que evacua el agua captada. (MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, 2009, p.227)	ESTUDIO DE MECÁNICA 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" Monroy (2010, p.47)	Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado (MTC E-107, ASTM D 422)	Nominal
				Permeabilidad ( MTC E 906, ASTM D 2434)	Razón
				Determinación del Limite Liquido de los suelos ( MTC E 110, NTP 339.129: SUELOS)	Intervalo
				Determinación del Limite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad (MTC E 111, NTP 339.129: SUELOS)	Intervalo
				Calicatas (MTC E -101, ASTM D 420)	

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del Geodrén	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. (MANUAL DE DISEÑO CON GEOSINTÉTICOS, 2009, p.227)	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	“Se realiza con la finalidad de representar gráficamente el mapa topográfico del área del estudio” Casanova (2015, p.7).	Curvas de Nivel – Plano de Ubicación (Topográfico)	Nominal
				Perfil Longitudinal	Nominal
				Secciones Transversales	Nominal

**Fuente:**  
*Elaboración Propia, 2018.*

### **2.3. Población y Muestra**

#### **Población**

El Camino Vecinal Buenos Aires (Emp PI-1020) del Distrito de Catacaos, Provincia de Piura.

#### **Muestra**

La muestra de estudio es el tramo que corresponde a 01 Km, entre el Km 0+000 al Km 1+000.

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

Con la finalidad de poder determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente se utilizó el análisis documental como técnica de recolección de datos y como instrumento el software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0, empleándose la metodología establecida por el Manual de Diseño con Geosintéticos (Geotextiles Engineering Manual) de la Federal Highway Administration (FHWA), así mismo se trabajó con tablas, nomogramas que están validados por Geosistemas PAVCO de Mexichem con el cual se va a obtener los resultados de los criterios de retención, permeabilidad, colmatación, durabilidad y supervivencia en función al tipo de geotextil a utilizar, por otro lado se calculará el caudal de diseño por la Ley de Darcy, la permitividad admisible y factor de seguridad para la determinación de la geored y por último el tipo y diámetro de la tubería necesaria para evacuar el agua infiltrada en dicho sistema.

Para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del terreno en comparación al del filtro se realizó a cabo la técnica de exploración y observación realizando calicatas in situ a nivel de 1.50 metros del nivel de rasante, con esto se logra determinar la permeabilidad, el porcentaje de vacíos y la porosidad del suelo mediante la realización de ensayos, para que en el momento de realizar el diseño, dichas propiedades del filtro dadas por el ingeniero deben ser mayores a las del terreno, donde  $K_2 > K_1$ ,  $e_2 > e_1$  y  $m_2 > m_1$ . Como instrumento se utilizó fichas técnicas de laboratorio de suelos, que fueron validadas y aprobadas por la Ingeniera Civil Gabi Ruiz Petrozzi, el Magister Ing. José Manuel Cabrera Huertas, Ing. Héctor Hilario Yauri Quispe y el Ing. Mario Martín Vasquez Sarango.

Para realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del km 0+000 al km 1+000 se utilizó la técnica de exploración en campo, trabajando con los respectivos instrumentos topográficos para conocer la topografía de la zona de estudio y con esos datos dibujar el plano topográfico, con sus respectivas curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales. El instrumento utilizado es el software CIVIL 3D 2017, donde dicho plano de ubicación – topográfico y de perfil longitudinal así como de secciones transversales fueron validados y aprobados por el Magister Ing. José Manuel Cabrera Huertas, Ing. Héctor Hilario Yauri Quispe y el Ing. Mario Martin Vasquez Sarango.

**Tabla 2.** *Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.*

<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>FUENTE</b>	<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>LOGRO</b>
Determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el 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 – Piura, 2018.	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 – Piura.	Análisis documental.	Software Geosoft PAVCO v3.0 (Manual de Diseño con Geosintéticos).	Se determinó los criterios de retención, permeabilidad, colmatación; el caudal de diseño, la permitividad admisible y factor de seguridad; el tipo y diámetro de la tubería.
Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el 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 – Piura, 2018.	Terreno del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.	Exploración de campo y observación	Fichas y modelos técnicos de acuerdo a los ensayos de laboratorio.	Se determinó el límite líquido, límite plástico, granulometría, permeabilidad, porosidad y porcentaje de vacíos del suelo.

OBJETIVO ESPECÍFICO	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	LOGRO
Realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura, 2018.	Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.	Exploración de campo.	ESTACIÓN TOTAL – CIVIL 3D.	Se determinó la topografía de la zona de estudio y con esos datos se dibujará el plano topográfico, con sus respectivas curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales.

**Fuente:**

*Elaboración Propia, 2018.*

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Se empleó la técnica análisis documental con la finalidad de determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, para lo cual se utilizará el software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0, empleando la metodología establecida en el Manual de Diseño con Geosintéticos que brinda todas las pautas y criterios técnicos a tener en cuenta para realizar el diseño del Geodren y por ende poder determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería eficiente que permita evacuar el agua subterránea. Para lograr dicho objetivo específico se trabajará con tablas, nomogramas, especificaciones técnicas dados por Geosistemas PAVCO de Mexichem. El tipo de geotextil adecuado debe cumplir criterios establecidos por dicho Manual, que están en función a la retención, permeabilidad, colmatación, durabilidad y supervivencia; donde debe satisfacer las características mecánicas e hidráulicas de dicho material. En el caso de determinar el número de geored(es) que se desempeña como un medio drenante, se debe calcular la transmisividad cumpliendo la Ley de Darcy, así como calcular el factor de seguridad global que permite establecer el número mínimo de geored en el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000. Por último, el tipo de tubería a desempeñar como el medio de evacuación se determinará en función al diámetro y tipo de material de acuerdo al cálculo realizado para hallar el caudal de diseño por la Ley de Darcy. Al determinar dichos componentes principales del Geodren se estará realizando el diseño de dicho sistema de subdrenaje en la cual permitirá evacuar y drenar fácilmente el agua subterránea del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) desde el km 0+000 al km 1+000 reduciendo la presencia de humedad en la estructura de la vía de tercer orden.

Se utilizaron las técnicas de la observación y exploración en situ, es decir, en campo para la extracción de una muestra, puesto que nuestra zona de estudio al ser considerado como un Camino Vecinal de Tercer Orden y de acuerdo al Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos señala que en caminos no pavimentados considerados de bajo volumen de tránsito se realiza una (01) calicata por Km a 1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto, ubicándose longitudinalmente y en forma alternada; para lo cual se utilizarán herramientas manuales como: palana, pico, wincha, sacos negros, pabilo y EPP's, para extraer la muestra respectiva y posteriormente se llevaron al laboratorio de Mecánica

de Suelos de la UDEP, donde se procedieron a realizar los ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos como: Análisis Granulométrico por Tamizado, Limite Líquido, Limite Plástico, Permeabilidad del Suelo. De acuerdo a lo establecido anteriormente, se determinará los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) desde el km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura. Dichos ensayos de laboratorio permitirán clasificar y establecer la permeabilidad de los diferentes tipos de suelo, para después evaluar el comportamiento del conjunto (suelo-filtro) en la permeabilidad del sistema, teniendo en cuenta el tipo de suelo utilizado en el ensayo con su respectivo gradiente hidráulico y elemento filtrante.

Por último, se empleó la técnica de exploración de campo para realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, en la cual se trabajará con el siguiente equipo topográfico: Una Estación Total LEICA modelo TCR-407 con sus respectivos accesorios, un GPS Navegador Garmin Etrex 30, cuatro prismas con sus bastones. Con ello se obtuvo la data (puntos del levantamiento) del camino vecinal para su posterior procesamiento en el software Civil 3D 2018, donde se obtuvo como resultado el plano topográfico, con sus respectivas curvas de nivel, perfil longitudinal y secciones transversales.

El levantamiento topográfico nos permitió determinar la ubicación del Geodren a lo largo del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020), ya que de acuerdo a la pendiente se estableció si el sistema de subdrenaje se ubicaba en ambos lados o en un solo lado de la vía.

## **2.6. Aspectos Éticos**

El indagador encargado de esta investigación se hace responsable a respetar la veracidad y/o autenticidad de la información, de los resultados mostrados al final del mismo y de reconocer la identidad de los investigadores involucrados en el presente ante proyecto para darle solución a la problemática existente. Por lo tanto, se señala que se ha citado con total claridad y/o formalidad a los autores o especialistas responsables del marco teórico, que son la base de dicha investigación.

Como ingenieros civiles es nuestro compromiso el poder contribuir al progreso y bienestar humano; de apoyar a las instituciones, gobiernos locales que requieran de nuestra investigación y sirvan como ayuda complementaria a la solución de la realidad problemática; así como comprometernos con la sociedad y el público en general.

### III. RESULTADOS

**Objetivo General:** Diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura.

**Tabla 3.** Resumen de resultados de los objetivos específicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	RESULTADOS	MÉTODO DE INGENIERÍA (ANEXO)
<p>Determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el 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 – Piura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensionamiento y diseño de la sección transversal del Geodren.</li> <li>- Características hidráulicas y mecánicas del geotextil.</li> </ul>	<p>Aplicación del software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0, utilizando la metodología establecida en el Manual de Diseño con Geosintéticos.</p> <p>Aplicación del método Log Distribución de 3 parámetros para determinar la precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50 años.</p>
<p>Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el 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 – Piura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis Granulométrico por Tamizado.</li> <li>- Contenido de Humedad.</li> <li>- Permeabilidad.</li> <li>- Proctor Modificado.</li> <li>- Límite de Plasticidad.</li> </ul>	<p>Aplicación de los ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS, bajo el uso de las normas:</p> <p>(MTC E-107, ASTM D 422) (MTC E 110, NTP 339.129: SUELOS) (MTC E 111, NTP 339.129: SUELOS) (MTC E 906, ASTM D 2434)</p>

---

		<b><u>CAMPO:</u></b>
		- Se realizó el levantamiento topográfico mediante una herramienta de alta gama de precisión como es la ESTACION TOTAL marca LEICA con sus respectivos accesorios, un GPS Navegador Garmin
	-PLANO TOPOGRAFICO	Etrex 30, cuatro prismas con sus bastones.
Realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.	- PLANO DE UBICACIÓN.	
	- PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL.	<b><u>GABINETE:</u></b>
	- PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES.	• Aplicación del software de ingeniería civil denominado <b>CIVIL 3D 2017</b> , mediante el cual se dibujó el plano topográfico de la zona de estudio, así como el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno y de la sección típica del Geodren a lo largo del Km de la zona a cada 20 m.

---

**Fuente:**

*Elaboración Propia, 2018.*

### 3.1. TIPO DE GEOTEXTIL ADECUADO, EL NÚMERO DE GEORED(ES) Y LA TUBERÍA

#### Medio Filtrante

#### **CRITERIOS DE DISEÑO:**

Para determinar el medio filtrante adecuado, el geotextil del Geodren debe cumplir con los siguientes criterios de diseño:

- **Criterio de retención (TAA)**

$$TAA < D_{85} * B \quad (1)$$

Donde:

TAA = Tamaño de abertura aparente, expresado en milímetros.

D85 = Tamaño de partículas, correspondiente al 85% del suelo que pasa al ser tamizado.

B = Coeficiente que varía entre 1 y 3.

Para dar respuesta a lo indicado en la fórmula (1), correspondiente para determinar el valor de “B”; está en función del tipo de suelo. En este caso, de acuerdo al Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad de Piura; indica que la muestra es del siguiente tipo de acuerdo a la Clasificación AASHTO y SUCS:

- **Clasificación AASHTO:** A-3 (0).
- **Clasificación SUCS:** SP – SM.

De acuerdo al Manual de Diseño de Geosintéticos del Sistema PAVCO, indica que para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas, en la cual pasa menos del 50% del tamiz N° 200, el valor de “B” está en función del coeficiente de uniformidad  $C_u$ .

Por lo tanto, el Coeficiente de Uniformidad se define de la siguiente manera:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2)$$

De la curva granulométrica, se obtiene los valores de  $D_{60}$  y  $D_{10}$  :

**Tamaño de las partículas que corresponde al 60% de suelo que pasa al ser tamizado**

$(D_{60}) = 0.15 \text{ mm}$

**Tamaño de las partículas que corresponde al 10% de suelo que pasa al ser tamizado**  
 $(D_{10}) = 0.07 \text{ mm}$

De la fórmula (2), se obtiene el valor del Coeficiente de Uniformidad ( $C_u$ ):

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.15 \text{ mm}}{0.07 \text{ mm}} = 2.14$$

De la fórmula (1), los valores que se obtuvieron para cada variable fueron:

$$\begin{aligned} \text{TAA} &< D_{85} * B \\ B &= 0.5*(2.14) = 1.07 \\ D_{85} &= 0.24 \text{ mm (Obtenido de la curva granulométrica del suelo)} \\ \text{TAA} &< 1.07 * 0.24 \text{ mm} \\ \text{TAA} &< 0.26 \text{ mm} \end{aligned}$$

El valor de TAA, se obtiene a partir de las especificaciones técnicas de tipo de geotextil no tejido de filtro, en base a la norma ASTM D-4751; cuyo valor es de 0.18 mm.

Entonces:  $0.18 \text{ mm} < 0.26 \text{ mm (OK)}$

De la formula (1), se calculó el criterio de retención, del cual se llega a la conclusión que de acuerdo a este criterio de diseño, el medio filtrante del Geodren es adecuado; puesto que cumple la condición estipulada en la formula (1).

- **Criterio de Permeabilidad**

Para determinar dicho criterio, se tiene en cuenta que la muestra presenta un 8% de finos limosos no plásticos, obtenida a través del Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico; por lo tanto cumple la siguiente condición:

- Para condiciones de flujo estable o flujo laminar y suelos no dispersivos, con porcentajes de finos no mayores al 50%:

$$k_g > k_s \quad (3)$$

Donde:

$k_g$  = Permeabilidad del geotextil.

$k_s$  = Permeabilidad del suelo.

De acuerdo a la clasificación del tipo de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el tipo de suelo encontrado en la zona de estudio por la extracción de la muestra al ser sometida al Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado es una arena o suelo arenoso mal graduado o limo inorgánico o arena muy fina (SP - SM).

Los valores que se obtuvieron por cada variable fueron:

$$K_s = 0.00000135 \text{ m/s (Obtenida del ensayo de Permeabilidad del suelo)}$$

$$K_g = 0.00044 \text{ m/s (Obtenida de las Especificaciones Técnicas del Geodren)}$$

**Entonces:**

$$0.00044 \text{ m/s} > 0.00000135 \text{ m/s} \quad (\text{OK}) \text{ CUMPLE}$$

**Observación:** El medio filtrante del Geodren es adecuado, puesto que cumple con la condición establecida en la fórmula (3).

- **Criterio de Colmatación**

Los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad:  $> 50\%$ . Por lo tanto es recomendable trabajar con geotextiles no tejidos punzonados por agujas, ya que satisfacen dicho criterio de tener una mayor resistencia frente a la colmatación.

**Tabla 4.** *Especificaciones Técnicas del Geotextil No Tejido Punzonado por Agujas utilizado como filtro en el diseño del Geodren.*

<b>TIPO DE GEOTEXTIL A EMPLEAR PARA EL DISEÑO</b>			
<b>GEOTEXTIL NO TEJIDO DE FILTRO</b>			
<b>PROPIEDAD</b>	<b>NORMA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
<b>TAA</b>	ASTM D-4751	0.18	mm
<b>PERMEABILIDAD</b>	ASTM D-4491	0.0044	cm/s
<b>COLMATACION</b>		$> 50\%$	
<b>PERMITIVIDAD</b>	ASTM D-4491	2.9	$s^{-1}$
<b>TASA DE FLUJO</b>	ASTM D-4491	8910	$L/min/m^2$

**Fuente:**

*Manual de Diseño con Geosintéticos PAVCO, 2011.*

Finalmente, el tipo de Geotextil a emplear para el diseño del Geodren será de tipo **NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJAS**, ya que cumple con los tres criterios de diseño establecidos anteriormente. Por lo tanto, dicho filtro es el adecuado.

## CAUDAL TOTAL DE DISEÑO

### Caudal por Infiltración:

Dicho caudal es determinado por la siguiente formula:

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R \quad (4)$$

De la fórmula (4), se tiene que:

$I_R$  = Precipitación máxima horaria de frecuencia anual, registrada en la zona del proyecto.

$B$  = ancho de la vía/2.

$L$  = longitud del tramo de drenaje.

$F_i$  = Factor de infiltración.

$F_R$  = Factor de retención de la base.

Para hallar el valor de la precipitación máxima horaria de frecuencia anual, se trabajó con la Estación San Miguel ubicada en el Distrito de Catacaos, en la cual se ubica nuestra zona de estudio. Los datos obtenidos de la Estación Pluviométrica San Miguel fueron a partir del año 1973 al año 2017, siendo proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), tal como se muestran en la “**Tabla 06**”.

Para diseñar el sistema de subdrenaje Geodren se ha trabajado con un periodo de retorno de 50 años, ya que de acuerdo a lo mencionado por la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios; dentro de su Plan Integral hace mención que las obras hidráulicas y viales deben diseñarse para un periodo de retorno de 50 años hacia adelante, teniendo en cuenta también el tipo y/o envergadura de la obra con la finalidad de asegurar el bienestar de la población.

**Tabla 5.** *Período de retorno según el tipo de obra.*

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Drenaje urbano [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
Drenaje vial	50 a 100
Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
Diseño de puentes (pilares)	100 a 500

**Fuente:** Víctor M. Ponce, 2001.

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA					
<b>Estación:</b>	SAN MIGUEL - CATACAOS	<b>Departamento:</b> PIURA <b>Distrito:</b> CATACAOS	<b>Latitud =</b>	5° 14' 46.33"	<b>Altitud =</b> 24 m.s.n.m
<b>Denominación:</b>	SM		<b>Longitud =</b>	80° 41' 3.69"	

**Tabla 6.** Datos mensuales de precipitación máxima (mm) en 24 hrs, del periodo 1973-2017.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
<b>1973</b>	26.00	3.70	3.50	1.50	0.01	0.20	0.01	0.20	0.30	1.00	0.70	1.20	<b>26.00</b> ENERO
<b>1974</b>	0.50	1.00	2.00	0.40	0.01	0.70	0.01	0.00	0.30	0.30	0.50	0.01	<b>2.00</b> MARZO
<b>1975</b>	0.30	5.60	6.40	0.01	0.01	1.00	0.01	1.00	0.01	0.90	0.01	0.00	<b>6.40</b> MARZO
<b>1976</b>	49.90	9.80	0.80	0.00	12.30	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	<b>49.90</b> ENERO
<b>1977</b>	0.01	19.60	10.00	2.80	0.01	0.01	0.01	0.00	3.50	0.01	0.00	0.00	<b>19.60</b> FEBRERO
<b>1978</b>	0.01	0.01	30.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.01	1.00	0.00	0.00	<b>30.00</b> MARZO
<b>1979</b>	0.60	0.00	1.00	0.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	<b>3.50</b> MAYO
<b>1980</b>	0.00	1.60	3.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	8.00	2.00	<b>8.00</b> NOVIEMBRE
<b>1981</b>	0.00	0.00	12.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	2.80	0.01	5.20	<b>12.00</b> MARZO
<b>1982</b>	0.00	0.00	0.01	0.80	0.01	0.00	0.00	0.00	1.60	0.01	6.50	7.50	<b>7.50</b> DICIEMBRE
<b>1983</b>	28.00	76.00	56.70	95.50	75.40	70.10	0.00	0.50	0.01	0.00	0.10	2.50	<b>95.50</b> ABRIL
<b>1984</b>	0.01	6.20	2.50	0.60	1.30	0.01	0.01	0.01	0.01	0.30	0.00	0.00	<b>6.20</b> FEBRERO
<b>1985</b>	0.00	0.00	9.50	0.00	2.50	0.00	0.01	0.01	0.00	0.60	0.00	0.00	<b>9.50</b> MARZO
<b>1986</b>	0.00	1.40	0.80	5.80	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	3.80	0.01	<b>5.80</b> ABRIL
<b>1987</b>	5.00	22.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	5.90	0.60	0.00	<b>22.00</b> FEBRERO
<b>1988</b>	3.50	0.01	0.00	8.20	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.60	0.00	<b>8.20</b> ABRIL
<b>1989</b>	9.00	12.50	0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.40	0.00	0.00	<b>12.50</b> FEBRERO
<b>1990</b>	0.00	0.00	1.50	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	1.30	0.00	3.50	<b>3.50</b> DICIEMBRE
<b>1991</b>	0.00	2.80	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>2.80</b> FEBRERO

<b>1992</b>	0.00	0.00	0.00	100.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>100.30</b>	<b>ABRIL</b>
<b>1993</b>	0.01	6.00	23.00	5.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>23.00</b>	<b>MARZO</b>
<b>1994</b>	0.01	1.50	20.00	9.50	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.20	0.01	10.50	<b>20.00</b>	<b>MARZO</b>
<b>1995</b>	1.00	1.00	0.01	1.50	1.00	0.00	0.40	0.01	0.80	0.01	0.01	3.20	<b>3.20</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>1996</b>	2.80	0.01	0.01	4.50	0.01	1.50	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	<b>4.50</b>	<b>ABRIL</b>
<b>1997</b>	0.01	0.00	0.00	7.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	37.20	<b>37.20</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>1998</b>	65.30	81.90	45.40	53.70	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	<b>81.90</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>1999</b>	2.10	10.80	0.00	7.90	1.00	1.70	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.80	<b>10.80</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2000</b>	1.00	3.80	3.90	5.50	0.00	0.50	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	10.00	<b>10.00</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>2001</b>	0.30	0.00	77.40	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	<b>77.40</b>	<b>MARZO</b>
<b>2002</b>	0.00	3.80	41.30	68.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>68.00</b>	<b>ABRIL</b>
<b>2003</b>	4.00	5.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	<b>5.50</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2004</b>	2.70	1.30	0.00	3.70	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.90	5.20	<b>5.20</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>2005</b>	2.00	0.60	6.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.90	0.00	0.00	<b>6.00</b>	<b>MARZO</b>
<b>2006</b>	0.01	11.70	5.60	0.00	0.00	1.00	0.01	0.00	0.00	0.60	0.00	0.01	<b>11.70</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2007</b>	3.30	0.01	2.50	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	<b>3.30</b>	<b>ENERO</b>
<b>2008</b>	5.10	36.80	5.40	0.50	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	<b>36.80</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2009</b>	7.20	12.90	9.20	0.60	4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	5.00	4.60	<b>12.90</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2010</b>	0.70	30.10	9.40	13.50	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.01	0.01	<b>30.10</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2011</b>	3.10	0.01	0.00	7.00	3.20	0.20	1.60	0.00	0.00	0.01	2.10	1.50	<b>7.00</b>	<b>ABRIL</b>
<b>2012</b>	2.50	14.70	10.40	6.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.20	0.60	0.20	<b>14.70</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2013</b>	0.50	1.70	25.70	0.80	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	<b>25.70</b>	<b>MARZO</b>
<b>2014</b>	0.00	5.60	5.30	1.00	0.40	0.20	0.10	0.00	0.00	0.60	0.01	0.50	<b>5.60</b>	<b>FEBRERO</b>
<b>2015</b>	1.00	0.90	28.80	0.00	0.01	1.60	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	<b>28.80</b>	<b>MARZO</b>
<b>2016</b>	0.60	16.00	28.20	3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	<b>28.20</b>	<b>MARZO</b>
<b>2017</b>	53.80	36.60	126.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>126.10</b>	<b>MARZO</b>
<b>MAX</b>	<b>65.30</b>	<b>81.90</b>	<b>126.10</b>	<b>100.30</b>	<b>75.40</b>	<b>70.10</b>	<b>1.60</b>	<b>1.00</b>	<b>3.50</b>	<b>5.90</b>	<b>8.00</b>	<b>37.20</b>	<b>126.10</b>	

Fuente: Datos históricos meteorológicos, SENAMHI.

**Interpretación:** De la “Tabla 06”, se determinó la precipitación máxima en 24 hrs, del periodo entre los años 1973 al 2017, obteniendo un valor de 126.10 mm, dicho resultado se obtuvo del año 2017 del mes de Marzo; en la cual se produjeron fuertes lluvias en la región Piura.

**Cálculo de Variables Probabilísticas mediante Gumbel:**

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 24.77 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 29.49 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 22.99 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 11.50 \text{ mm}$$

**Tabla 7.** Distribución de Probabilidades Pluviométricas mediante el método Gumbel.

Nº	Año	Mes	Precipitación (mm)	
		Max. Precip.	$x_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1973	ENERO	26.00	1.50
2	1974	MARZO	2.00	518.62
3	1975	MARZO	6.40	337.58
4	1976	ENERO	49.90	631.35
5	1977	FEBRERO	19.60	26.76
6	1978	MARZO	30.00	27.32
7	1979	MAYO	3.50	452.55
8	1980	NOVIEMBRE	8.00	281.34
9	1981	MARZO	12.00	163.16
10	1982	DICIEMBRE	7.50	298.37
11	1983	ABRIL	95.50	5002.26
12	1984	FEBRERO	6.20	344.97
13	1985	MARZO	9.50	233.27
14	1986	ABRIL	5.80	359.99
15	1987	FEBRERO	22.00	7.69
16	1988	ABRIL	8.20	274.68
17	1989	FEBRERO	12.50	150.63
18	1990	DICIEMBRE	3.50	452.55

19	1991	FEBRERO	2.80	482.83
20	1992	ABRIL	100.30	5704.28
21	1993	MARZO	23.00	3.14
22	1994	MARZO	20.00	22.78
23	1995	DICIEMBRE	3.20	465.41
24	1996	ABRIL	4.50	411.01
25	1997	DICIEMBRE	37.20	154.42
26	1998	FEBRERO	81.90	3263.46
27	1999	FEBRERO	10.80	195.25
28	2000	DICIEMBRE	10.00	218.25
29	2001	MARZO	77.40	2769.57
30	2002	ABRIL	68.00	1868.54
31	2003	FEBRERO	5.50	371.46
32	2004	DICIEMBRE	5.20	383.12
33	2005	MARZO	6.00	352.44
34	2006	FEBRERO	11.70	170.91
35	2007	ENERO	3.30	461.10
36	2008	FEBRERO	36.80	144.64
37	2009	FEBRERO	12.90	140.98
38	2010	FEBRERO	30.10	28.37
39	2011	ABRIL	7.00	315.89
40	2012	FEBRERO	14.70	101.47
41	2013	MARZO	25.70	0.86
42	2014	FEBRERO	5.60	367.62
43	2015	MARZO	28.80	16.21
44	2016	MARZO	28.20	11.74
45	2017	MARZO	126.10	10267.09
45		<b>Suma</b>	<b>1114.80</b>	<b>38257.47</b>

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Tabla 8.** *Precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno.*

<i>Periodo</i>	<i>Variable</i>	<i>Precip.</i>	<i>Prob. de</i>	<i>Corrección</i>
<i>Retorno</i>	<i>Reducida</i>	<i>(mm)</i>	<i>ocurrencia</i>	<i>intervalo</i>
<i>Años</i>	<i>YT</i>	<i>XT'(mm)</i>	<i>F(xT)</i>	<i>XT (mm)</i>
<b>2</b>	0.3665	20	0.5000	22.5203
<b>5</b>	1.4999	46	0.8000	51.9665
<b>10</b>	2.2504	63	0.9000	71.4624
<b>25</b>	3.1985	85	0.9600	96.0956
<b>50</b>	3.9019	101	0.9800	114.3699
<b>100</b>	4.6001	117	0.9900	132.5093
<b>500</b>	6.2136	154	0.9980	174.4267

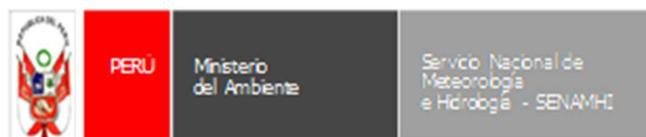
Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

**Interpretación:** Como se puede apreciar en la “**Tabla 8**”, para un periodo de retorno de 50 años, la precipitación máxima diaria de frecuencia anual es de 101 mm por el método de Gumbel; del cual cuenta con restricciones para el diseño del Geodren.

**CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA MÁXIMA MEDIANTE LA DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL DE 3 PARÁMETROS EMPLEANDO EL SOFTWARE HIDROESTA**

a. Ajuste de la serie de datos:

**Tabla 9.** *Ajuste de la serie de datos a la distribución Log Normal de 3 parámetros.*



N°	AÑO	X (PRECIPITACION MÁXIMA) mm
1	1973	26.00
2	1974	2.00
3	1975	6.40
4	1976	49.90
5	1977	19.60
6	1978	30.00
7	1979	3.50
8	1980	8.00
9	1981	12.00
10	1982	7.50
11	1983	95.50
12	1984	6.20
13	1985	9.50
14	1986	5.80
15	1987	22.00
16	1988	8.20
17	1989	12.50

18	1990	3.50
19	1991	2.80
20	1992	100.30
21	1993	23.00
22	1994	20.00
23	1995	3.20
24	1996	4.50
25	1997	37.20
26	1998	81.90
27	1999	10.80
28	2000	10.00
29	2001	77.40
30	2002	68.00
31	2003	5.50
32	2004	5.20
33	2005	6.00
34	2006	11.70
35	2007	3.30
36	2008	36.80
37	2009	12.90
38	2010	30.10
39	2011	7.00
40	2012	14.70
41	2013	25.70
42	2014	5.60
43	2015	28.80
44	2016	28.20
45	2017	126.10

**Fuente:** SENAMHI, 2018.

**NOTA:** 1 mm = 1 Litro/m<sup>2</sup>

En la “**Tabla 09**”, se muestra las precipitaciones máximas diarias obtenidas a partir de la Estación San Miguel ubicada en la zona de estudio, desde el año 1973 al año 2017, con una serie de 45 años.

### **Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:**

**Tabla 10.** *Cálculo del ajuste de Smirnov Kolmogorov.*

<b>m</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>Z</b>	<b>F(Z)</b>	<b>Delta</b>
1	2.0	0.0217	-2.1292	0.0166	0.0051
2	2.8	0.0435	-1.6204	0.0526	0.0091
3	3.2	0.0652	-1.4484	0.0738	0.0085
4	3.3	0.0870	-1.4104	0.0792	0.0077
5	3.5	0.1087	-1.3392	0.0903	0.0184
6	3.5	0.1304	-1.3392	0.0903	0.0402
7	4.5	0.1522	-1.0528	0.1462	0.0059
8	5.2	0.1739	-0.8980	0.1846	0.0107
9	5.5	0.1957	-0.8396	0.2006	0.0049
10	5.6	0.2174	-0.8209	0.2058	0.0115
11	5.8	0.2391	-0.7849	0.2163	0.0229
12	6.0	0.2609	-0.7503	0.2265	0.0343
13	6.2	0.2826	-0.7171	0.2367	0.0460
14	6.4	0.3043	-0.6852	0.2466	0.0577
15	7.0	0.3261	-0.5961	0.2756	0.0505
16	7.5	0.3478	-0.5284	0.2986	0.0492
17	8.0	0.3696	-0.4658	0.3207	0.0489
18	8.2	0.3913	-0.4420	0.3292	0.0621
19	9.5	0.4130	-0.3019	0.3814	0.0317
20	10.0	0.4348	-0.2537	0.3999	0.0349
21	10.8	0.4565	-0.1818	0.4279	0.0287
22	11.7	0.4783	-0.1077	0.4571	0.0212
23	12.0	0.5000	-0.0844	0.4664	0.0336
24	12.5	0.5217	-0.0470	0.4813	0.0405
25	12.9	0.5435	-0.0182	0.4928	0.0507
26	14.7	0.5652	0.1005	0.5400	0.0252
27	19.6	0.5870	0.3580	0.6398	0.0529
28	20.0	0.6087	0.3759	0.6465	0.0378
29	22.0	0.6304	0.4601	0.6773	0.0469

30	23.0	0.6522	0.4993	0.6912	0.0390
31	25.7	0.6739	0.5967	0.7246	0.0507
32	26.0	0.6957	0.6068	0.7280	0.0324
33	28.2	0.7174	0.6778	0.7510	0.0337
34	28.8	0.7391	0.6961	0.7568	0.0177
35	30.0	0.7609	0.7317	0.7678	0.0069
36	30.1	0.7826	0.7346	0.7687	0.0139
37	36.8	0.8043	0.9088	0.8183	0.0139
38	37.2	0.8261	0.9182	0.8207	0.0054
39	49.9	0.8478	1.1710	0.8792	0.0314
40	68.0	0.8696	1.4357	0.9245	0.0549
41	77.4	0.8913	1.5460	0.9389	0.0476
42	81.9	0.9130	1.5941	0.9445	0.0315
43	95.5	0.9348	1.7247	0.9577	0.0229
44	100.3	0.9565	1.7663	0.9613	0.0048
45	126.1	0.9783	1.9604	0.9750	0.0032

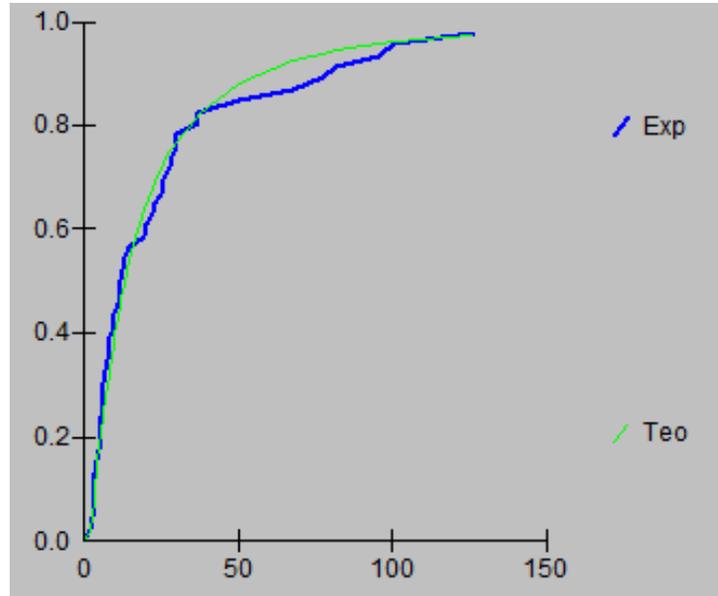
**Fuente:** *Software HidroEsta.*

**Interpretación:** Tal como se muestra en la “**Tabla 10**”, de los datos obtenidos mediante el ajuste con momentos ordinarios, se detalla como el delta teórico 0.0621 es menor (<) que el delta tabular 0.2027; entonces los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%.

**Parámetros de la Distribución LogNormal:**

- Parámetro de posición ( $x_0$ )= 1.0394
- Parámetro de escala ( $\mu_y$ )= 2.4948
- Parámetro de forma ( $S_y$ )= 1.1906

De los datos procesados anteriormente mediante el software HidroEsta, se obtuvo la precipitación máxima diaria de frecuencia anual para un periodo de retorno de 50 años siendo de 142 mm. Cabe indicar que la  $P_{m\acute{a}x}$  en 24 horas tiene un mejor ajuste con la distribución Log Normal de 3 parámetros.



**Figura 1.** *Distribución Log Normal 3 parámetros de la zona de estudio*

**Fuente:** *Software HidroEsta.*

**Tabla 11.** *Cálculo de Precipitaciones Diarias máximas probables para distintas frecuencias.*

<b>Periodo de Retorno (Años)</b>	<b>Precipitación Máxima (mm)</b>
2	13.16
5	34.04
10	56.79
25	98.52
50	142.00
100	194.49
500	374.16

**Por lo tanto para un periodo de retorno de 50 años se trabajará con un  $P_{m\acute{a}x}$  de 142 mm.**

## CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO KIRPICH

$$t_c = 0.01947xL^{0.77} xS^{-0.385} \quad (5)$$

De la fórmula (5), los valores se expresan de la siguiente manera:

S: Pendiente promedio de la cuenca (m/m)

L: Longitud del curso de agua más largo (m)

Los datos que se requieren para dar solución a la formula (5), se obtiene a través del área de la cuenca, de la cota máxima y de la cota mínima de la zona de estudio. Se ha obtenido mediante la delimitación de la cuenca con el software Google Earth Pro, tal como lo detalla la siguiente figura:

De la figura **02**, se aprecia la delimitación de la cuenca proyectada en la zona de estudio, se muestra que desde el punto más alto de la cuenca hasta el punto más bajo ubicado en el Km 0+000 el recorrido de las aguas pluviales es de forma descendente; así mismo esto se detalla en las partes laterales en dirección del Este al Oeste las aguas pluviales van a recorrer desde el punto más alto hacia el más bajo por gravedad.



**Figura 2.** Delimitación de la cuenca en la zona de estudio.

**Fuente:** Google Earth, 2018.

De la formula (5), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

**Longitud del cauce (L)** = 2370 m.

**Cota máxima** = 24 m.s.n.m (Obtenido del Google Earth Pro)

**Cota mínima** = 20 m.s.n.m (Obtenido del Google Earth Pro)

**Superficie (Área)** = 6.94 Km<sup>2</sup>

**Pendiente (S)** = (24-20) / 2370 = 0.00169

Por lo tanto:

$$t_c = 0.01947 * (2370)^{0.77} * (0.00169)^{-0.385}$$

$$T_c = 90.24 \text{ minutos}$$

Entonces, el tiempo de concentración en la cuenca de la zona de estudio es igual a 90.24 minutos por el método de Kirpich; para lo cual en nuestro caso es recomendable poder trabajar con un tiempo de concentración de **100 minutos** y de tal manera poder calcular la intensidad para un periodo de retorno de 50 años.

### **CÁLCULO DE CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - PERÍODO DE RETORNO**

Para determinar la intensidad para un periodo de retorno de 50 años con una duración de 100 minutos, se ha empleado el método de Frederich Bell:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n} \quad (6)$$

**Donde:**

**I** = Intensidad (mm/hr).

**t** = Duración de la lluvia (min).

**T** = Período de retorno (años).

**K, m, n** = Parámetros de ajuste.

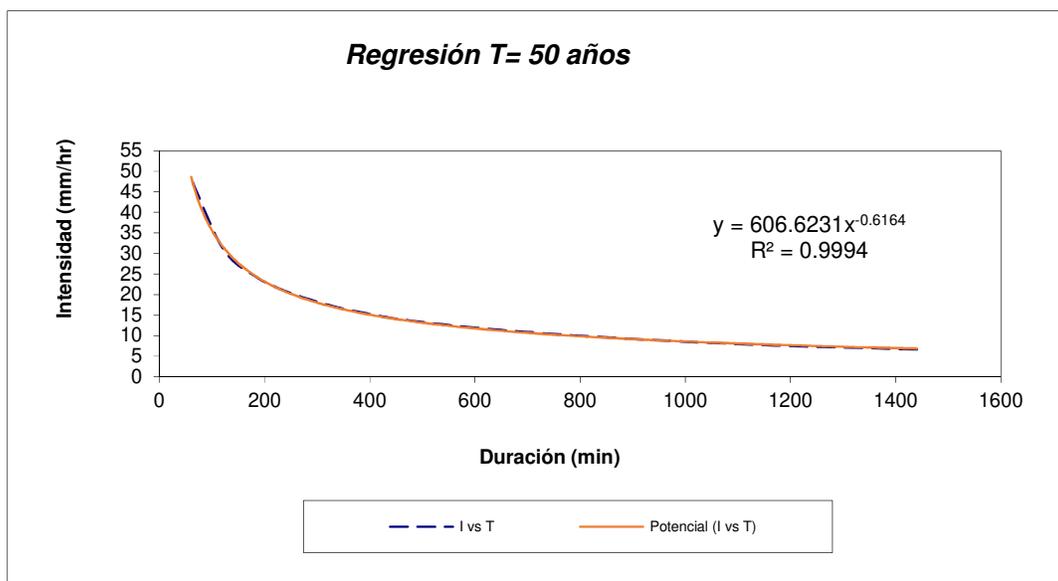
De la fórmula (6), los valores que se obtuvieron para cada variable fueron:

$$I = \frac{142.00 * T^{0.589896}}{t^{0.61885}}$$

**Tabla 12.** Cálculo del coeficiente de regresión (n) para un periodo de retorno = 50 años.

<i>Periodo de retorno para T = 50 años</i>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.6858	7.2724	1.9000	13.8175	52.8878
2	1080	8.1121	6.9847	2.0934	14.6215	48.7863
3	720	10.6973	6.5793	2.3700	15.5928	43.2865
4	480	13.6391	6.1738	2.6129	16.1317	38.1156
5	360	16.3134	5.8861	2.7920	16.4339	34.6462
6	300	18.2924	5.7038	2.9065	16.5780	32.5331
7	240	20.8598	5.4806	3.0378	16.6492	30.0374
8	180	24.6039	5.1930	3.2029	16.6325	26.9668
9	120	31.2897	4.7875	3.4433	16.4847	22.9201
10	60	48.1380	4.0943	3.8741	15.8618	16.7637
10	4980	198.6317	58.1555	28.2329	158.8037	346.9435
<i>Ln (d) =</i>	<b>6.4079</b>	<i>d =</i>	<b>606.6231</b>	<i>n =</i>	<b>-0.6164</b>	

Fuente: Método de Frederich Bell.



**Figura 3.** Intensidad vs duración para T = 50 años.

**Tabla 13.** Resumen de coeficientes de regresión para cada periodo de retorno.

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	56.21943454096	-0.61638608809
5	145.41865894940	-0.61638608809
10	242.60651121435	-0.61638608809
25	459.30321820377	-0.63362500463
50	606.62307787354	-0.61638608809
100	830.86001701143	-0.61638608809

<b>500</b>	1598.40909026164	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	562.77714400787	-0.61884879045

**Fuente:** Método de Frederick Bell.

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

Se obtiene lo siguiente:

**Tabla 14.** Regresión potencial para diferentes periodos de retorno.

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
<b>1</b>	2	56.2194	0.6931	4.0293	2.7929	0.4805
<b>2</b>	5	145.4187	1.6094	4.9796	8.0144	2.5903
<b>3</b>	10	242.6065	2.3026	5.4914	12.6445	5.3019
<b>4</b>	25	459.3032	3.2189	6.1297	19.7308	10.3612
<b>5</b>	50	606.6231	3.9120	6.4079	25.0679	15.3039
<b>6</b>	100	830.8600	4.6052	6.7225	30.9581	21.2076
<b>7</b>	500	1598.4091	6.2146	7.3768	45.8437	38.6214
<b>7</b>	692	3939.4400	22.5558	41.1372	145.0522	93.8667
<b>Ln (K) =</b>	<b>3.9759</b>	<b>K =</b>	<b>142.00</b>	<b>m =</b>	<b>0.5899</b>	

**Término constante de regresión (K) = 142.00**

**Coefficiente de regresión (m) = 0.589896**

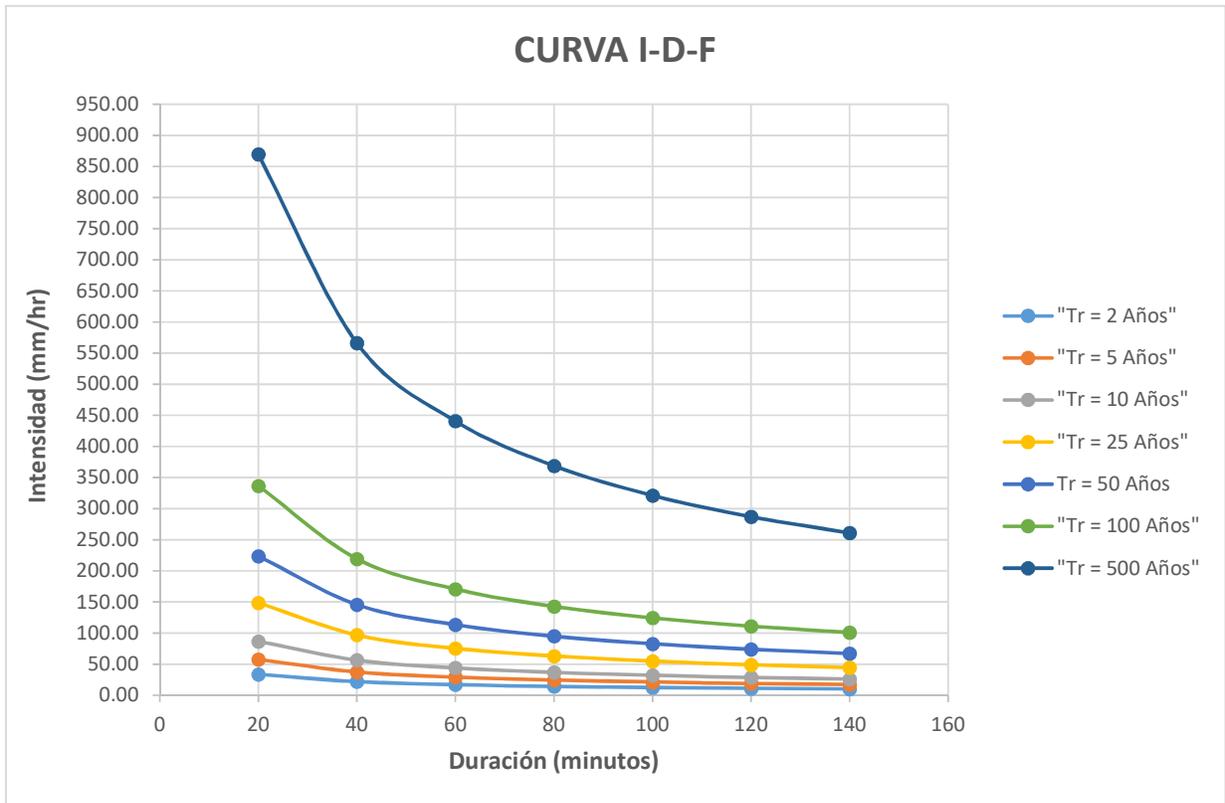
**Tabla 15.** Resumen de Intensidades - Tiempo de Duración.

<b>Tabla de intensidades - Tiempo de duración</b>							
<b>Frecuencia</b>	<b>Duración en minutos</b>						
<b>años</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>
<b>2</b>	33.48	21.80	16.96	14.20	12.36	11.05	10.04
<b>5</b>	57.47	37.43	29.12	24.37	21.23	18.96	17.24
<b>10</b>	86.51	56.33	43.83	36.68	31.95	28.54	25.95
<b>25</b>	148.52	96.72	75.25	62.98	54.86	49.00	44.54
<b>50</b>	223.54	145.57	113.27	94.79	82.57	73.76	67.05
<b>100</b>	336.46	219.10	170.48	142.68	124.27	111.01	100.91
<b>500</b>	869.48	566.20	440.55	368.70	321.15	286.88	260.78

**Fuente:**

*Elaboración Propia, 2018.*

**Interpretación:** De la “Tabla 15”, se obtiene para un periodo de retorno de 50 años, el valor de Intensidad de 82.57 mm/hr para una duración de 100 minutos.



**Figura 4.** Curva Intensidad-Duración-Frecuencia de la Estación San Miguel.

**Interpretación:** Para un periodo de retorno de 50 años, con el cual se está diseñando el sistema de subdrenaje Geodren; con una duración de 100 minutos, se obtiene el valor de  $I = 82.57$  mm/hr de la cuenca ubicada en la zona de estudio (Buenos Aires – CATACAOS).

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R \quad (4)$$

De la formula (4), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$I_R = 83$  mm/hr =  $2.31 * 10^{-5}$  m/s (Obtenido de las curvas de intensidad – duración-frecuencia)

$B =$  ancho de la vía/2 = 6/2 = 3 m.

$L = 1000$  m.

$F_i = 0.20$  (Ver Tabla 24)

$F_R = 1/3$  (Ver Tabla 25)

**Por lo tanto:**

$$Q_{inf} = 2.31 * 10^{-5} \frac{m}{s} * 3 m * 1000 m * 0.20 * 1/3$$

$$Q_{inf} = 0.00462 m^3/s$$

**Caudal por abatimiento del Nivel Freático:**

En nuestra zona de estudio, a lo largo del camino vecinal Buenos Aires ubicado en el Distrito de Catacaos, el nivel freático se encuentra por debajo de la capa de subrasante, por lo cual no afecta a la estructura del camino vecinal, siendo evidenciado al momento de realizar la calicata a 1.50 m.

El nivel del abatimiento de la napa freática es de mayor altura en las épocas de riego para los campos de cultivo de arroz ubicado en los márgenes a todo lo largo del camino vecinal Buenos Aires; que se evidencia en los meses de mayo y junio; asimismo en las épocas de verano en el cual se originan las grandes precipitaciones pluviales. En estos casos, el nivel de la napa freática está a nivel más cerca al terreno de fundación y por lo tanto para realizar el diseño del Geodren se va a tomar en cuenta el caudal originado por el abatimiento del nivel freático.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{NF} = K * i * A_a \quad (7)$$

**Del cual:**

K = Permeabilidad del suelo.

i = Gradiente Hidráulico.

$A_a$  = Área efectiva

$N_d$  = Cota inferior del subdren

$N_f$  = Cota superior del nivel freático.

De la formula (7), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$K = 0.00000135 \text{ m/s}$  (Obtenido del Ensayo de Permeabilidad del Suelo).

$$i = (N_d - N_f) / B = (1.20 - 0.60) / 3 = 0.20$$

$$A_a = (N_d - N_f) * L = (1.20 - 0.60) * 1000 = 600 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$Q_{NF} = 0.00000135 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.20 * 600 \text{ m}^2$$

$$Q_{NF} = 0.000162 \text{ m}^3/\text{s}$$

El nivel freático se encuentra en ambos lados de la sección transversal del Geodren, por lo tanto:

$$Q_{NF} = 0.000162 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 2 = 0.000324 \text{ m}^3/\text{s}$$

Entonces, el Caudal de Diseño se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = Q_{inf} + Q_{NF} \quad (8)$$

Donde:

$Q_T$  = Caudal de diseño.

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración.

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

Por lo tanto, de la fórmula (8) se obtiene el valor del caudal de diseño:

$$Q_T = 0.00462 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 0.000324 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_T = 0.0050 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

**Interpretación:** De la fórmula (8), se ha obtenido el caudal de diseño con un valor de  $0.0050 \text{ m}^3/\text{s}$ , del cual se ha obtenido por medio de la infiltración y por el abatimiento del nivel freático.

### Dimensionamiento de la sección transversal

Una vez obtenido el caudal de diseño ( $Q_T$ ), se determina la sección transversal del sistema del Geodren mediante la siguiente formula:

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

Del cual:

$Q_T$  = Caudal total.

V = Velocidad de flujo.

I = Gradiente hidráulico.

A = Área de la sección transversal del subdrén.

De la fórmula (9), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$$Q_T = 0.0050 \frac{m^3}{s}$$

Para determinar la velocidad de flujo, está en función del agregado para colocar como material drenante, en este caso se colocará grava, la cual tiene un tamaño uniforme de 19 mm (3/4"). Asimismo, se trabajará con una pendiente de 2% de subdren. Entonces, mediante el monograma de Pendiente Vs. Velocidad, según el tamaño del agregado, se obtiene el valor de velocidad de flujo, siendo el que se menciona en adelante:

$$V = 0.70 \text{ cm/s} = 0.0070 \text{ m/s}$$

$$I = 1.0$$

$$A = (Q_T / V) = (0.0050 \frac{m^3}{s}) / (0.0070 \frac{m}{s})$$

$$A = 0.72 \text{ m}^2$$

Teniendo una área de sección transversal del Geodren de  $0.72 \text{ m}^2$ , entonces se recomienda trabajar con un ancho mínimo de 0.60 m, en el caso que la trinchera sea excavada a mano.

Entonces:

$$A = L * \text{ancho}$$

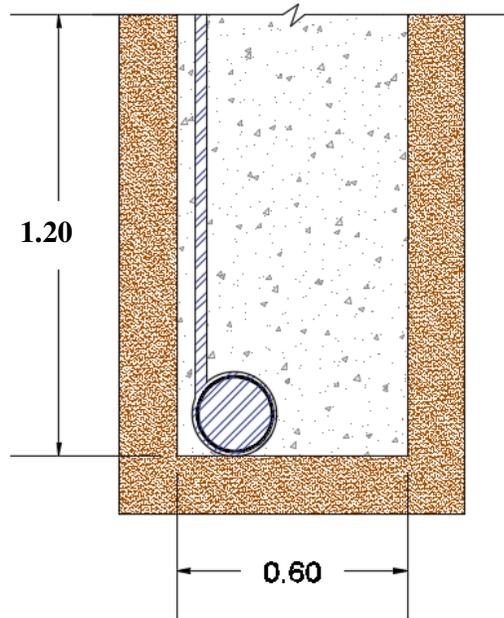
$$A = 0.72 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho} = 0.60 \text{ m}$$

$$L = 0.72/0.60 = 1.20 \text{ m}$$

Por lo tanto, la sección transversal queda definido de la siguiente manera:

$$\text{Sección Transversal} = 1.20 \text{ m} * 0.60 \text{ m}$$



**Figura 5.** Dimensiones de la sección transversal del Geodrén.

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

Una vez que se haya obtenido el dimensionamiento de la sección transversal del Geodren, posteriormente se procede a calcular el perímetro. Esto se obtiene mediante la siguiente formula:

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

De la fórmula (10), se obtiene la longitud de desarrollo del geotextil:

$$\mathbf{Lt} = (1.20 + 0.60 + 1.20 + 0.60) + 0.30$$

$$\mathbf{Lt} = 3.90 \text{ m} = 390 \text{ cm}$$

## Cálculo hidráulico para la escogencia del geotextil

*Evaluación según la permitividad del sistema:*

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

Los valores obtenidos en la fórmula (11) son los siguientes:

$$Q = 0.0050 \frac{m^3}{s}$$

$$\Delta h = 1.20 \text{ m}$$

$$H = 0.60 \text{ m}$$

$$L = 1000 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$\Psi_{req} = 0.0050 \frac{m^3}{s} / (1.20 \text{ m} * 0.60 \text{ m} * 1000 \text{ m})$$

$$\Psi_{req} = 0.00000695 \text{ s}^{-1}$$

Una vez que se haya calculado la permitividad requerida por el sistema, se toma la permitividad suministrada por el fabricante como la permitividad última para poder emplearla en el diseño del Geodren:

$$\Psi_{ult} = 2.9 \text{ s}^{-1} \text{ (Ver Figura 5. Especificaciones Técnicas del Producto)}$$

En base a la permitividad ultima del Geodren, se realiza a calcular la permitividad admisible, teniendo en cuenta los factores de reducción para sistemas de subdrenaje (Ver anexo 06)

$$\Psi_{adm} = \Psi_{ult} / (FR_{SCB} * FR_{CR} * FR_{IN} * FR_{CC} * FR_{BC}) \quad (12)$$

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

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

Finalmente, se obtiene el factor de seguridad global:

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

$$FS_g = 0.50 \text{ s}^{-1} / 0.00000695 \text{ s}^{-1}$$

$$FS_g \gg 1.0$$

**Interpretación:**

Por lo tanto el tipo de geotextil cumple con las condiciones hidráulicas, por lo cual se encuentra apto como “medio filtrante” en el sistema del Geodren.

**MEDIO DRENANTE (GEORED)**

Se procede a calcular la transmisividad requerida de la geored, mediante la ecuación de Darcy:

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

**Donde:**

**Q** = Caudal total de diseño.

**I** = Gradiente hidráulico.

**W** = Ancho de la geored.

De la formula (13), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$$q_{requerida} = 0.0050 \frac{m^3}{s} / (1 * 1000 m)$$

$$q_{requerida} = 5.00 * 10^{-6} s^{-1}$$

Posteriormente se obtiene el valor de la transmisividad disponible, que se calcula mediante la siguiente formula:

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{IN} * FR_{CR} * FR_{CC} * FR_{BC}) \quad (14)$$

**Del cual se obtiene:**

$$FR_{IN} = 1.2$$

$$FR_{CR} = 1.5$$

$$FR_{CC} = 1.5$$

$$FR_{BC} = 4.0$$

Dichos valores han sido obtenidos de la tabla (**Factores de seguridad**)

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{IN} * FR_{CR} * FR_{CC} * FR_{BC})$$

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

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

Finalmente, se obtiene el factor de seguridad final:

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

$$FS = 0.27 \text{ s}^{-1} / 5.00 * 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$FS \gg 1$$

Para el diseño del Geodren se trabajará con una Geored, ya que el FS salió mayor a 1; por lo cual cumple con la condición establecida anteriormente.

### MEDIO DE EVACUACIÓN

El diámetro de la tubería a usar se puede estimar mediante un monograma en base a la ecuación de Prandtl Colebrook, teniendo como datos la pendiente y el caudal de diseño.

$$Q_T = 0.0050 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 5.00 \text{ lt/s}$$

$$S = 2.0 \%$$

Entonces, al momento de trabajar con el monograma, al trazar la pendiente de 2% ubicada en el eje "X" y el caudal de diseño de 5.00 lt/s ubicada en el eje "Y", se obtiene el valor del diámetro de la tubería HDPE que corresponde a 100 mm es decir a 4" de tipo perforada.

$$\varnothing \text{ TUBERIA DE DRENAJE} = 100 \text{ mm}$$

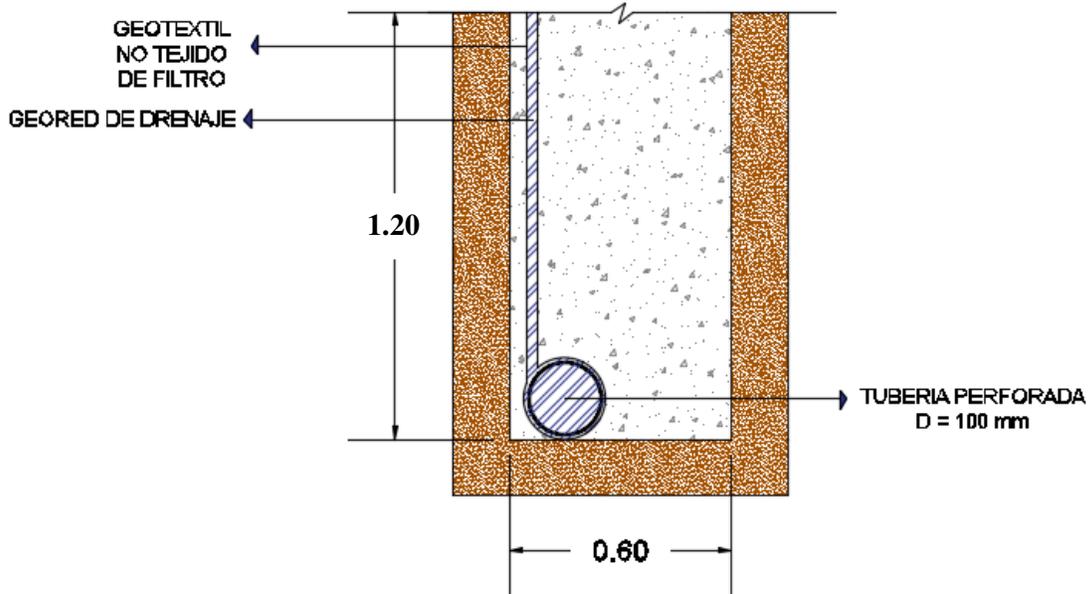


Figura 6. Diseño final de la sección transversal del sistema de subdrenaje Geodrén.

**Tabla 16.** Resumen del diseño del sistema de subdrenaje Geodrén.

<b>TRAMO DEL KM 0+000 AL KM 1+000</b>			
<i>Sección Transversal del Geodrén</i>			
Ancho de la sección transversal	<b>a =</b>	60	cm
Profundidad del Geodren	<b>H =</b>	120	cm
<i>Características del Geotextil</i>			
TAA	<b>Ø95 =</b>	0.18	mm
Permeabilidad	<b>Kg =</b>	0.044	cm/s
Porosidad		51 %	
Longitud de Desarrollo	<b>Lt =</b>	390	cm
Tipo de Geotextil		NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJA	
<i>Medio Drenante</i>			
Número de Geored		01	
<i>Medio de Evacuación</i>			
Tipo de tubería		HDPE PERFORADA	
Diámetro de tubería		100 mm = 4"	
Caudal transportado por la tubería		5.00 E-03 m3/s	

**Fuente:**

*Elaboración Propia, 2018.*

### 3.2. PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS Y GRAVIMÉTRICOS A NIVEL SUBRASANTE EN COMPARACIÓN AL DEL FILTRO

Para esta investigación se ha tenido que realizar el Estudio de Mecánica de Suelos, para encontrar los parámetros “Volumétricos y Gravimétricos” del terreno a nivel subrasante en donde se colocará el sistema de subdrenaje “Geodren” a lo largo del (01) Km del camino vecinal Buenos Aires. Dicha ubicación se determinará en función del nivel freático del terreno, del cual va a definir si dicho sistema de subdrenaje se ubicara en ambos lados de la vía o en un solo lado. La topografía de la zona de estudio también será un factor importante para dicha ubicación. Se realizó 1 calicata, ya que de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos señala que en caminos no pavimentados considerados de bajo volumen de tránsito se realiza una (01) calicata por Km a 1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto, ubicándose longitudinalmente y en forma alternada.

Dicha calicata se ubicó en la progresiva 0+500; encontrándose un solo estrato de muestra. La única muestra obtenida de la calicata en campo fue sometida a diversos ensayos, de los cuales fueron: Granulometría, Limite Líquido, Limite Plástico, Contenido de Humedad, Permeabilidad y Proctor Modificado.

#### Granulometría

Se obtuvieron los valores necesarios para el diseño a partir del Análisis Granulométrico, siendo proporcionado por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción de la Universidad de Piura y supervisado por la Ingeniera Civil Gaby Ruiz Petrozzi, con CIP N° 46912.

**Tabla 17.** Resultados obtenidos a partir de la muestra.

Tamaño de las partículas que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizado.	<b>D85 =</b>	0.24	mm
Tamaño de las partículas que corresponde al 60% del suelo que pasa al ser tamizado.	<b>D60 =</b>	0.15	mm
Tamaño de las partículas que corresponde al 50% del suelo que pasa al ser tamizado.	<b>D50 =</b>	0.13	mm

Tamaño de las partículas que corresponde al 15% del suelo que pasa al ser tamizado.	<b>D15 =</b>	0.10	mm
Tamaño de las partículas que corresponde al 10% del suelo que pasa al ser tamizado.	<b>D10 =</b>	0.07	mm
Permeabilidad del Suelo	<b>Ks =</b>	0.000135	cm/s
Coefficiente de Uniformidad	<b>Cu =</b>	2.14	

**Fuente:**

*Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP.*

**Interpretación:** El tamaño de las partículas que corresponden al 85%, 60% y 10% del suelo que pasa al ser tamizado obtenidos por la curva granulométrica, permitió calcular el criterio de abertura aparente de Geotextil, cumpliendo con lo establecido en dicho criterio. Asimismo, el coeficiente de Uniformidad de valor de 2.14 se obtuvo a través de la división de D60/D10.

**Tabla 18.** Descripción de la muestra.

<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>	A-3 (0)
<b>ARENA FINA</b>	92%
<b>FINOS LIMOSOS NO PLASTICOS</b>	8%
<b>COLOR</b>	MARRÓN OLIVO CLARO
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>	SP-SM

**Fuente:**

*Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico - UDEP.*

En la “**Tabla 19**” se presenta el resumen de los resultados de los Ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción por la Universidad de Piura, de la calicata ubicada en la progresiva 0+500 en el camino vecinal Buenos Aires a 1.50 m de profundidad. De dicha calicata se ha evaluado Granulometría (SUCS), Permeabilidad en Suelos Granulares (cm/s), Contenido de Humedad (%), Máxima Densidad Seca (g/cm<sup>3</sup>) y Límites Líquido – Plástico – Índice de Plasticidad de Suelos (%). Tal como se muestra a continuación:

**Tabla 19.** Resumen de resultados del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción.

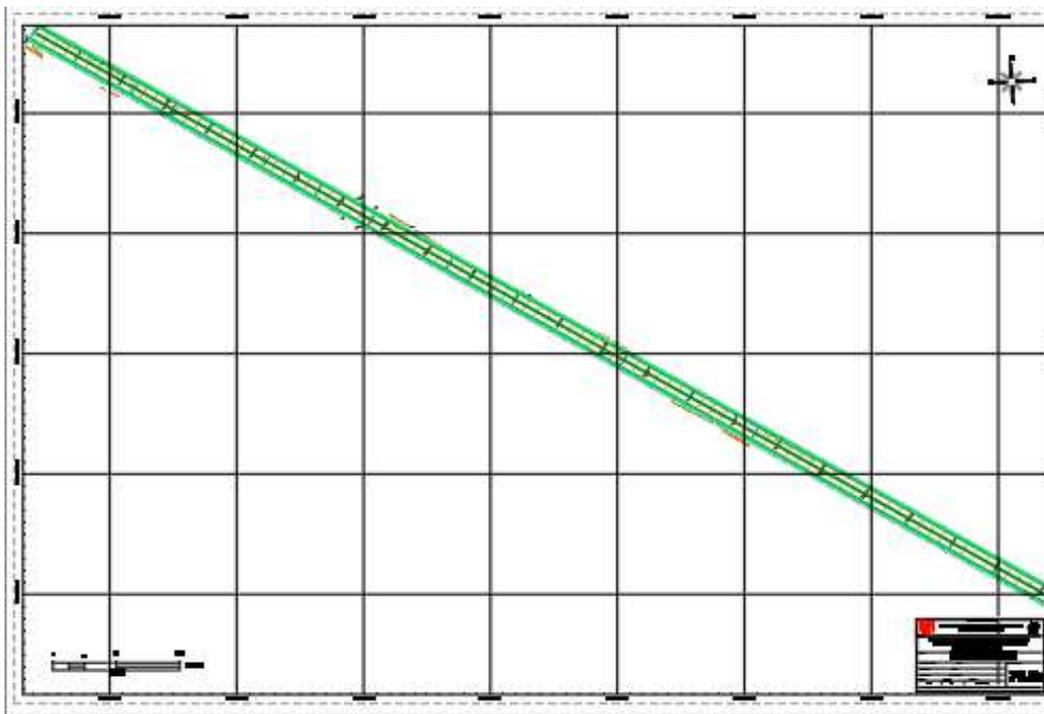
<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA</b>
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.72
Relación de vacíos	0.54
Permeabilidad en Suelos Granulares (cm/s)	1.35E-04
Granulometría (SUCS)	SP-SM
Contenido de Humedad (%)	17.4
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.71
Humedad óptima (%)	11.0
Límite Líquido (%)	NP
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad (%)	NP

**Fuente:**

*Elaboración Propia, 2018.*

### 3.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL CAMINO VECINAL BUENOS AIRES (EMP PI-1020) KM 0+000 AL KM 1+000

Para esta investigación se ha tenido que realizar una visita a campo con el equipo topográfico necesario y de esta manera empezar a levantar la muestra, objeto de estudio que corresponde a un 01 km del camino vecinal Buenos Aires de Cumbibirá. El desarrollo del levantamiento topográfico nos ha permitido conocer la topografía del camino vecinal que es básicamente un camino de topografía llano a nivel de trocha carrozable rodeado en ambos lados del camino por áreas destinadas al cultivo, y de igual forma determinar la ubicación de la propuesta del sistema de subdrenaje como solución a la problemática de falta de drenaje en el camino vecinal.

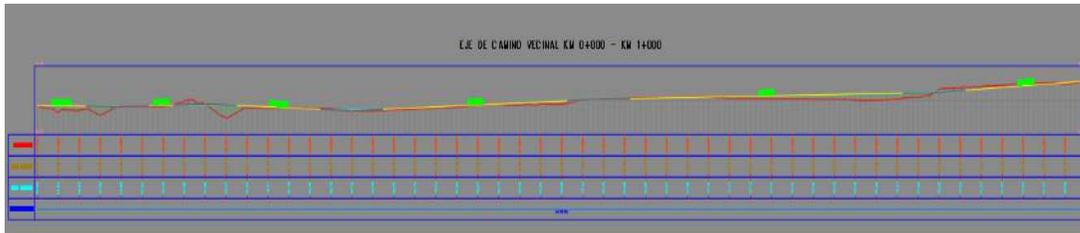


**Figura 7.** Vista en planta del camino vecinal Buenos Aires, del Km 0+000 al Km 0+500.

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

Una vez que se haya realizado el levantamiento topográfico, la data obtenida es procesada mediante el software **Civil 3D** y de esta manera obtener el perfil de planta de nuestra muestra de estudio equivalente a un 01 Km del camino vecinal Buenos Aires de Cumbibirá.

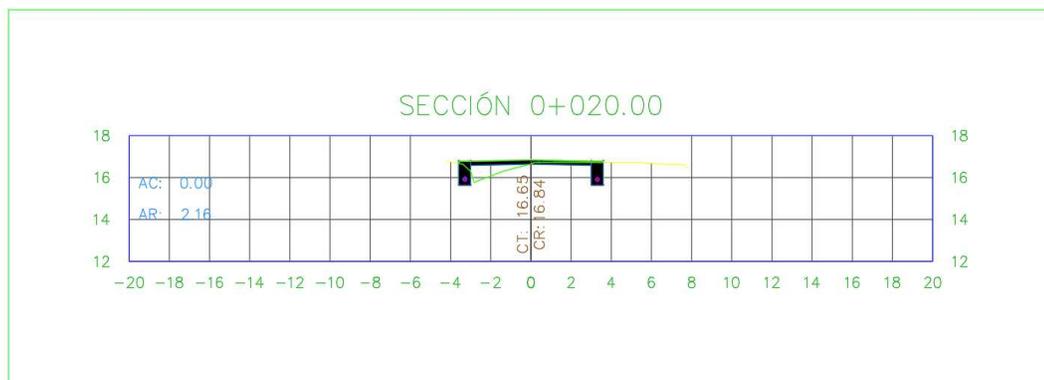
Con la vista en planta de nuestra muestra de estudio, proseguimos a determinar el perfil longitudinal de nuestra vista de planta y con ello poder conocer la cota rasante y la cota de terreno; datos imprescindibles para poder determinar la ubicación del Geodren a lo largo del kilómetro.



**Figura 8.** Perfil Longitudinal del 01 Km del camino vecinal Buenos Aires.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

Mediante el perfil longitudinal se ha procedido a obtener las secciones transversales del camino vecinal, obtenidas a cada 20 metros ya que se hace mejor trabajable a esta distancia y mediante las secciones transversales se ha procedido a calcular las áreas de corte y relleno para la ubicación del sistema de subdrenaje.



**Figura 9.** Sección transversal del Km 0+020 del camino vecinal.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

**Interpretación:** Esta figura muestra la sección transversal de la progresiva 0+020 que nos permite apreciar la cota rasante del terreno equivalente a 16.65m, una cota de terreno equivalente 16.84m, el área de corte igual a cero y el área de relleno equivalente a 2.16 mt<sup>2</sup>.

Con las secciones transversales obtenidas se procede a definir en función de criterio técnico los puntos más críticos de la muestra de estudio donde se definirá si se colocará el sistema

de subdrenaje en uno o ambos lados del camino, el cual estará ubicado a una profundidad de 1.20 mt de la cota del terreno.

**Tabla 20.** Resumen de ubicación del sistema de subdrenaje Geodrén.

NÚMERO	PROGRESIVA	LONGITUD	COTA	PENDIENTE	UBICACIÓN
<b>01</b>	0+000.00	20 m	-0.19	-0.95 %	Un solo lado de la vía.
	0+020.00		m		
<b>02</b>	0+020.00	40 m	-0.09	-0.23 %	Un solo lado de la vía.
	0+060.00		m		
<b>03</b>	0+060.00	100 m	0.34 m	0.34 %	Un solo lado de la vía.
	0+160.00				
<b>04</b>	0+160.00	20 m	-0.40	-2.00 %	Un solo lado de la vía.
	0+180.00		m		
<b>05</b>	0+180.00	160 m	0.22 m	0.14 %	Dos lados de la vía.
	0+340.00				
<b>06</b>	0+340.00	180 m	0.29 m	0.16 %	Dos lados de la vía.
	0+520.00				
<b>07</b>	0+520.00	300 m	0.03 m	0.01 %	Dos lados de la vía.
	0+820.00				
<b>08</b>	0+820.00	180 m	0.52 m	0.29 %	Dos lados de la vía.
	1+000.00				

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

En la “**Tabla 20**” se presenta el resumen de los puntos donde se va a colocar el sistema de subdrenaje en uno o ambos lados a lo largo de todo el kilómetro del camino vecinal objeto de estudio. Como se aprecia se ha establecido ubicar el Geodren en un solo lado de la vía entre las progresivas 0+000 – 0+180, esta determinación está en función de su pendiente y porque en el lado derecho de camino vecinal se aprecia mediante una examinación visual mayor escurrimiento de agua por las zonas de cultivo adyacentes, mientras que entre las progresivas 0+520 – 1+000 se ha decidido colocar el sistema de Geodren en ambos lados de la vía porque este fragmento de la muestra de estudio se encuentra con fallas estructurales debido a que en ambos lados de la vía no cuentan con un sistema de subdrenaje y está rodeado de campos de cultivo.

#### **IV. DISCUSIÓN**

De acuerdo al objetivo general de la presente investigación, el cual consistió en diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del km 0+000 al km 1+000 en Catacaos. Según (ALVARADO & NARANJO, 2012), en su trabajo de investigación en la cual planteó como objetivo general: Examinar la necesidad del tramo objeto de estudio y de acuerdo a la severidad del mismo fijar la deseable alternativa de solución de subdrenaje, y por consiguiente precisar las áreas donde sea necesario colocar subdrenes a lo largo de los 3600 metros del tramo de la vía de estudio, donde se expondrá una solución para la mejora del estado actual de la vía de aplicación. De acuerdo a lo establecido anteriormente como antecedente de estudio y en el caso de nuestra investigación, lo que se pretende es poder diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del km 0+000 al km 1+000 en el Distrito de Catacaos; mediante un estudio de suelos, un estudio de topografía así como determinar el adecuado tipo de geotextil, número de geo redes y tipo y/o diámetro del medio de evacuación (tubería), donde el agua de los cultivos y de las lluvias puedan infiltrar en dicho sistema y evacuar de la mejor manera posible; manteniendo la vida útil de las vías de tercer orden, siendo la mayor parte del Sistema Vial del país.

El trabajo de investigación presentado por ALVARADO & NARANJO, en el año 2012; en la cual se diseñó un subdrén longitudinal que se dispone debajo de la cuneta en la vía LA TRANCA – EL TAMBO VIEJO de 3.6 Km, dividiéndose en tramos de tubería de 110 y 160 mm según lo requiera, proyectándose además el geotextil necesario para la obra; y, el material filtro conveniente que cumpla con las especificaciones requeridas para el mismo. El resultado mencionado en el párrafo anterior es de vital comparación con el presente trabajo de investigación, puesto que se llegará al diseño del sistema de subdrenaje en función del 1 Km del camino vecinal Buenos Aires como zona de estudio y determinar su ubicación por medio de la topografía y contenido de humedad que presenta el camino. Por lo tanto, es evidente que un buen diseño del subdrenaje en la vía en estudio traerá consigo el progreso de la comunidad y con ello el desarrollo de toda una región.

De acuerdo al primer objetivo específico, el presente trabajo de investigación trató de determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente en el diseño del Geodren. (ALVARADO & NARANJO, 2012), mediante su trabajo de investigación titulado: “DISEÑO DEL SUBDRENAJE VIAL EN LA VÍA LA

TRANCA – TAMBO VIEJO DE 3.6 KM”, concluyó que en los tres tramos correspondientes, la sección transversal del subdren se agrupó de la siguiente manera: En el tramo 1, desde el Km 0+480.00 al Km 0+940.00 con una longitud total de 460 metros, se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y profundidad del subdren es igual a 60 cm y 120 cm, dentro de las propiedades del geotextil: Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) es igual a 28.90 cm, la Permeabilidad del Geotextil es igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un tipo de geotextil no tejido con una longitud (Lt) igual a 390 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes propiedades del filtro: D85F igual a 63 mm, D60F igual a 50 mm, D50F igual a 37.5 mm, D15F igual a 4.75 mm, D10F igual a 3 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 110 mm. En el tramo 2, desde el Km 1+715.00 al Km 3+080.00 con una longitud total de 1005 metros, se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y Profundidad del subdren es igual a 60 y 160 cm, dentro de las propiedades del geotextil, se determinó el Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) igual a 18.80 cm, Permeabilidad del Geotextil (kg) igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un geotextil no tejido con una longitud total de 470 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes características del filtro: 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 2 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 110 mm y en el tramo 3, desde el Km 3+080.00 al Km 3+590.00 con una longitud total de 317 metros, se obtuvo las siguientes dimensiones y/o valores: Ancho y Profundidad del subdren igual a 60 cm y 160 cm, dentro de las propiedades del geotextil, se determinó el Tamaño de la abertura ( $\Theta_{95}$ ) igual a 18.80 cm, Permeabilidad del Geotextil (kg) igual a 0.0085 cm(seg), se trabajó con un geotextil no tejido con una longitud de 390 cm y con una porosidad de 51%. De igual manera se obtuvieron las siguientes características del filtro: 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 2 mm y el diámetro de la tubería ( $\text{\O}r$ ) igual a 160 mm. Se trabajaron con dos tipos de secciones, que corresponden a 60 cm x 120 cm, y en sectores determinados secciones de 60 cm x 160 cm. Se trabajó con una precipitación de diseño para un periodo de retorno de lluvia de 25 años igual a 38.2 mm, obtenido por el INAHMI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador).

El resultado obtenido en la tesis planteada por ALVARADO & NARANJO en función al primer objetivo específico se obtuvo para la zona de estudio con un tramo de 3.6 Km en comparación a nuestra zona de estudio con un tramo de 01 Km, por lo tanto en nuestro caso

se concluyó lo siguiente: del Km 0+000 al Km 1+000, se obtuvo las siguientes características de la sección transversal del Geodren: Ancho de la sección transversal ( $a = 60$  cm), Profundidad del Geodren ( $H = 120$  cm). Características del Geotextil: TAA  $\Theta_{95} = 0.18$  mm, Permeabilidad ( $K_g = 0.044$  cm/s), Porosidad igual al 51 %, Longitud de Desarrollo ( $L_t = 390$  cm) y Tipo de Geotextil es NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJA. En función al Medio Drenante se trabajará con 01 Geored de acuerdo a lo obtenido de los parámetros hidráulicos. El Medio de Evacuación, donde el tipo de tubería es HDPE PERFORADA, diámetro de tubería 100 mm = 4" y el caudal transportado por la tubería será de  $5.01 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s. Para hallar el valor de la precipitación máxima horaria de frecuencia anual, se trabajó con la Estación San Miguel ubicada en el Distrito de Catacaos, en la cual se ubica nuestra zona de estudio. Los datos obtenidos de la Estación Pluviométrica San Miguel fueron a partir del año 1973 al año 2017, siendo proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Se obtuvo la precipitación máxima diaria de frecuencia anual para un periodo de retorno de 50 años siendo de 142 mm. Cabe indicar que la  $P_{m\acute{a}x}$  en 24 horas tiene un mejor ajuste con la distribución Log Normal de 3 parámetros.

De acuerdo al segundo objetivo específico, el presente trabajo de investigación trató de determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro. En la tesis planteada por (ALVARADO & NARANJO, 2012), se tomaron dos muestras, obteniendo los siguientes resultados: De la muestra A, del Km 0+000.00 al Km 1+715.00, la permeabilidad del terreno de fundación ( $K_s$ ) es igual a 0.00085 cm/seg, el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) es igual a 58.37 y el  $D_{85} = 10.47$  mm,  $D_{60} = 4.39$  mm,  $D_{50} = 1.90$  mm,  $D_{15} = 0.22$  mm y  $D_{10} = 0.08$  mm. De la muestra B, del Km 1+715.00 al Km 3+590.00, la permeabilidad del terreno de fundación ( $K_s$ ) es igual a 0.00085 cm/seg, el  $C_u$  es igual a 28.77 y el  $D_{85} = 16.06$  mm,  $D_{60} = 4.81$  mm,  $D_{50} = 2.06$  mm,  $D_{15} = 0.25$  mm y  $D_{10} = 0.17$  mm. En cambio, en la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados a partir de la realización de una (01) calicata, ya que de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos señala que en caminos no pavimentados considerados de bajo volumen de tránsito se realiza una (01) calicata por Km a 1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto, ubicándose longitudinalmente y en forma alternada. Dicha calicata se ubicó en la progresiva 0+500; encontrándose un solo estrato de muestra, del cual se obtuvo los siguientes resultados:  $D_{85} = 0.24$  mm,  $D_{60} = 0.15$  mm,  $D_{50} = 0.13$  mm,  $D_{15} = 0.10$  mm,  $D_{10} = 0.07$  mm, una permeabilidad del suelo ( $K_s = 0.000135$  cm/s) y un coeficiente de uniformidad ( $C_u = 2.14$ ).

De acuerdo al segundo objetivo específico, el presente trabajo de investigación trató de determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro. En la tesis planteada por (MONROY, 2010), al realizar el análisis granulométrico, de la primera muestra se obtuvo una ARCILLA LIMOSA CON PRESENCIA DE ARENA COLOR CAFÉ, según SUCS se clasifica como SC (ARENAS ARCILLOSAS), con los siguientes resultados:  $D_{10} = 0.015$  mm,  $D_{30} = 0.045$  mm,  $D_{60} = 0.25$  mm y  $D_{85} = 1.00$  mm, con un coeficiente de uniformidad igual a 16.67 y un coeficiente de curvatura igual a 0.54. En la segunda muestra, se obtuvo una ARENA LIMOSA COLOR BEIGE, según SUCS se clasifica como SM (arenas limosas), con los siguientes resultados:  $D_{10} = 0.037$  mm,  $D_{30} = 0.10$  mm,  $D_{60} = 0.38$  mm y  $D_{85} = 2.10$  mm, con un coeficiente de uniformidad igual a 10.27 y un coeficiente de curvatura igual a 0.71. De la primera muestra se obtuvo una humedad correspondiente al límite líquido de 28.16 % y un límite plástico de 14.97%, obteniendo un índice de plasticidad de 13.1%, de acuerdo al ensayo de los Límites de consistencia de Atterberg. Por último del ensayo de Permeabilidad, de la primera muestra se obtuvo un coeficiente de permeabilidad ( $K_t$ ) = 0.00015 cm/s, con un gradiente hidráulico ( $i$ ) = 7.74, y en la segunda muestra se obtuvo un coeficiente de permeabilidad ( $K_t$ ) = 0.00257 cm/s, con un gradiente hidráulico ( $i$ ) = 7.74.

En cambio, en la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados a partir de la realización de una (01) calicata, ya que de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos señala que en caminos no pavimentados considerados de bajo volumen de tránsito se realiza una (01) calicata por Km a 1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto, ubicándose longitudinalmente y en forma alternada. Dicha calicata se ubicó en la progresiva 0+500; encontrándose un solo estrato de muestra, del cual se obtuvo los siguientes resultados:  $D_{85} = 0.24$  mm,  $D_{60} = 0.15$  mm,  $D_{50} = 0.13$  mm,  $D_{15} = 0.10$  mm,  $D_{10} = 0.07$  mm, una permeabilidad del suelo ( $K_s$ ) = 0.000135 cm/s y un coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) = 2.14. La muestra presentó las siguientes características: Tipo de suelo según la CLASIFICACIÓN AASHTO: A-3 (0), ARENA FINA: 92%, FINOS LIMOSOS NO PLASTICOS: 8%, COLOR: MARRÓN OLIVO CLARO y según la CLASIFICACIÓN SUCS: SP-SM. De acuerdo a los ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos realizados en la Universidad de Piura se obtuvieron los siguientes datos: Densidad Seca = 1.72 g/cm<sup>3</sup>, Relación de vacíos = 0.54, Permeabilidad en Suelos Granulares = 1.35E-04 cm/s, Granulometría (SUCS) = SP-SM, Contenido de Humedad 17.4 %, Máxima densidad seca = 1.71 g/cm<sup>3</sup>, Humedad óptima = 11.0 %, Límite

Líquido (%) = NP (No presenta), Límite Plástico (%) = NP (No presenta) y un Índice de Plasticidad (%) = NP (No presenta).

De acuerdo al tercer objetivo específico, el presente trabajo de investigación trató de realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del km 0+000 al km 1+000. Donde (ALVARADO & NARANJO, 2012), mediante la topografía realizada en los 3.6 Km de la Vía La Tranca – Ecuador, determinó la ubicación para la colocación del subdren en un solo lado de la vía: Del Km 0+480 al Km 0+575 con una pendiente de -13.64 %, del Km 0+575 al Km 0+685 con una pendiente de 11.33 %, del Km 0+685 al Km 0+820 con una pendiente de 4.63 %, del Km 0+820 al Km 0+860.60 con una pendiente de 1.41% y del Km 0+860 al Km 0+940 con una pendiente de 12.17 %. La ubicación del subdren en ambos lados de la vía se determinó de la siguiente manera: Del Km 1+715 al Km 1+820 con una pendiente de -8.38 %, del Km 1+820 al Km 1+920 con una pendiente de -2.95 %, del Km 1+920 al Km 2+110 con una pendiente de -2.83 %, del Km 2+470 al Km 2+570 con una pendiente del -5.79 %, del Km 2+570 al Km 2+812 con una pendiente del -5.79 %, del Km 2+812 al Km 2+880 con una pendiente del -2.15 %, del Km 2+880 al Km 2+982 con una pendiente del -9.67 %, del Km 2+982 al Km 3+080 con una pendiente de -9.67 %, del Km 3+080 al Km 3+175 con una pendiente del -5.21% y del Km 3+368 al Km 3+590 con una pendiente del -10.39 %. En cambio, para esta investigación también se determinó la ubicación del sistema de subdrenaje Geodren a lo largo del 01 Km del camino Vecinal Buenos Aires en función del levantamiento topográfico realizado en campo, obteniendo los siguientes resultados: 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 %.

## V. CONCLUSIONES

1. Una vez obtenidos los resultados de los estudios realizados en el presente trabajo de investigación, se realizó el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje teniendo una sección transversal de 1.20 m de profundidad \* 0.60 m de ancho, del cual estará conformado por un geotextil NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJAS que funcionará como el medio filtrante, una (01) geored que funcionará como el medio drenante y 01 tubería ranurada perforada de 4" de diámetro que transportará un caudal de 0.005 m<sup>3</sup>/s; donde dicho caudal será evacuado directamente al Dren Sechura, capaz de almacenar 189.70 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 50 años; obtenido a través del último estudio hidráulico realizado en diciembre del 2017 por el Consorcio Los Lirios que forma parte del expediente técnico: REHABILITACION – DESCOLMATACION DEL DREN SECHURA EN EL VALLE DEL BAJO PIURA (DESDE EL KM 0+000 HASTA EL KM 67+500). Una vez colocada el Geodren, la zanja será rellenada con material granular tipo filtro, grava de ¾", con el propósito de aumentar la vida útil del sistema. El relleno, por su parte, deberá hacerse llenando simultáneamente ambos lados del geodrén.

2. Según la Metodología empleada por el Manual de Diseño con Geosintéticos PAVCO, se determinó el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente para el diseño del sistema de subdrenaje, obteniendo los siguientes resultados: Tipo de Geotextil **NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJA**, que presenta las siguientes características: TAA ( $\Theta_{95}$ ) = 0.18 mm, Permeabilidad (Kg) = 0.044 cm/s, Porosidad = 51% y una longitud de desarrollo de 390 cm. Como medio drenante se trabajará con 01 geored y para el medio de evacuación se empleará una tubería HDPE perforada ranurada con un diámetro de 100 mm (4") en la cual va a transportar un caudal de 5.00 E-03 m<sup>3</sup>/s. Lo establecido anteriormente se utilizará para una sección transversal de 1.20 m \* 0.60 m a lo largo del 01 Km del camino vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) del Distrito de Catacaos – Piura.

3. De acuerdo a los resultados del estudio de Mecánica de Suelos se determinaron los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante en comparación del filtro, obtenido a través de la realización de 01 calicata ubicada en el Km 0+500; en la cual se obtuvo una relación de vacíos de 0.54, una permeabilidad en suelos granulares de 1.35 E-04 cm/s y un contenido de humedad de 17.4 % resultando ser menores a lo obtenido de las

especificaciones técnicas del filtro (geotextil), del cual se obtuvo una permeabilidad ( $K_g$ ) de 0.044 cm/s, una porosidad de 51 % y un tamaño de abertura aparente (TAA) de 0.18 mm. De acuerdo a la teoría para el diseño del Geodren, se comprueba mediante los resultados obtenidos y establecidos anteriormente, que las propiedades del filtro deben ser mayores que las del terreno, donde  $K_2 > k_1$ ,  $e_2 > e_1$  y  $m_2 > m_1$ .

4. Mediante el levantamiento topográfico realizado en el tramo de 01 Km del camino vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020), se obtuvo el plano topográfico, de perfil longitudinal y de secciones transversales; del cual se determinó la ubicación del sistema de subdrenaje Geodren de la siguientes manera: 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 %.

## **VI. RECOMENDACIONES**

**1.** La implementación de un sistema de subdrenaje en caminos vecinales de tercer orden, así como en vías principales es de gran trascendencia puesto que permite la conducción y/o evacuación de aguas subterráneas, de infiltración permitiendo mantener en buen estado óptimo en cuestión de funcionalidad de la estructura vial. Es por ello que el diseño y construcción de dicho sistema debe contemplar la ejecución de estudios detallados y completos de suelo, hidrología, clima y ecológicos; todo ello con la finalidad de que dicho sistema cumpla con su funciones al cual ha sido diseñado con un periodo de vida útil pertinente.

**2.** Es recomendable optimizar el funcionamiento de un sistema de subdrenaje mediante la colocación de obras de drenaje superficiales ya sea como cunetas, alcantarillas; con la finalidad de poder minimizar la entrada del caudal total de diseño al subdrenaje. Dicho caudal aportante debe ser obtenido por infiltración, por abatimiento del nivel freático sobre la subrasante y en el caso si existiera la presencia de caudal por escorrentía superficial; este debe ser evacuado de manera directa hacia las obras de drenaje superficial para minimizar su ingreso a la estructura interna de la vía.

**3.** Se recomienda mejorar el camino vecinal Buenos Aires a nivel de afirmado puesto que se trata de una vía de tercer orden, que en sus ambos lados está rodeado de cultivos y para minimizar la entrada del agua a causa del regadío de los cultivos y de las precipitaciones hacia el paquete estructural se debe contemplar la colocación de un sistema de subdrenaje eficiente y óptimo conformado por un medio drenante, un medio filtrante y un medio de evacuación. Con los avances tecnológicos en el campo de la ingeniería civil, especialmente en el diseño de los sistemas de subdrenaje, actualmente estos se combinan con geosintéticos, en la cual actúan como filtro para retener el ingreso de las partículas del suelo y evacue el agua de manera eficiente y lo más rápido posible.

**4.** Las obras de drenaje y/o subdrenaje se deben diseñar para un periodo de retorno de 50 años y para obtener la precipitación máxima diaria se debe emplear el método mejor eficiente en función a la zona de estudio y al área de la cuenca; todo ello con la finalidad que dichos sistemas cumplan con su finalidad al cual han sido diseñados.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO CALLE, María Gabriela y NARANJO CUESTA, Jamil Fernando. “Diseño del Subdrenaje Vial en la Vía La Tranca – Tambo Viejo de 3.6 km” Monografía previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2012.

MONROY MELGAR, Francisco José. “Diseño de sistemas de subdrenaje con elementos filtrantes en obras viales” TESIS (Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.

PULECIO DÍAZ, Julián Andrés. Unidad 1: Tipología obras de drenaje y subdrenaje en vías. (Documento de docencia No. 6). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, 2015.

Departamento de Ingeniería – Geosistemas PAVCO S.A. Manual de Diseño con Geosintéticos. Octava edición. Bogotá D.C – Colombia: 2009. 417 p.

DÍAZ GONZÁLEZ, Jony Francinny; ESCOBAR VELÁSQUEZ, Oscar Eduardo y OLIVO MARTÍNEZ, Eduardo Javier. “Aplicación de los Geosintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras” TESIS (Título de Ingeniero Civil). Ciudad Universitaria: Universidad de El Salvador, 2009.

MARÍN HERNÁNDEZ, Elizabeth y PÉREZ CALLEJAS, Ivette Mareli. “Drenaje y Subdrenaje en Carreteras” TESIS (Título de Ingeniero Civil). México D.F.: Instituto Politécnico Nacional, 2014.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, Pilar. Metodología de la Investigación. Toledo Castellano, Miguel (Director Higher Education), Mares Chacón, Jesús (Editor sponsor), Rocha Martínez, Marcela (Coordinadora editorial), García García, Zeferino (Supervisión de Producción). Quinta edición. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A., 2010. 656 páginas. ISBN 978-607-15-0291-9.

GÓMEZ BASTAR, Sergio. Metodología de la Investigación. Primera edición. México: Red Tercer Milenio S.C., 2012. 92 páginas. ISBN 978-607-733-149-0.

Dr. SUPO, José. Cómo empezar una tesis – Tu proyecto de investigación en un solo día. Primera Edición. Av. Los Alpes 818. Jorge Chávez, Paucarpata, Arequipa, Perú:

BIOESTADISTICO EIRL, 2015. 70 páginas. ISBN: 1505894190, ISBN – 13: 978-1505894196.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos). Perú: MTC, 2014.

SUÁREZ, J. Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. Capítulo: Control de aguas superficiales y subterráneas. México, 2006.

SACKSCHEWSKI CHAPMAN, Carlos Enrique. “Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta –Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110”. TESIS (Título de Ingeniero Geólogo). Lima – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, 2017.

GRANDEZ DEL AGUILA, Vlademir Augusto. “Aprovechamiento de las aguas subterráneas y de drenaje de la cuenca del río Chillón para el sistema de riego urbano VI etapa Av. Universitaria tramo Av. Santa Elvira - Av. Antúnez de Mayolo, distrito de Los Olivos”. TESIS (Título de Ingeniero Mecánico de Fluidos). Lima – Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, 2008.

BALLEN MATEUS, Gedeon; ROJAS JIMÉNEZ, Nelson y PÉREZ MORENO, Milton Javier. “Análisis de Factibilidad para la Implementación de un Geodren en el Barrio Ciudad Alsacia”. Trabajo de grado para obtener el título de especialista en Recursos Hídricos. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2014.

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Subdrenaje de Pavimentos. Pavimentos asfálticos y Pavimentos de concreto. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2014.

BARRETO ATOC, Jacqueline Marleni. “Control de Erosión en Obras de Drenaje Transversal de Carreteras ubicadas en Zonas Andinas”. TESIS (Título de Ingeniero Civil). Lima – Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2004.

CHANCASANAMPA PACHECO, Paúl. “Diseño y Aplicación de Geotextiles y Geomembranas en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales”. TESIS (Título de Ingeniero Civil). Huancayo – Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013.

## ANEXOS

### ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 21.** *Matriz de Consistencia.*

TEMA	PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGIA
“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 – PIURA, 2018”	<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>METODOLOGIA GENERAL</b>
	¿Cuál es el 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 – Piura?	Diseñar el Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.	Dicha investigación presenta un diseño experimental, puesto que el diseño del Geodren contempla la parte de campo, laboratorio y análisis de las variables contempladas para dar solución a la problemática existente.
	<b>PROBLEMAS ESPECÌFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>METODOLOGIA GENERAL</b>
	Se podría determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000.	Determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería correspondiente en el diseño del Geodren como sistema de subdrenaje en el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km	Esta presente investigación es de tipo documental, ya que se recurre al hecho de poder determinar dichos indicadores mediante el Manual de Diseño con Geosintéticos así como del SENAMHI.

TEMA	PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGIA
<p>“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 – PIURA, 2018”</p>	<p>¿Cuáles son los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante en comparación al del filtro para el 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 – Piura?</p> <p>¿Cuál es la topografía que presenta el Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura?</p>	<p>0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura – Piura.</p> <p>Determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos a nivel subrasante en comparación al del filtro en el 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 – Piura.</p> <p>Realizar el levantamiento topográfico del Camino Vecinal Buenos Aires (EMP PI-1020) km 0+000 al km 1+000, Catacaos – Piura.</p>	<p>Esta investigación es de tipo aplicada de campo y laboratorio, ya que mediante esto va a permitir obtener información necesaria para realizar el diseño del Geodren con la finalidad de dar solución a la problemática.</p> <p>Se emplea una metodología de tipo práctica, puesto que se trabajará en campo y los datos obtenidos serán procesados mediante el software CIVIL 3D para obtener los planos determinantes para la ubicación del Geodren a lo largo del camino vecinal.</p>

## ANEXO 02: INSTRUMENTOS

a) Fórmulas, tablas y nomograma para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería eficiente que permita evacuar el agua subterránea.

Tabla 22. Criterios para determinar el tipo de geotextil adecuado.

EVALUACIÓN DEL TIPO DE GEOTEXTIL A UTILIZAR COMO MEDIO FILTRANTE	
<p><b>CRITERIO DE RETENCIÓN</b></p> <p>Debe cumplir con la posterior condición:</p> $TAA < D85 * B$	<p>En el caso donde hay arenas, arenas limosas, arenas gravosas y arenas arcillosas (con menos del 50% que pasa el tamiz # 200), B está en relación del coeficiente de uniformidad Cu, donde <math>Cu = D60/D10</math>, se obtiene:</p> <p><b>Donde:</b></p> <p><math>Cu \leq 2</math> ó <math>Cu \geq 8</math>; <math>B = 1</math></p> <p><math>2 &lt; Cu \leq 4</math>; <math>B = 0.50 * Cu</math></p> <p><math>4 &lt; Cu &lt; 8</math>; <math>B = 8/Cu</math></p> <p>Para suelos arenosos mal gradados, usar:</p> $B = 1.5 \text{ y } 2$ <p>Para suelos finos (más del 50% pasa tamiz #200):</p> <p><b>Para Tejidos:</b></p> $B = 1 \rightarrow TAA \leq D85$ <p><b>Para No Tejidos:</b></p> $B = 1.8 \rightarrow TAA \leq 1.8 * D85$ <p>Para suelos cohesivos con un <math>IP &gt; 7</math>, el TAA es igual al valor de:</p> $TAA < 0.30 \text{ mm}$

---

Donde el flujo es estable y en suelos finos , con porcentajes de finos no mayores al 50%, dicho valor debe cumplir lo siguiente:

$$K_g > K_s$$

### PERMEABILIDAD

$K_g$  = Permeabilidad del geotextil.

$K_s$  = Permeabilidad del suelo.

Donde el flujo es crítico, presentando altos gradientes hidráulicos, se debe cumplir la siguiente condición:

$$K_g > 10 * K_s$$

### CRITERIO DE COLMATACIÓN

Los geotextiles deben tener una porosidad mayor a 50% (Holtz R.; Barry C.; Berg R., 1998).

El tipo de geotextiles no tejidos punzonados por agujas son aquellos que presentan una mayor resistencia a la colmatación.

---

#### Fuente:

*Manual de Diseño con Geosintéticos, PAVCO (2005).*

<b>Geotextil</b>	<b>Resistencia a la Tensión (KN/m)</b>	<b>Elongación Máxima (%)</b>	<b>Caudal de Flujo (l/m<sup>2</sup>/seg)</b>	<b>Peso Unitario (g/m<sup>3</sup>)</b>
<b>TEJIDOS</b>				
<b>Monofilamento</b>	20 a 80	5 a 35	25 a 2000	150 a 300
<b>Hilo</b>	40 a 800	5 a 30	20 a 80	250 a 1300
<b>Cinta</b>	8 a 90	15 a 20	5 a 15	100 a 250
<b>NO TEJIDOS</b>				
<b>Punzonado</b>	7 a 90	50 a 80	25 a 2000	150 a 2000
<b>Fundido</b>	3 a 25	20 a 60	25 a 150	70 a 350
<b>Con Resina</b>	4 a 30	30 a 50	20 a 100	130 a 800

**Figura 10.** *Propiedades más comunes de los geotextiles usado como medio filtrante.*

**Fuente:** *Brauns Schuler. Filtres in Geotechnical and Hydraulic Engineering.*

**Tabla 23.** *Valores para Factor de Infiltración.*

<b>Tipo de Carpeta</b>	<b>Fi</b>
Afirmado	0.20
Asfáltica muy bien conservadas	0.30
Asfáltica normalmente conservada	0.40
Asfáltica pobremente conservada	0.50
De concreto de cemento Portland	0.67

**Fuente:**

*Manual del Diseño de Geosintéticos, 2009.*

**Tabla 24.** *Valores para el Factor de retención de la base.*

<b>Tipo de Base</b>	<b>Fr</b>
Bien gradadas, en servicio de 5 años a más	1/4
Bien gradadas, en servicio de 5 años	1/3

De Gradación abierta, en servicio 5 años o mas	1/3
De Gradación abierta, en servicio menos de 5 años	1/2

**Fuente:**

*Manual del Diseño de Geosintéticos, 2009.*

**Tabla 25.** Factores de reducción para geotextiles.

Área	Colmatación $FR_{SCB}$	Reducción de vacíos por Creep $FR_{CR}$	Intrusión en los vacíos $FR_{IN}$	Colmatación Química $FR_{CC}$	Colmatación Biológica $FR_{BC}$
Filtros en el espaldón					
de muros 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 – 1.2	1.2 – 1.5	2 – 4
Filtros de control de erosión	2- 10	1 – 1.5	1 – 1.2	1 – 1.2	2 - 4
Filtros en rellenos sanitarios	2 – 10	1.5 – 2	1 – 1.2	1.2 – 1.5	2 - 5
Drenaje por gravedad	2 – 4	2 – 3	1 – 1.2	1.2 – 1.5	1.2 – 1.5
Drenaje a presión	2 - 3	2 - 3	1 – 1.2	1.1 – 1.3	1.1 – 1.3

**Fuente:**

*Manual del Diseño de Geosintéticos, 2009.*



**Figura 11.** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0 para sistemas de subdrenaje en vías.

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0



**Figura 12.** Información del Proyecto en el software Geosoft PAVCO v3.0.

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0

**SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS**

**CAUDAL POR INFILTRACIÓN**

Precipitación máxima horaria de frecuencia anual  $I_p =$  83,0 mm/h

Ancho de la semibanca de la vía B = 3,0 m

Longitud del tramo de Drenaje L = 1000,0 m

Factor de infiltración  $F_i =$  0,2 Definido por el usuario

Factor de Retención de la base  $F_r =$  0,333 Bases bien gradadas, en servicio menos de 5 años | 1/3

Caudal por infiltración = 4,611E-3 m<sup>3</sup>/s **Calcular**

**CAUDAL POR ABATIMIENTO DE NIVEL FREÁTICO**

Estimar aporte por abatimiento  No estimar aporte por abatimiento

Permeabilidad del suelo K = 1,35E-6 m/s

Cota inferior del subdrén  $N_d =$  1,25 m

Cota superior del nivel freático  $N_f =$  0,6 m

Ancho de la semibanca de la vía B = 3,0 m

Longitud del tramo de drenaje L = 1000,0 m

Caudal por abatimiento de nivel freático = 3,802E-4 m<sup>3</sup>/s **Calcular**

**CAUDAL DE DISEÑO**

$Q_{total} = 4,611E-3 + 3,802E-4 = 4,991E-3$  m<sup>3</sup>/s **Calcular**

**Figura 13.** Cálculo del caudal por infiltración, por Abatimiento de nivel freático y del caudal de diseño en el software Geosoft PAVCO v3.0

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0

**SISTEMAS DE SUBDRENAJE EN VÍAS**

**GEODRÉN VIAL**

Altura (m) 1,0

Diámetro (mm) 100

Pendiente de la tubería (%) 2,0

**FACTORES DE REDUCCIÓN GEODRÉN VIAL**

$FR_{CR} = 1,2$   $FR_{CC} = 1,1$

$FR_{IN} = 1,3$   $FR_{BC} = 1,0$

**TIPO DE SUELO EN CONTACTO CON EL SUBDRÉN**

Arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (menos de 50% pasa tamiz #200)

Suelos Arenosos mal gradados

Suelos Finos (mas de 50% pasa tamiz #200)

**FACTORES DE REDUCCIÓN GEOTEXTIL**

$FR_{SCB} = 2,0$

$FR_{CR} = 1,0$

$FR_{IN} = 1,2$

$FR_{CC} = 1,2$

$FR_{BC} = 2,0$

**Figura 14.** Dimensionamiento del Geodren Vial y cálculo de los factores de reducción del Geotextil en el software Geosoft PAVCO v3.0

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0



**Figura 15.** Cálculo del criterio de Retención y de Permeabilidad, así como del material drenante en el software Geosoft PAVCO v3.0

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0



**Figura 16.** Cálculo de la capacidad hidráulica de la tubería, evaluación según la permitividad del sistema y la conducción del agua en el plano del Geodren.

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0



**Figura 17.** Resultado final de las dimensiones de la sección transversal del Geodren en el software Geosoft PAVCO v3.0

**Fuente:** Software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0



**Figura 18.** Certificación a Geosistemas PAVCO S.A. del software Geosoft PAVCO v3.0 bajo la norma ISO 9001:2000

**Fuente:** Manual de Diseño con Geosintéticos.

SISTEMAS DE SUBDRENAJE  
**Geodrén Vial**



### 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:**

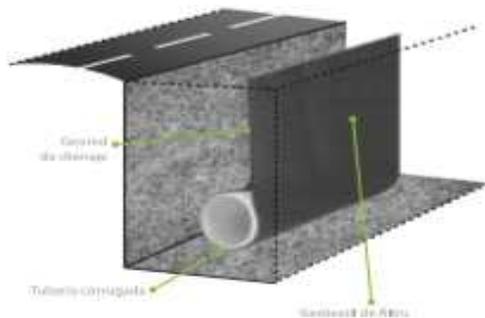
- Menor exigencia de capacidad en botaderos, por menor volumen de excavación
- Reducción en la explotación de materiales pétreos no renovables, generando disminución de la huella de carbono por ahorro de combustible

**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 19.** Beneficios del sistema de subdrenaje Geodren.

**Fuente:** Manual de Diseño con Geosintéticos.



# GEODRÉN VIAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS  
ESPECIALIZADO PARA EL DRENAJE LATERAL DE VÍAS

El geodrén vial es un sistema integral de captación, conducción y evacuación de fluidos que está compuesto por un geotextil planar 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)
Permitividad	ASTM D4491	s <sup>-1</sup>	2.9
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	44 x 10 <sup>-6</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 D4595	kN/m	4.8

## CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LA TUBERÍA CORRUGADA DE DRENAJE FÓRMULA DE PRANDTL COLEBROOK

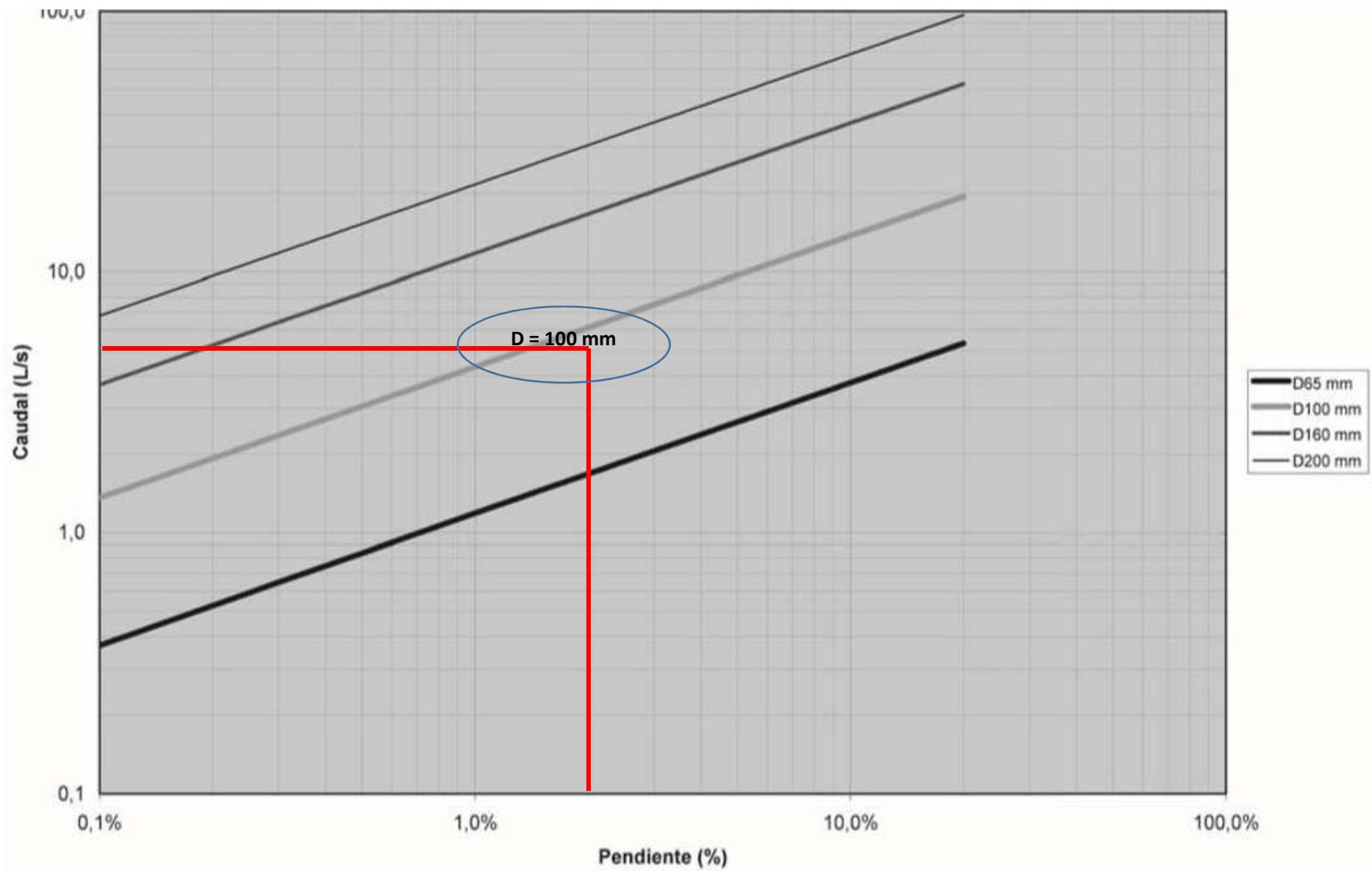
Gradiente i (%)	65 mm		100 mm		160 mm		200 mm	
	v (m/s)	Q (l/s)						
0.5	0.28	0.84	0.38	3.05	0.46	8.29	0.53	15.25
1.0	0.40	1.19	0.55	4.33	0.65	11.74	0.75	21.57
2.0	0.57	1.68	0.77	6.12	0.92	16.61	1.07	30.52
4.0	0.80	2.38	1.09	8.67	1.29	23.50	1.51	43.17
6.0	0.98	2.91	1.34	10.62	1.59	28.78	1.85	52.88
8.0	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 20. Especificaciones técnicas para el drenaje lateral de vías.

Fuente: Manual de Diseño con Geosintéticos.



**Figura 21.** Nomograma para calcular el diámetro de tubería.

**Fuente:** Manual de Diseño con Geosintéticos.

b) Fichas de los ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelos.

 <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
PROYECTO							
UBICACIÓN							
MUESTRA							
ING.REP.							
SOLICITA		TECNICO					
		FECHA					
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	0.00	Decoropolon
5"	127.000						<b>1. Peco de Material</b>
4"	101.600						Peso Inicial Total (kg) _____
3"	73.000						Peso Fraccion Fina Para Lavar (gr) _____
2 1/2"	60.300						
2"	50.800						<b>2. Características</b>
1 1/2"	37.500						Tamaño Maximo _____
1"	25.400						Tamaño Maximo Nominal _____
3/4"	19.000						Grava (%) _____
1/2"	12.700						Arena (%) _____
3/8"	9.520						Finos (%) _____
1/4"	6.350						Modulo de Fineza (%) _____
N° 4	4.750						
N° 8	2.360						
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 20	0.850						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 60	0.250						
N° 80	0.180						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
Pasante							

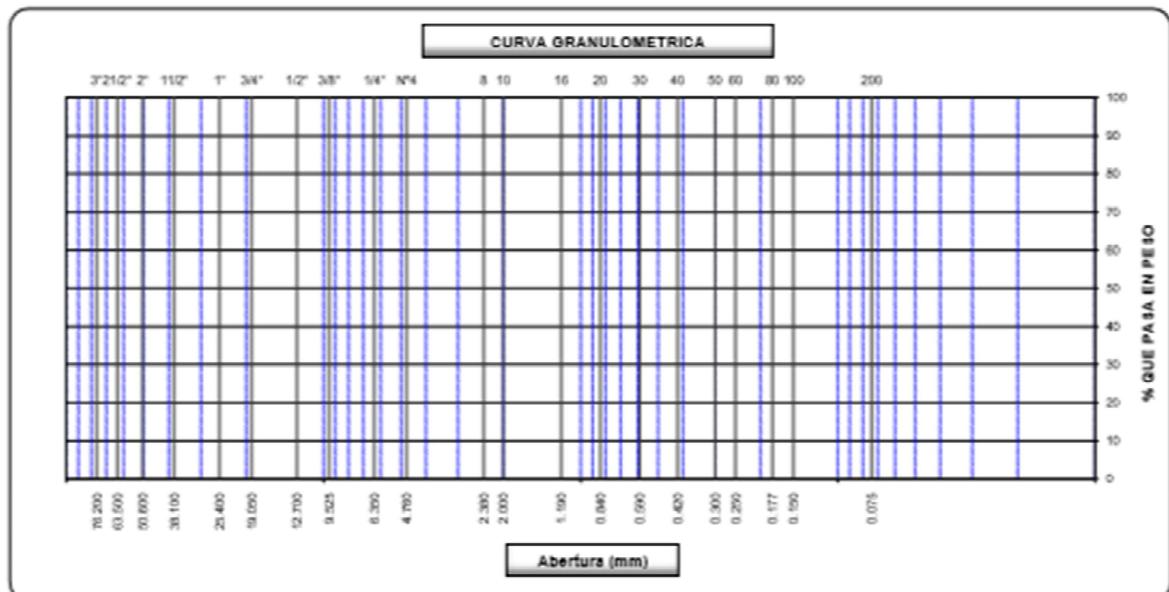


Figura 22. Ensayo Análisis Granulométrico por Tamizado.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos – UCV Piura.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
LÍMITES DE CONSISTENCIA	
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AA EHTO T-80, T-88)	
PROYECTO	
CALICATA	
MUESTRA	ING. RESP.
PROFUNDIDAD	TECNICO
COORDENADAS	FECHA
LADO	
COLOR	
SOLICITA	

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO**

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				<b>Limite Liquido</b>
Contenido de Humedad	%				
Numero de Golpes					

**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				<b>Limite Plastico</b>
Contenido de Humedad	%				



**Figura 23.** *Ensayo Limite Líquido y Plástico.*

**Fuente:** *Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Pavimentos – UCV Piura.*

c) LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL CAMINO VECINAL BUENOS AIRES (EMP PI-1020) KM 0+000 AL KM 1+000



**Figura 24.** Vista de Google Earth sobre la zona de estudio (señalizada)

**Fuente:** Google Earth, 2018.

**Tabla 26.** *Datos topográficos del 01 Km del camino vecinal BUENOS AIRES.*

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	9417704	529292	17.393	BM
2	9417700	529298	17.493	PUENTE
3	9417704	529292	17.493	PUENTE
4	9417690	529300	17.493	PUENTE
5	9417694	529306	17.493	PUENTE
6	9417689	529301	17.45	DESVIO
7	9417684	529307	17.445	DESVIO
8	9417696	529306	16.853	DESVIO
9	9417691	529315	16.843	DESVIO
10	9417686	529321	15.633	LIG
11	9417685	529321	16.853	LIC
12	9417684	529320	16.913	EC
13	9417681	529316	16.851	LDC
14	9416779	529317	14.912	LDG
15	9417673	529337	16.313	LIG
16	9417673	529334	16.683	LIC
17	9417673	529334	16.725	EC
18	9417670	529353	16.603	LDC
19	9417670	529354	16.602	LDG
20	9417663	529353	15.903	LIG
21	9417665	529355	16.723	LIC
22	9417664	529354	16.673	EC
23	9417660	529350	16.663	LDC
24	9417660	529352	15.913	LDG
25	9417654	529373	16.343	LIG
26	9417653	529371	16.808	LIC
27	9417653	529369	16.803	EC
28	9417650	529368	16.823	LDC
29	9417650	529366	16.292	LDG
30	9417646	529391	16.643	LIG
31	9417646	529389	16.813	LIC
32	9417644	529387	16.803	EC
33	9417641	529387	16.823	LDC
34	9417641	529388	16.292	LDG
35	9417627	529425	16.643	LIG
36	9417626	529425	16.813	LIC
37	9417622	529423	16.823	EC
38	9417620	529421	16.811	LDC
39	9417620	529420	16.673	LDG
40	9417607	529457	16.818	DESVIO

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
41	9417605	529456	17.018	DESVIO
42	9417608	529440	17.028	DESVIO
43	9417618	529440	17.008	DESVIO
44	9417620	529443	16.222	LIG
45	9417612	529442	16.933	LIC
46	9417614	529439	16.938	EC
47	9417611	529437	16.963	LDC
48	9417602	529436	16.973	LDG
49	9417609	529459	15.948	LIG
50	9417607	529458	16.893	LIC
51	9417604	529457	16.943	EC
52	9417606	529455	16.933	LDC
53	9417601	529456	16.613	LDG
50	9417595	529477	16.593	LIG
51	9417595	529477	16.948	LIC
52	9417592	529474	16.453	EC
53	9417590	529473	16.993	LDC
54	9417590	529472	16.493	LDG
55	9417586	529491	15.563	LIG
56	9417585	529491	16.763	LIC
57	9417583	529490	16.783	EC
58	9417581	529489	16.843	LDC
59	9417579	529488	16.673	LDG
60	9417575	529511	15.973	LIG
61	9417575	529516	16.738	LIC
62	9417574	529506	16.773	EC
63	9417571	529505	16.783	LDC
64	9417569	529505	16.738	LDG
65	9417567	529526	15.034	LIG
66	9417566	529526	16.769	LIC
67	9417563	529524	16.769	EC
68	9417560	529521	16.844	LDC
69	9417550	529522	16.653	LDG
70	9417554	529557	15.589	LIG
71	9417553	529544	16.743	LIC
72	9417551	529541	16.774	EC
73	9417550	529541	16.773	LDC
74	9417550	529540	16.133	LDG
75	9417545	529563	15.629	LIG
76	9417544	529562	16.774	LIC
77	9417543	529560	16.774	EC
78	9417541	529557	16.814	LDC
79	9417539	529556	16.104	LDG

N°	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
80	9417535	529579	15.969	LIG
81	9417534	529578	16.694	LIC
82	9417531	529577	16.694	EC
83	9417529	529576	16.693	LDC
84	9417528	529575	15.975	LDG
85	9417522	529599	15.499	LIG
86	9417524	529597	16.684	LIC
87	9417522	529594	16.684	EC
88	9417520	529592	16.649	LDC
89	9417520	529592	15.944	LDG
90	9417515	529611	15.684	LIG
91	9417513	529610	16.723	LIC
92	9417510	529610	16.724	EC
93	9417509	529608	16.694	LDC
94	9417508	529609	16.024	LDG
95	9417503	529634	15.679	LIG
96	9417503	529631	16.749	LIC
97	9417500	529629	16.754	EC
98	9417498	529628	16.704	LDC
99	9417497	529627	16.154	LDG
100	9417495	529650	15.539	LIG
101	9417492	529647	16.783	LIC
102	9417492	529645	16.784	EC
103	9417489	529694	16.754	LDC
104	9417488	529644	16.259	LDG
105	9417486	529664	15.794	LIG
106	9417484	529663	16.795	LIC
107	9417481	529662	16.813	EC
108	9417480	529661	16.784	LDC
109	9417479	529661	16.244	LDG
110	9417473	529682	15.814	LIG
111	9417473	529280	16.853	LIC
112	9417472	529279	16.844	EC
113	9417469	529678	16.814	LDC
114	9417469	529677	16.274	LDG
115	9417466	529698	15.844	LIG
116	9417464	529698	16.904	LIC
117	9417461	529697	16.894	EC
118	9417459	529697	16.863	LDC
119	9417459	529698	16.363	LDG
120	9417455	529717	15.953	LIG

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
121	9417453	529715	16.854	LIC
122	9417451	529713	16.854	EC
123	9417450	529712	16.689	LDC
124	9417451	529714	16.399	LDG
125	9417447	529734	15.624	LIG
126	9417444	529732	16.903	LIC
127	9417443	529732	16.909	EC
128	9417440	529731	16.904	LDC
129	9417439	529731	16.413	LDG
130	9417435	529752	15.734	LIG
131	9417433	529751	16.884	LIC
132	9417432	529750	16.924	EC
133	9417429	529748	16.864	LDC
134	9417428	529748	16.414	LDG
135	9417425	529768	15.614	LIG
136	9417423	529767	16.983	LIC
137	9417422	529765	17.005	EC
138	9417421	529763	17.069	LDC
139	9417420	529763	16.409	LDG
140	9417389	529832	15.739	LIG
141	9417386	529830	17.054	LIC
142	9417386	529830	17.054	EC
143	9417384	529830	17.079	LDC
144	9417383	529830	16.514	LDG
145	9417364	529873	15.939	LIG
146	3417386	529871	17.104	LIC
147	9417362	529870	17.104	EC
148	9417359	529869	17.099	LDC
149	9417359	529868	16.439	LDG
150	9417340	529914	15.859	LIG
151	9417340	529911	17.009	LIC
152	9417336	529910	17.054	EC
153	9417334	529912	17.059	LDC
154	9417333	529911	16.498	LDG
155	9417319	529950	15.754	LIG
156	9417318	529947	16.999	LIC
157	9417317	529946	17.044	EC
158	9417214	529945	17.048	LDC
159	9417212	529946	16.528	LDG
160	9417298	529985	15.747	LIG

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
161	9417296	529985	17.023	LIC
162	9417295	529983	17.053	EC
163	9417291	529982	17.047	LDC
164	9417290	529983	16.498	LDG
165	9417285	530009	15.857	LIG
166	9417282	530008	16.977	LIC
167	9417280	530008	17.043	EC
168	9417278	530005	17.058	LDC
169	9417277	530005	16.497	LDG
170	9417261	530038	15.828	LIG
171	9417265	530037	17.053	LIC
172	9417262	530036	17.077	EC
173	9417261	530036	17.077	LDC
174	9417262	530036	16.493	LDG
175	9417285	530009	15.993	LIG
176	9417282	530008	17.093	LIC
177	9417280	530008	17.103	EC
178	9417278	530005	17.125	LDC
179	9417277	530005	16.603	LDG
180	9417261	530038	15.968	LIG
181	9417265	530037	17.138	LIC
182	9417262	530036	17.213	EC
183	9417261	530036	17.198	LDC
184	9417262	530036	16.588	LDG
185	9417256	530046	17.096	DESVIO
186	9417253	530049	17.068	DESVIO
187	9417256	530057	17.228	DESVIO
188	9417259	530054	17.113	DESVIO
189	9417252	530065	15.978	LIG
190	9417250	530063	17.338	LIC
191	9417249	530062	17.338	EC
192	9417245	530061	17.297	LDC
193	9417245	530060	16.563	LDG
194	9423200	530096	16.138	LIG
195	9317231	530095	17.388	LIC
196	9417228	530093	17.404	EC
197	9417227	530092	17.404	LDC
198	9417226	530094	16.648	LDG
199	9417217	530127	16.134	LIG
200	9417214	530125	17.494	LIC

<b>N°</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
201	9417213	530125	17.464	EC
202	9417211	530124	17.48	LDC
203	9417211	530126	16.719	LDG
204	9417196	530161	16.759	LIG
205	9417196	530160	17.529	LIC
206	9417193	530158	17.559	EC
207	9417192	530157	17.519	LDC
208	9417191	530157	16.704	LDG
209	9417177	530190	16.368	LIG
210	9417176	530189	17.264	LIC
211	9417175	530188	17.264	EC
212	9417174	530188	17.688	LDC
213	9417173	530188	16.838	LDG
214	9417162	530218	15.959	LIG
215	9417160	530216	17.159	LIC
216	9417159	530214	17.038	EC
217	9417157	530213	17.199	LDC
218	9417157	530214	16.868	LDG
219	9417147	530241	16.159	LIG
220	9417146	530240	17.119	LIC
221	9417145	530241	17.104	EC
222	9417144	530239	17.168	LDC
223	9417142	530239	16.917	LDG
224	9417132	530270	16.759	LIG
225	9417129	530269	17.153	LIC
226	9417127	530268	17.139	EC
227	9417195	530268	17.244	LDC
228	9417125	530267	16.874	LDG
229	9417117	530296	16.194	LIG
230	9417116	530295	17.294	LIC
231	9417103	530294	17.254	EC
232	9417111	530293	17.349	LDC
233	9417110	530291	16.894	LDG
234	9417162	530319	16.324	LIG
235	9417100	530317	17.354	LIC
236	9417099	530316	17.354	EC
237	9417096	530318	17.357	LDC
238	9417097	530317	16.904	LDG
239	9417086	53044	16.154	LIG
240	9417085	530344	17.224	LIC

N°	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCIÓN
241	9417084	530342	17.199	EC
242	9417081	530342	17.334	LDC
243	9417080	530343	15.597	LDG
244	9417071	530373	16.434	LIG
245	9417070	530373	17.174	LIC
246	9417066	530371	17.174	EC
247	9417064	530370	17.224	LDC
248	9417064	530371	16.934	LDG
249	9417058	530400	16.524	LIG
250	9417056	530399	17.169	LIC
251	9417053	530398	17.204	EC
252	9417051	530395	17.244	LDC
253	9417050	530393	16.914	LDG
254	9417041	530427	16.31	LIG
255	9417039	530427	17.179	LIC
256	9417036	530426	17.139	EC
257	9417034	530421	17.209	LDC
258	9417033	530421	17.049	LDG
259	9416027	530455	16.419	LIG
260	9417024	530454	17.309	LIC
261	9417021	530451	17.319	EC
262	9417020	530450	17.399	LDC
263	9417017	530448	17.109	LDG
264	9417008	530483	16.504	LIG
265	9417006	530482	17.269	LIC
266	9417002	530481	17.269	EC
267	9416990	530481	17.339	LDC
268	9416990	530480	17.049	LDG

**Fuente:** *Data extraída de la estación Total.*

### ANEXO 03: MÉTODO DE INGENIERÍA

a) Tipo de geotextil adecuado, el número de geored(es) y la tubería eficiente que permita evacuar el agua subterránea.

Aplicación del software de Diseño Geosoft PAVCO v3.0, utilizando la metodología establecida en el Manual de Diseño con Geosintéticos.

#### DISEÑO DEL GEODREN

Medio Filtrante:

##### TIPO DE GEOTEXTIL A EMPLEAR PARA EL DISEÑO *GEOTEXTIL NO TEJIDO PUNZONADO POR AGUJAS*

PROPIEDAD	NORMA	VALOR	UNIDAD
TAA	ASTM D-4751	0.18	mm
PERMEABILIDAD	ASTM D-4491	0.0044	cm/s
COLMATACION		> 50%	
PERMITIVIDAD	ASTM D-4491	2.9	s <sup>-1</sup>
TASA DE FLUJO	ASTM D-4491	8910	L/min/m <sup>2</sup>

#### CAUDAL TOTAL DE DISEÑO

Caudal por Infiltración:

$$Q_{inf} = I_R * B * L * F_i * F_R \quad (a)$$

De la formula (a), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$I_R = 83 \text{ mm/hr} = 2.31 * 10^{-5} \text{ m/s}$  (Obtenido de las curvas de intensidad – duración-frecuencia)

$B = \text{ancho de la vía}/2 = 6/2 = 3 \text{ m.}$

$L = 1000 \text{ m.}$

$F_i = 0.20$  (Ver Tabla 24)

$F_R = 1/3$  (Ver Tabla 25)

**Por lo tanto:**

$$Q_{inf} = 2.31 * 10^{-5} \frac{m}{s} * 3 \text{ m} * 1000 \text{ m} * 0.20 * 1/3$$

$$Q_{inf} = 0.00462 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Caudal por Abatimiento de Nivel Freático:

$$Q_{NF} = 0.00000135 \frac{m}{s} * 0.20 * 600 m^2$$

$$Q_{NF} = 0.000162 m^3/s$$

El nivel freático se encuentra en ambos lados de la sección transversal del Geodren, por lo tanto:

$$Q_{NF} = 0.000162 \frac{m^3}{s} * 2 = 0.000324 m^3/s$$

Entonces, el Caudal de Diseño se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Q_T = Q_{inf} + Q_{NF} \quad (b)$$

Donde:

$Q_T$  = Caudal de diseño

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltración

$Q_{NF}$  = Caudal por abatimiento de nivel freático

Por lo tanto, de la fórmula (b) se obtiene el valor del caudal de diseño:

$$Q_T = 0.00462 \frac{m^3}{s} + 0.000386 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_T = 0.0050 \frac{m^3}{s}$$

### Dimensionamiento de la sección transversal

$$Q_T = V * I * A \quad (c)$$

Del cual:

$Q_T$  = Caudal total

V = Velocidad de flujo.

I = Gradiente hidráulico.

A = Área de la sección transversal del subdrén.

De la fórmula (c):

$$V = 0.70 \text{ cm/s} = 0.0070 \text{ m/s}$$

$$I = 1.0$$

$$A = (Q_T / V) = (0.0050 \frac{m^3}{s}) / (0.0070 \frac{m}{s})$$

$$A = 0.72 m^2$$

Teniendo una área de sección transversal del Geodren de  $0.72 m^2$ , entonces se recomienda trabajar con un ancho mínimo de 0.60 m, en el caso que la trinchera sea excavada a mano.

Entonces:

$$A = L * \text{ancho}$$

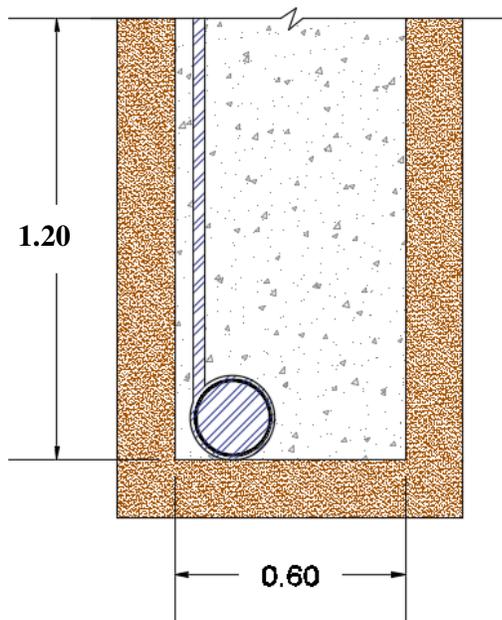
$$A = 0.72 m^2$$

$$\text{Ancho} = 0.60 m$$

$$L = 0.72 / 0.60 = 1.20 m$$

Por lo tanto, la sección transversal queda definido de la siguiente manera:

**Sección Transversal = 1.20 m \* 0.60 m**



**Figura 25.** Sección transversal del Geodren.

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*

## MEDIO DRENANTE (GEORED)

Se procede a calcular la transmisividad requerida de la geored, mediante la ecuación de Darcy:

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

*Donde:*

**Q** = Caudal total de diseño.

**I** = Gradiente hidráulico.

**W** = Ancho de la geored.

De la formula (d), los valores que se obtuvieron para cada variable son:

$$q_{requerida} = 0.0050 \frac{m^3}{s} / (1 * 1000 m)$$

$$q_{requerida} = 5.00 * 10^{-6} s^{-1}$$

Posteriormente se obtiene el valor de la transmisividad disponible, que se calcula mediante la siguiente formula:

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{IN} * FR_{CR} * FR_{CC} * FR_{BC}) \quad (e)$$

**Del cual se obtiene:**

$$FR_{IN} = 1.2$$

$$FR_{CR} = 1.5$$

$$FR_{CC} = 1.5$$

$$FR_{BC} = 4.0$$

Dichos valores han sido obtenidos de la tabla (**Factores de seguridad**)

$$q_{disponible} = q_{fabricante} / (FR_{IN} * FR_{CR} * FR_{CC} * FR_{BC})$$

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

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

Finalmente, se obtiene el factor de seguridad final:

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

$$FS = 0.27 s^{-1} / 5.00 * 10^{-6} s^{-1}$$

**FS >> 1**

Para el diseño del Geodren se trabajará con una Geored, ya que el FS salió mayor a 1; por lo cual cumple con la condición establecida anteriormente.

### **MEDIO DE EVACUACIÓN**

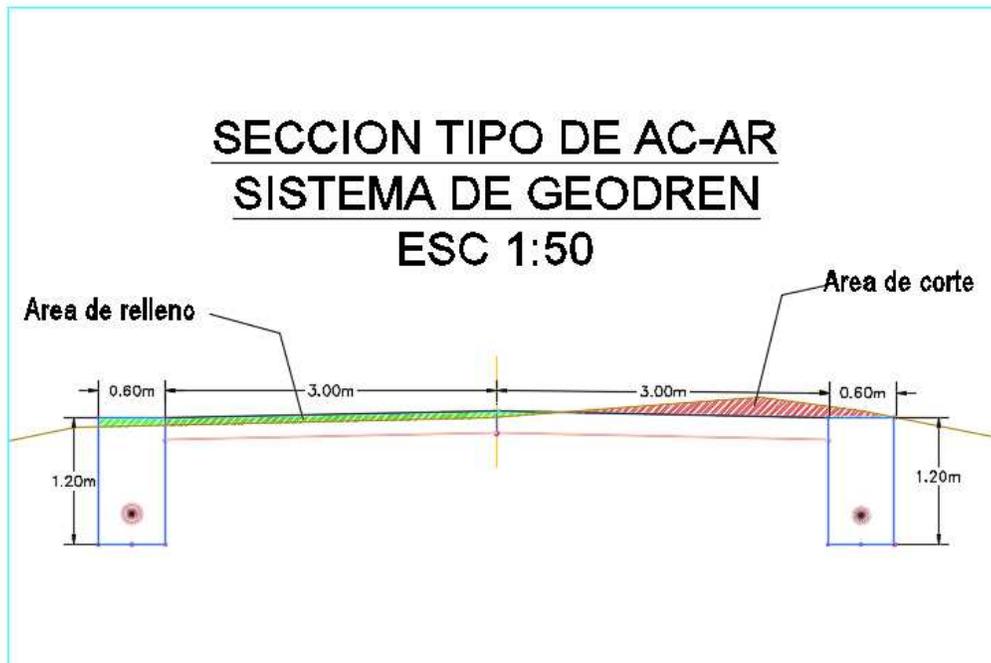
El diámetro de la tubería a usar se puede estimar mediante un monograma en base a la ecuación de Prandtl Colebrook, teniendo como datos la pendiente y el caudal de diseño.

$$Q_T = 0.0050 \frac{m^3}{s} = 5.00 \text{ lt/s}$$

$$S = 2.0 \%$$

Entonces, al momento de trabajar con el monograma, al trazar la pendiente de 2% ubicada en el eje "X" y el caudal de diseño de 5.00 lt/s ubicada en el eje "Y", se obtiene el valor del diámetro de la tubería HDPE que corresponde a 100 mm es decir a 4" de tipo perforada.

$$\varnothing \text{ TUBERIA DE DRENAJE} = 100 \text{ mm}$$



**Figura 26.** Sección típica final del sistema de subdrenaje Geodren.

**Fuente:** Elaboración Propia, 2018.

### Cálculo de curvas Intensidad - Duración - Período de Retorno

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

en la cual:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

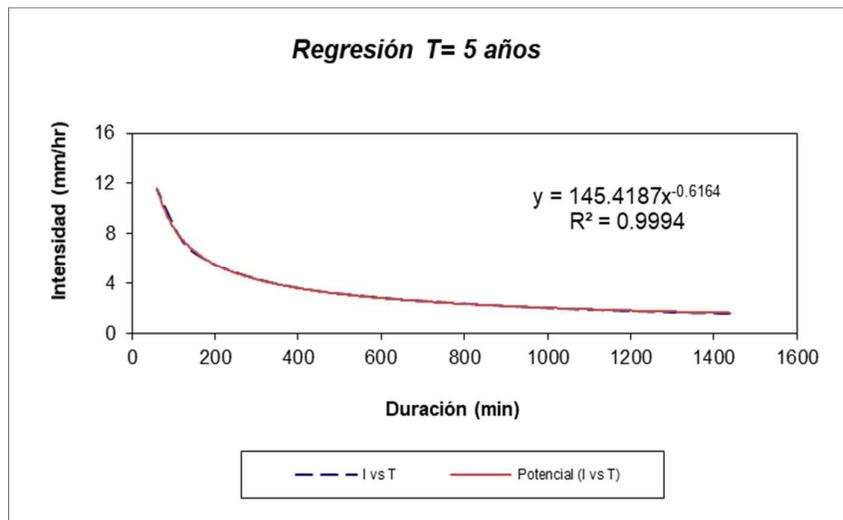
Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m$$

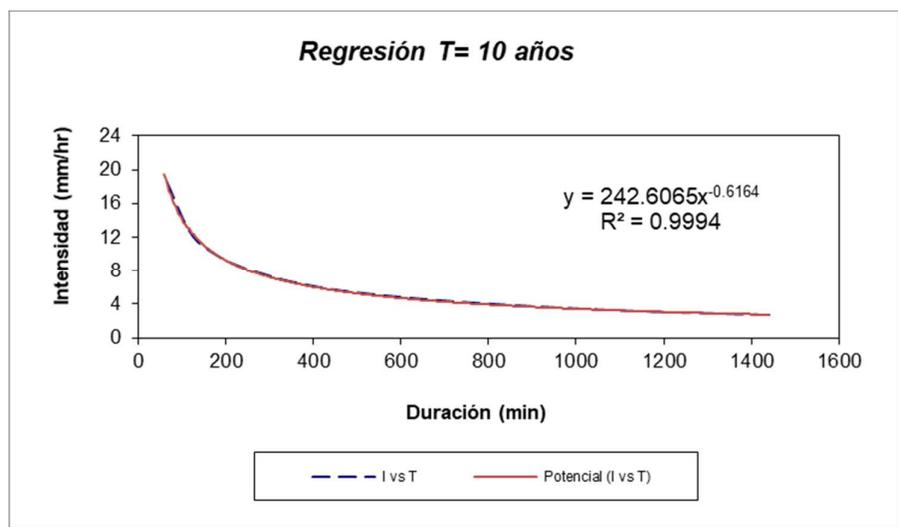
Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

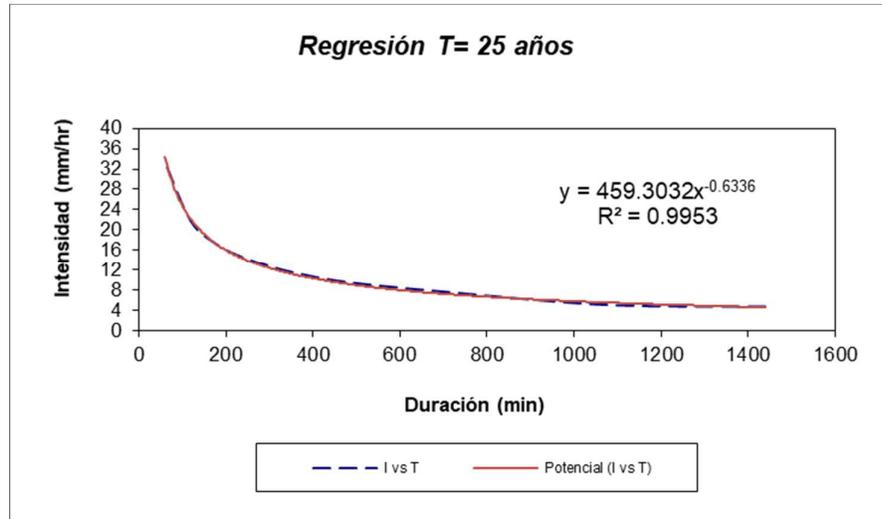
Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	1.6027	7.2724	0.4717	3.4304	52.8878
2	1080	1.9446	6.9847	0.6651	4.6453	48.7863
3	720	2.5643	6.5793	0.9417	6.1957	43.2865
4	480	3.2695	6.1738	1.1846	7.3138	38.1156
5	360	3.9106	5.8861	1.3637	8.0269	34.6462
6	300	4.3850	5.7038	1.4782	8.4313	32.5331
7	240	5.0005	5.4806	1.6095	8.8213	30.0374
8	180	5.8980	5.1930	1.7746	9.2155	26.9668
9	120	7.5007	4.7875	2.0150	9.6468	22.9201
10	60	11.5396	4.0943	2.4458	10.0139	16.7637
10	4980	47.6156	58.1555	13.9499	75.7408	346.9435
<b>Ln (d) = 4.9796</b>		<b>d = 145.4187</b>		<b>n = -0.6164</b>		



<b>Periodo de retorno para T = 10 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2.6739	7.2724	0.9835	7.1526	52.8878
2	1080	3.2443	6.9847	1.1769	8.2203	48.7863
3	720	4.2782	6.5793	1.4535	9.5631	43.2865
4	480	5.4547	6.1738	1.6965	10.4737	38.1156
5	360	6.5242	5.8861	1.8755	11.0395	34.6462
6	300	7.3157	5.7038	1.9900	11.3506	32.5331
7	240	8.3425	5.4806	2.1214	11.6264	30.0374
8	180	9.8398	5.1930	2.2864	11.8734	26.9668
9	120	12.5137	4.7875	2.5268	12.0971	22.9201
10	60	19.2518	4.0943	2.9576	12.1095	16.7637
10	4980	79.4387	58.1555	19.0682	105.5062	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.4914</b>	<b>d =</b>	<b>242.6065</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>	

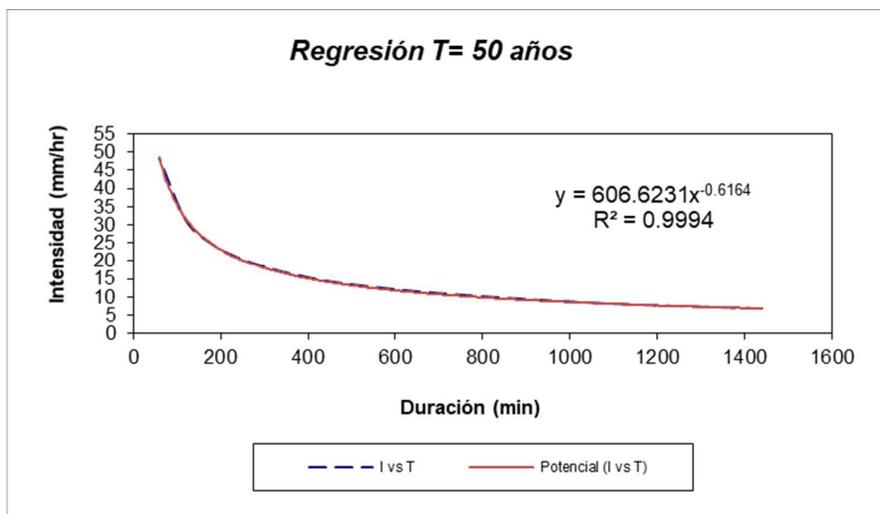


<b>Periodo de retorno para T = 25 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.6387	7.2724	1.5344	11.1589	52.8878
2	1080	4.9479	6.9847	1.5990	11.1683	48.7863
3	720	7.4218	6.5793	2.0044	13.1876	43.2865
4	480	9.4628	6.1738	2.2474	13.8748	38.1156
5	360	11.3183	5.8861	2.4264	14.2822	34.6462
6	300	12.6913	5.7038	2.5409	14.4929	32.5331
7	240	14.4726	5.4806	2.6723	14.6457	30.0374
8	180	17.0702	5.1930	2.8373	14.7342	26.9668
9	120	21.7089	4.7875	3.0777	14.7346	22.9201
10	60	33.3983	4.0943	3.5085	14.3650	16.7637
10	4980	137.1309	58.1555	24.4483	136.6441	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6.1297</b>	<b>d =</b>	<b>459.3032</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6336</b>	



**Periodo de retorno para T = 50 años**

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	6.6858	7.2724	1.9000	13.8175	52.8878
2	1080	8.1121	6.9847	2.0934	14.6215	48.7863
3	720	10.6973	6.5793	2.3700	15.5928	43.2865
4	480	13.6391	6.1738	2.6129	16.1317	38.1156
5	360	16.3134	5.8861	2.7920	16.4339	34.6462
6	300	18.2924	5.7038	2.9065	16.5780	32.5331
7	240	20.8598	5.4806	3.0378	16.6492	30.0374
8	180	24.6039	5.1930	3.2029	16.6325	26.9668
9	120	31.2897	4.7875	3.4433	16.4847	22.9201
10	60	48.1380	4.0943	3.8741	15.8618	16.7637
10	4980	198.6317	58.1555	28.2329	158.8037	346.9435
<b>Ln (d) = 6.4079</b>		<b>d = 606.6231</b>		<b>n = -0.6164</b>		



<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término cte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
2	56.21943454096	-0.61638608809
5	145.41865894940	-0.61638608809
10	242.60651121435	-0.61638608809
25	459.30321820377	-0.63362500463
50	606.62307787354	-0.61638608809
100	830.86001701143	-0.61638608809
500	1598.40909026164	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	<b>562.77714400787</b>	<b>-0.61884879045</b>

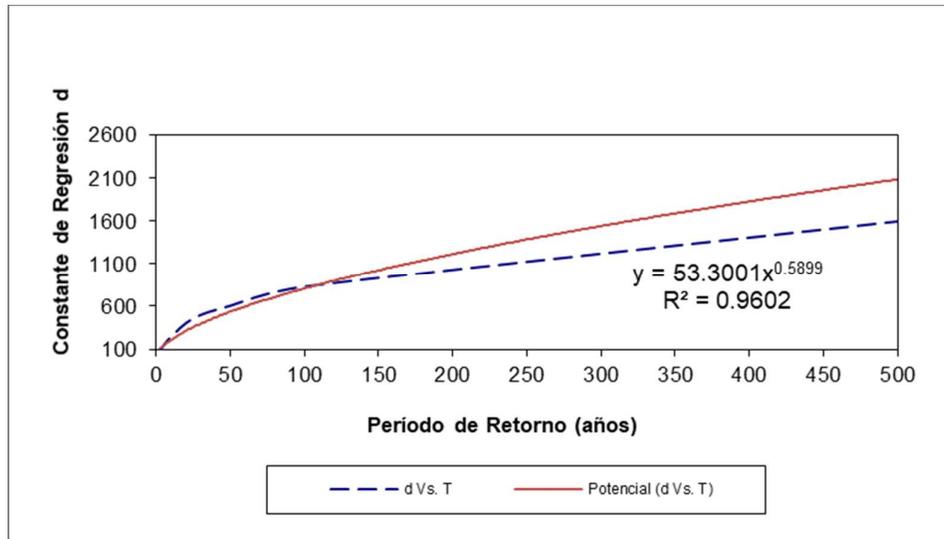
En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno ( $T$ ) y el término constante de regresión ( $d$ ), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

<b>Regresión potencial</b>								
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>		
1	2	56.2194	0.6931	4.0293	2.7929	0.4805		
2	5	145.4187	1.6094	4.9796	8.0144	2.5903		
3	10	242.6065	2.3026	5.4914	12.6445	5.3019		
4	25	459.3032	3.2189	6.1297	19.7308	10.3612		
5	50	606.6231	3.9120	6.4079	25.0679	15.3039		
6	100	830.8600	4.6052	6.7225	30.9581	21.2076		
7	500	1598.4091	6.2146	7.3768	45.8437	38.6214		
7	692	3939.4400	22.5558	41.1372	145.0522	93.8667		
<b>Ln (K) =</b>		<b>3.9759</b>	<b>K =</b>		<b>142.00</b>	<b>m =</b>		<b>0.5899</b>

**Termino constante de regresión (K) = 142.0000**

**Coef. de regresión (m) = 0.589896**



La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{142.00 * T^{0.589896}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

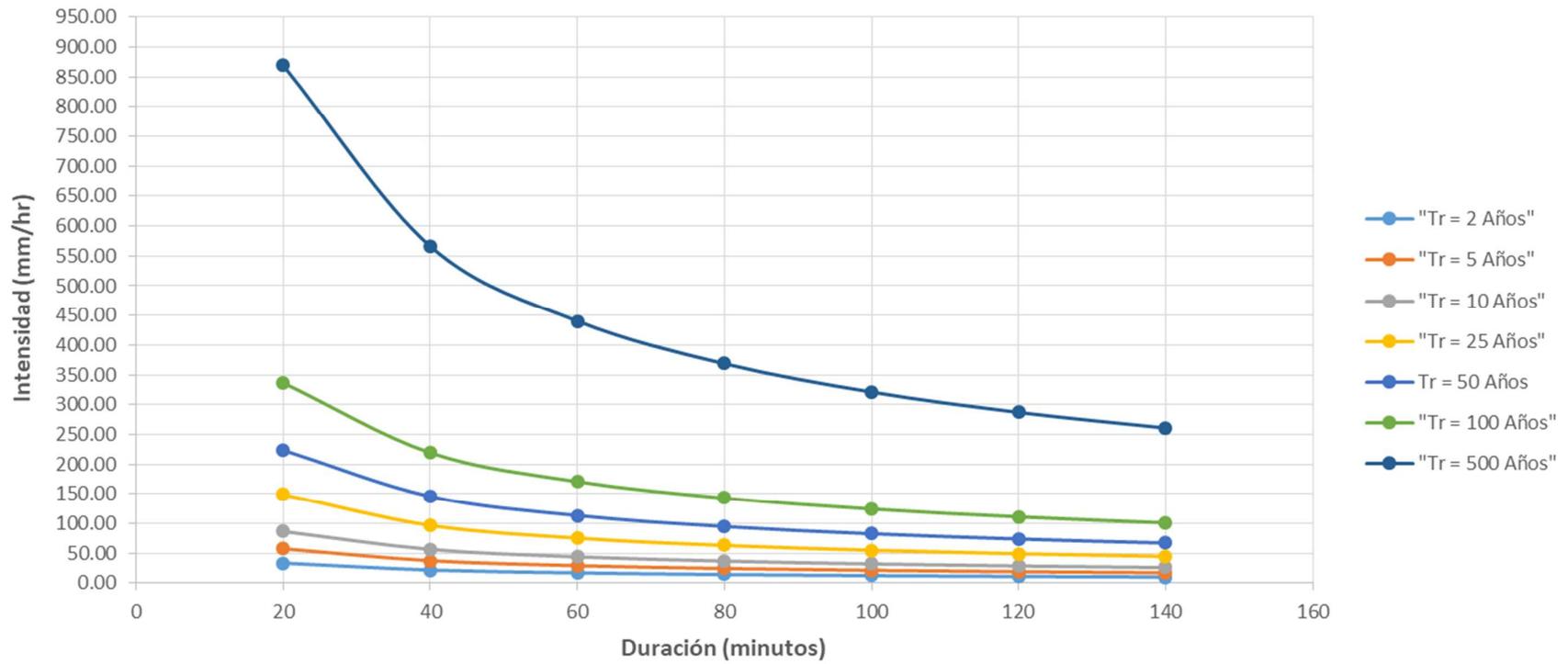
I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración							
Frecuencia años	Duración en minutos						
	20	40	60	80	100	120	140
2	33.48	21.80	16.96	14.20	12.36	11.05	10.04
5	57.47	37.43	29.12	24.37	21.23	18.96	17.24
10	86.51	56.33	43.83	36.68	31.95	28.54	25.95
25	148.52	96.72	75.25	62.98	54.86	49.00	44.54
50	223.54	145.57	113.27	94.79	82.57	73.76	67.05
100	336.46	219.10	170.48	142.68	124.27	111.01	100.91
500	869.48	566.20	440.55	368.70	321.15	286.88	260.78

### CURVA I-D-F



*Aplicación del método Log Distribución de 3 parámetros para determinar la precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50 años.*

Ajuste de una serie de datos a la distribución lognormal de 3 parámetros

Serie de datos X:

Nº	X
1	26.0
2	2.0
3	6.4
4	49.9
5	19.6
6	30.0
7	3.5
8	8.0
9	12.0
10	7.5
11	95.5
12	6.2
13	9.5
14	5.8
15	22.0
16	8.2
17	12.5
18	3.5
19	2.8
20	100.3
21	23.0
22	20.0
23	3.2
24	4.5
25	37.2
26	81.9
27	10.8
28	10.0
29	77.4
30	68.0
31	5.5
32	5.2
33	6.0
34	11.7
35	3.3
36	36.8
37	12.9
38	30.1
39	7.0
40	14.7

41	25.7
42	5.6
43	28.8
44	28.2
45	126.1

**Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:**

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	2.0	0.0217	-2.1292	0.0166	0.0051
2	2.8	0.0435	-1.6204	0.0526	0.0091
3	3.2	0.0652	-1.4484	0.0738	0.0085
4	3.3	0.0870	-1.4104	0.0792	0.0077
5	3.5	0.1087	-1.3392	0.0903	0.0184
6	3.5	0.1304	-1.3392	0.0903	0.0402
7	4.5	0.1522	-1.0528	0.1462	0.0059
8	5.2	0.1739	-0.8980	0.1846	0.0107
9	5.5	0.1957	-0.8396	0.2006	0.0049
10	5.6	0.2174	-0.8209	0.2058	0.0115
11	5.8	0.2391	-0.7849	0.2163	0.0229
12	6.0	0.2609	-0.7503	0.2265	0.0343
13	6.2	0.2826	-0.7171	0.2367	0.0460
14	6.4	0.3043	-0.6852	0.2466	0.0577
15	7.0	0.3261	-0.5961	0.2756	0.0505
16	7.5	0.3478	-0.5284	0.2986	0.0492
17	8.0	0.3696	-0.4658	0.3207	0.0489
18	8.2	0.3913	-0.4420	0.3292	0.0621
19	9.5	0.4130	-0.3019	0.3814	0.0317
20	10.0	0.4348	-0.2537	0.3999	0.0349
21	10.8	0.4565	-0.1818	0.4279	0.0287
22	11.7	0.4783	-0.1077	0.4571	0.0212
23	12.0	0.5000	-0.0844	0.4664	0.0336
24	12.5	0.5217	-0.0470	0.4813	0.0405
25	12.9	0.5435	-0.0182	0.4928	0.0507
26	14.7	0.5652	0.1005	0.5400	0.0252
27	19.6	0.5870	0.3580	0.6398	0.0529
28	20.0	0.6087	0.3759	0.6465	0.0378
29	22.0	0.6304	0.4601	0.6773	0.0469
30	23.0	0.6522	0.4993	0.6912	0.0390
31	25.7	0.6739	0.5967	0.7246	0.0507
32	26.0	0.6957	0.6068	0.7280	0.0324
33	28.2	0.7174	0.6778	0.7510	0.0337
34	28.8	0.7391	0.6961	0.7568	0.0177
35	30.0	0.7609	0.7317	0.7678	0.0069
36	30.1	0.7826	0.7346	0.7687	0.0139
37	36.8	0.8043	0.9088	0.8183	0.0139
38	37.2	0.8261	0.9182	0.8207	0.0054
39	49.9	0.8478	1.1710	0.8792	0.0314
40	68.0	0.8696	1.4357	0.9245	0.0549
41	77.4	0.8913	1.5460	0.9389	0.0476
42	81.9	0.9130	1.5941	0.9445	0.0315
43	95.5	0.9348	1.7247	0.9577	0.0229
44	100.3	0.9565	1.7663	0.9613	0.0048
45	126.1	0.9783	1.9604	0.9750	0.0032

-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----

Como el delta teórico 0.0621, es menor que el delta tabular 0.2027. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de la distribución lognormal:  
-----

Parámetro de posición ( $x_0$ )= 1.0394

Parámetro de escala ( $\mu y$ )= 2.4948

Parámetro de forma ( $Sy$ )= 1.1906

-----  
Precipitación de diseño:  
-----

La precipitación de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 140.88 mm/hr.



Figura 27. Aplicación del software HidroEsta.

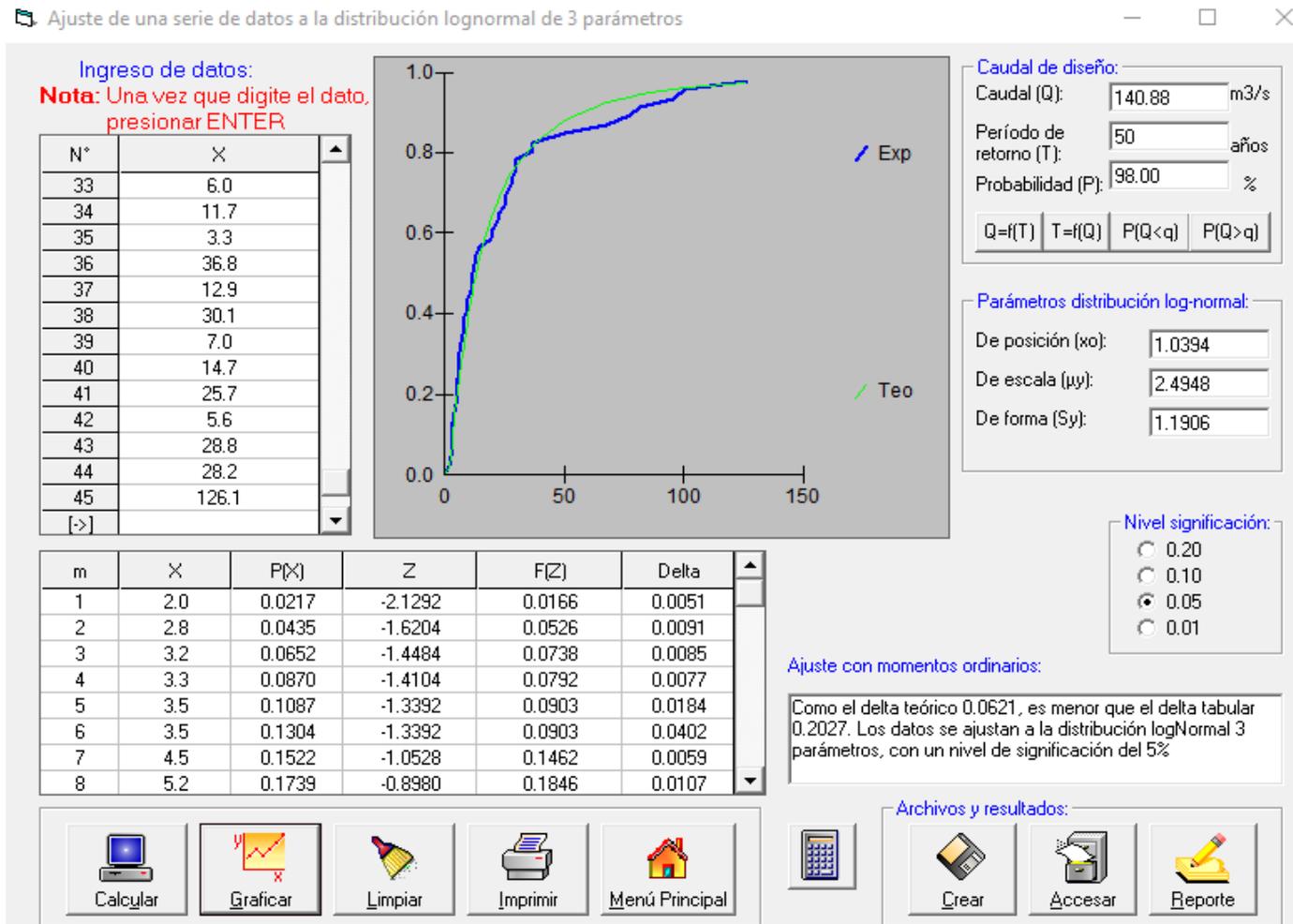
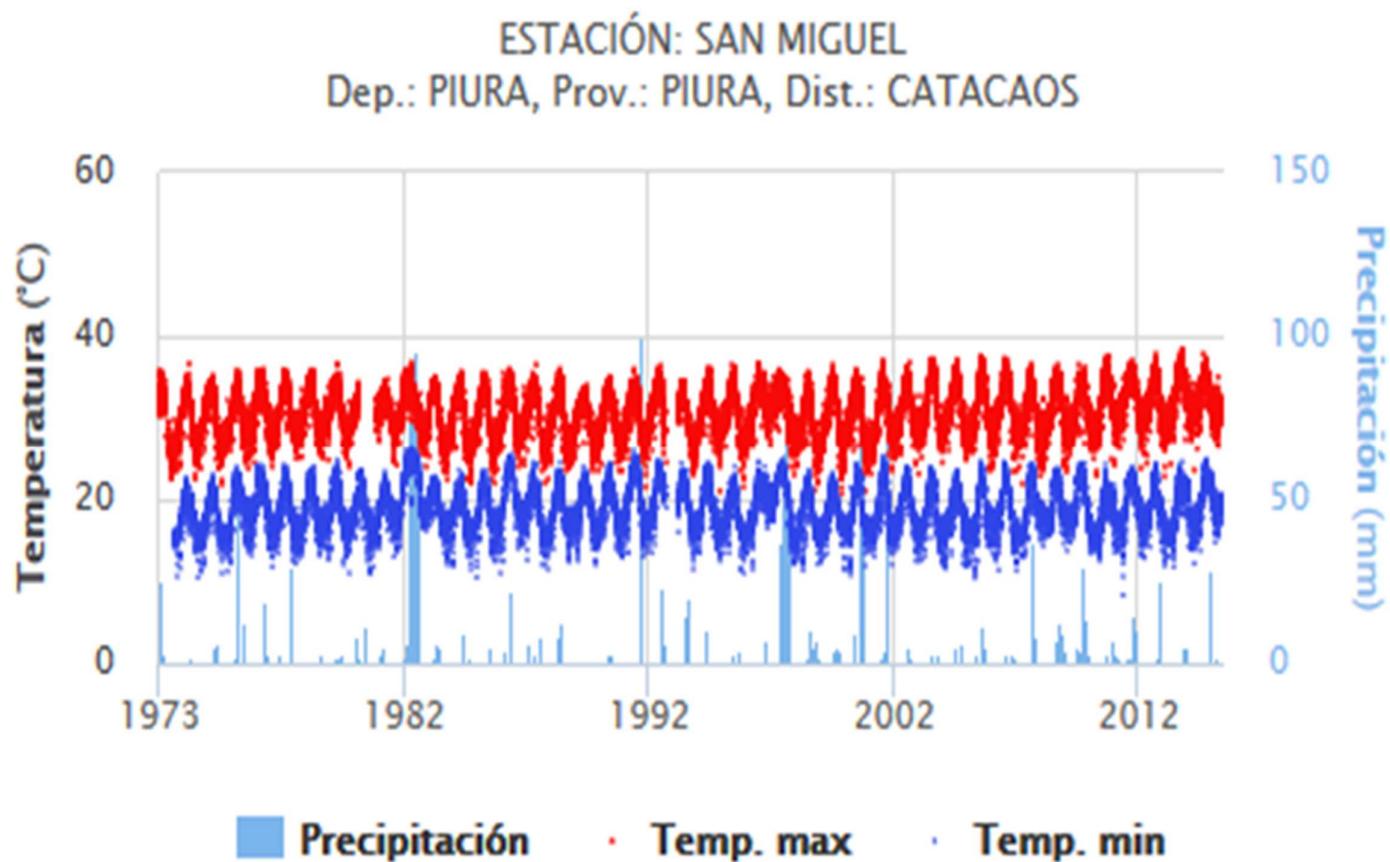


Figura 28. Resultado final de la precipitación por el método de distribución LogNormal de 3 parámetros.



**Figura 29.** *Histograma de la Estación San Miguel - CATACAOS.*

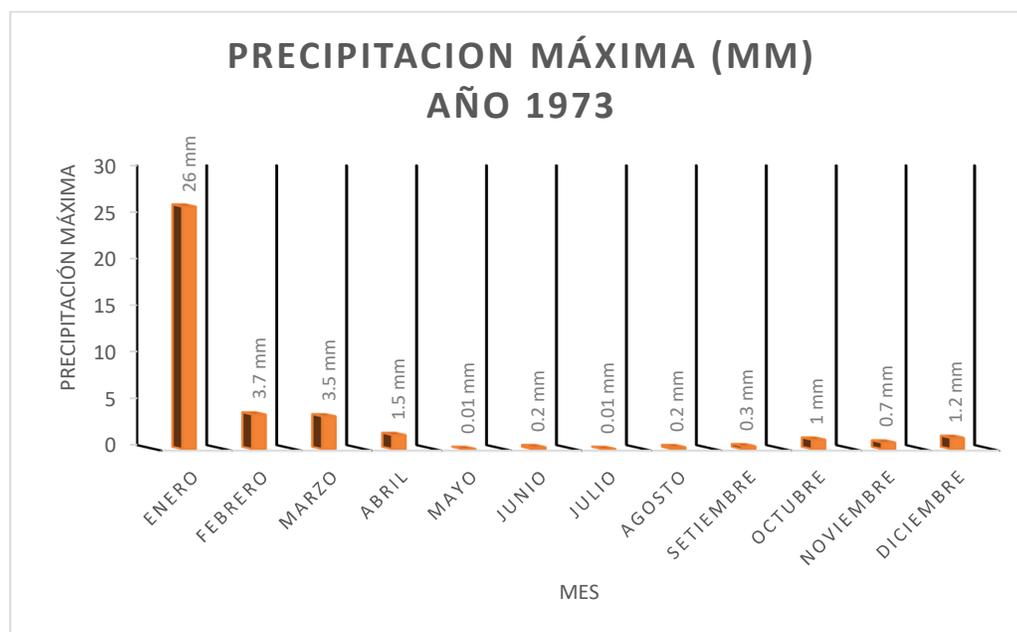
**Fuente:** *SENAMHI - PIURA*

**Datos de Precipitaciones obtenidas de la Estación San Miguel proporcionados por el SENAMHI durante el periodo de 1973 al 2017**

**Tabla 27.** Datos meteorológicos del año 1973 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1973	ENERO	26
1973	FEBRERO	3.7
1973	MARZO	3.5
1973	ABRIL	1.5
1973	MAYO	0.01
1973	JUNIO	0.2
1973	JULIO	0.01
1973	AGOSTO	0.2
1973	SETIEMBRE	0.3
1973	OCTUBRE	1
1973	NOVIEMBRE	0.7
1973	DICIEMBRE	1.2

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.

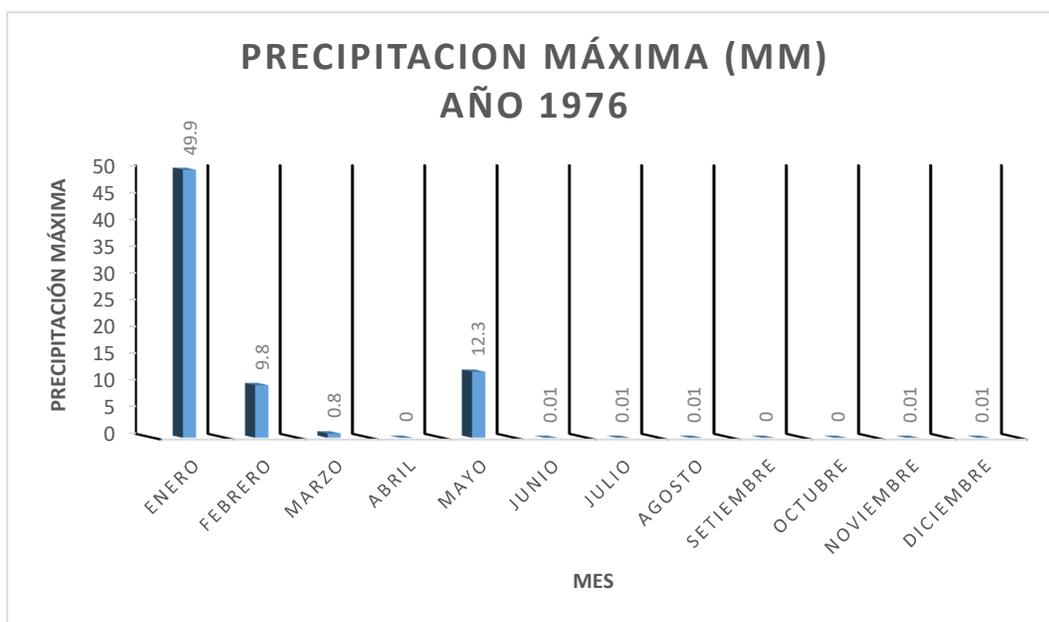


**Figura 30.** Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1973.

**Tabla 28.** Datos meteorológicos del año 1976 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1976	ENERO	49.9
1976	FEBRERO	9.8
1976	MARZO	0.8
1976	ABRIL	0.00
1976	MAYO	12.3
1976	JUNIO	0.01
1976	JULIO	0.01
1976	AGOSTO	0.01
1976	SETIEMBRE	0.00
1976	OCTUBRE	0.00
1976	NOVIEMBRE	0.01
1976	DICIEMBRE	0.01

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



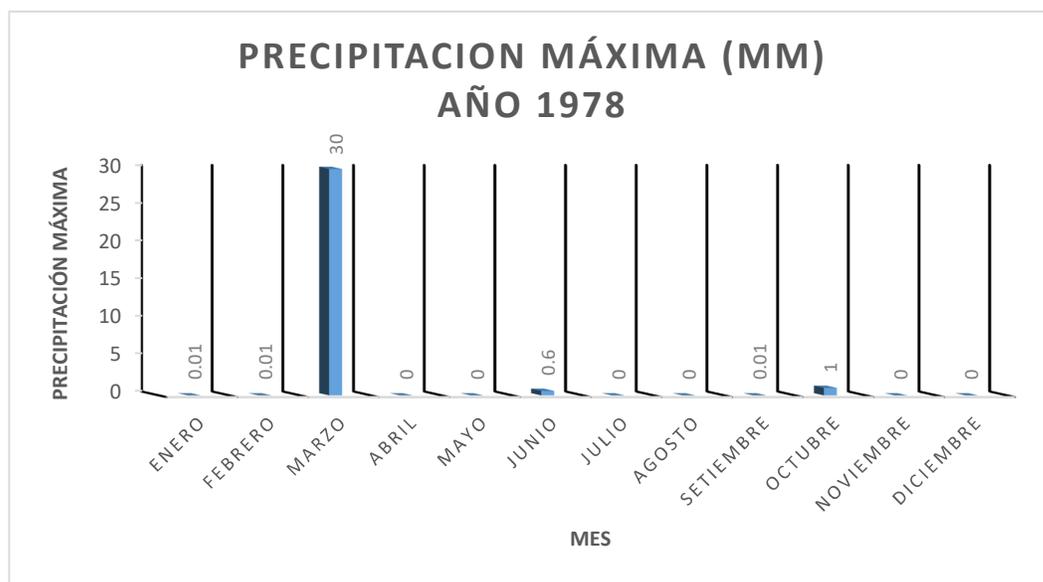
**Figura 31.** Precipitaciones máximas por cada mes del año 1976.

**Interpretación:** De la **Figura 33** y de la **Figura 34**, del año 1973 en el mes de enero se obtuvo una precipitación máxima de 26 mm y en el año 1976 se obtuvo en el mes de enero una precipitación máxima de 49.90 mm.

**Tabla 29.** Datos meteorológicos del año 1978 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1978	1	0.01
1978	2	0.01
1978	3	30
1978	4	0
1978	5	0
1978	6	0.6
1978	7	0
1978	8	0
1978	9	0.01
1978	10	1
1978	11	0
1978	12	0

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



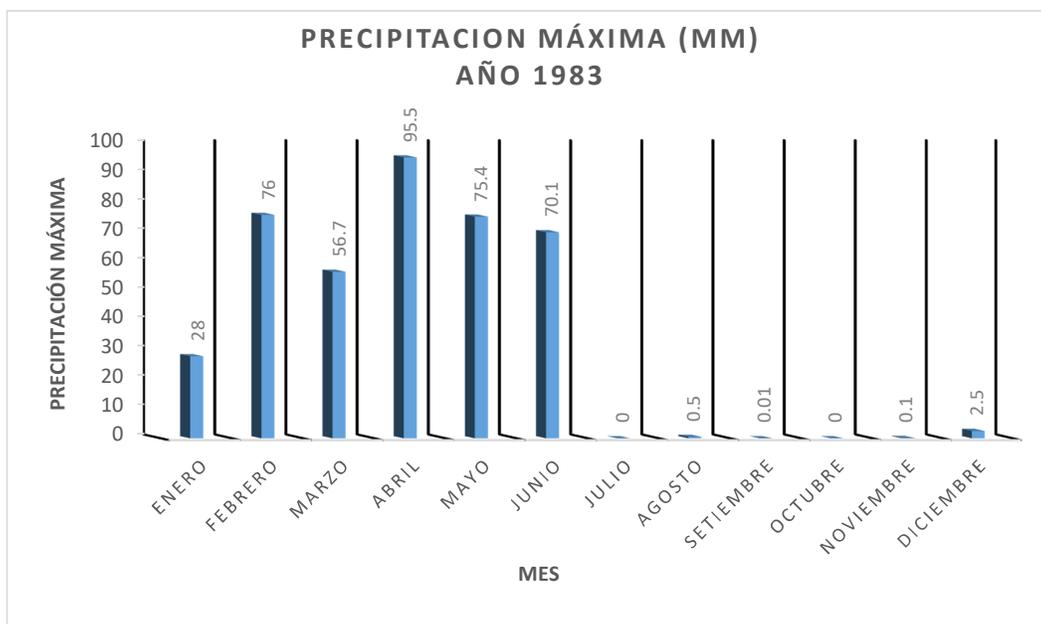
**Figura 32.** Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1978.

**Interpretación:** En el año 1978 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Marzo de 30.00 mm.

**Tabla 30.** Datos meteorológicos del año 1983 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1983	1	28.00
1983	2	76.00
1983	3	56.70
1983	4	95.50
1983	5	75.40
1983	6	70.10
1983	7	0.00
1983	8	0.50
1983	9	0.01
1983	10	0.00
1983	11	0.10
1983	12	2.50

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



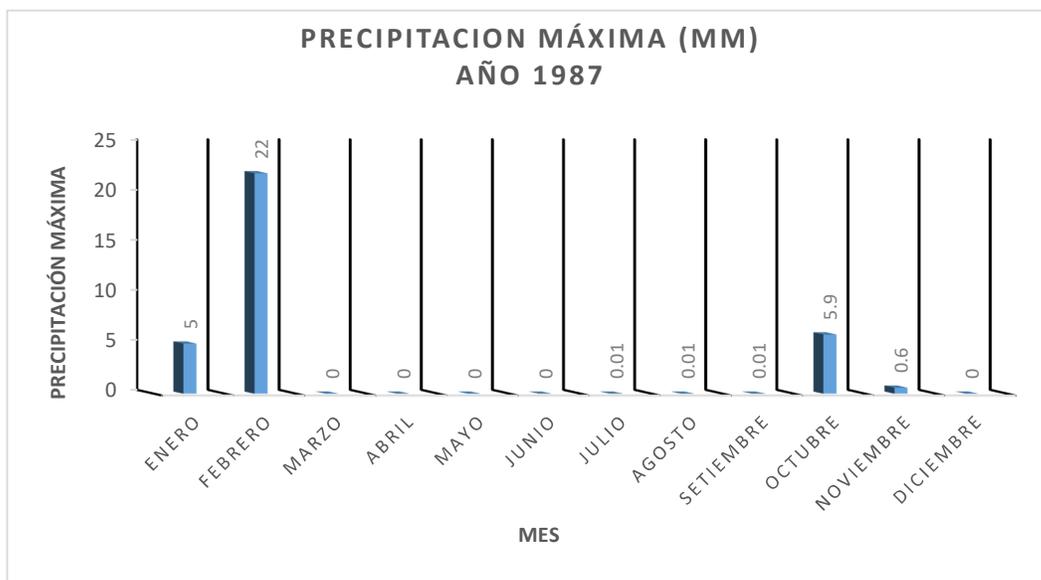
**Figura 33.** Precipitaciones máximas por cada mes en el año 1983.

**Interpretación:** En el año 1983 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Abril de 95.50 mm.

**Tabla 31.** Datos meteorológicos del año 1987 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1987	1	5
1987	2	22
1987	3	0
1987	4	0
1987	5	0
1987	6	0
1987	7	0.01
1987	8	0.01
1987	9	0.01
1987	10	5.9
1987	11	0.6
1987	12	0

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



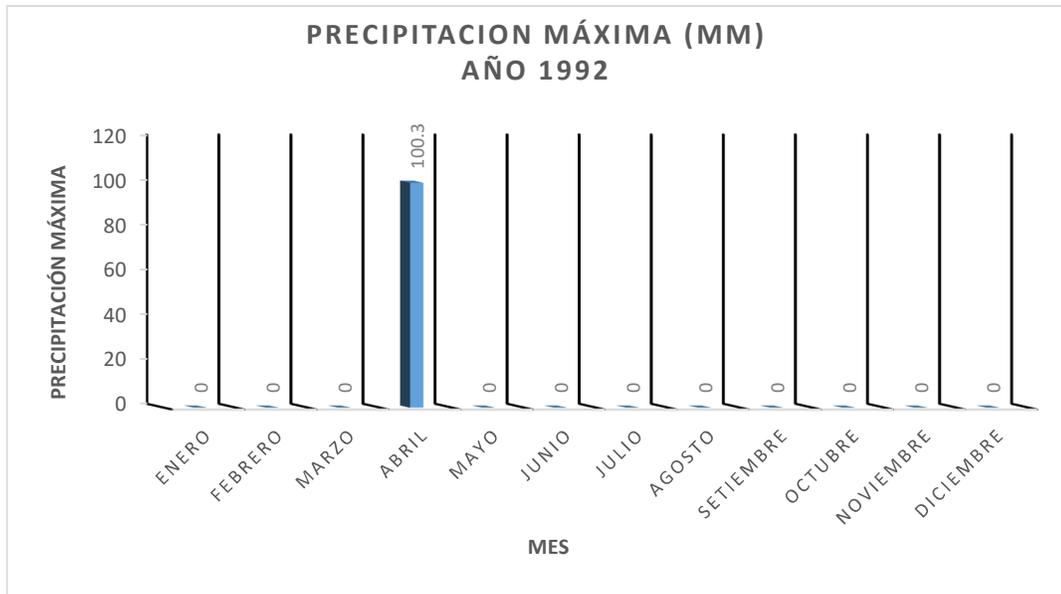
**Figura 34.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1987.

**Interpretación:** En el año 1987 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Febrero de 22.00 mm.

**Tabla 32.** Datos meteorológicos del año 1992 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1992	1	0.00
1992	2	0.00
1992	3	0.00
1992	4	100.30
1992	5	0.00
1992	6	0.00
1992	7	0.00
1992	8	0.00
1992	9	0.00
1992	10	0.00
1992	11	0.00
1992	12	0.00

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



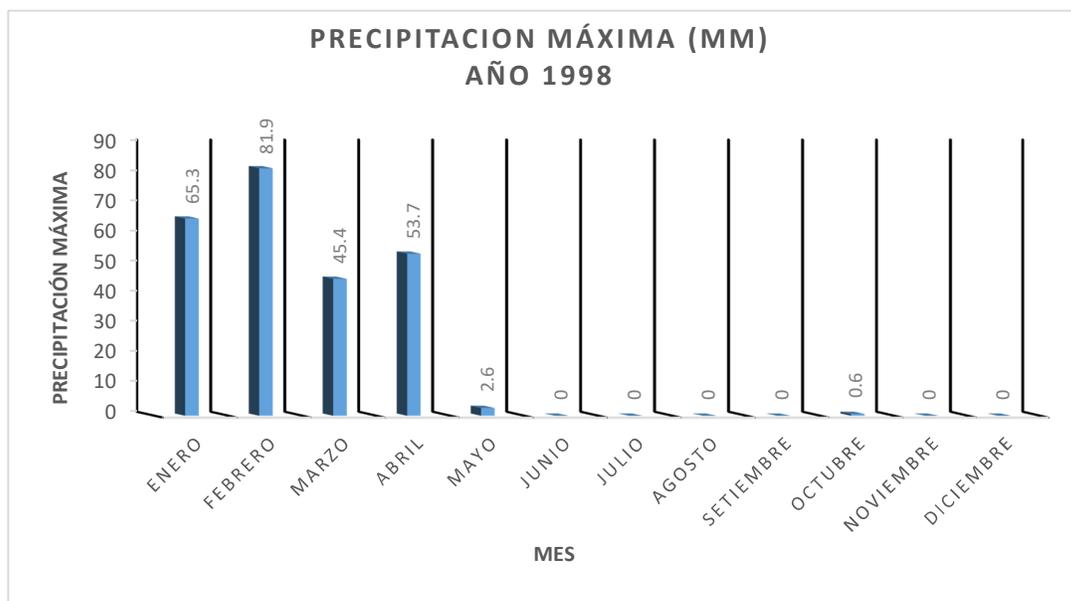
**Figura 35.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1992.

**Interpretación:** En el año 1992 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Abril de 100.30 mm, en los demás meses no hubieron lluvias.

**Tabla 33.** Datos meteorológicos del año 1998 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
1998	1	65.30
1998	2	81.90
1998	3	45.40
1998	4	53.70
1998	5	2.60
1998	6	0.00
1998	7	0.00
1998	8	0.00
1998	9	0.00
1998	10	0.60
1998	11	0.00
1998	12	0.00

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



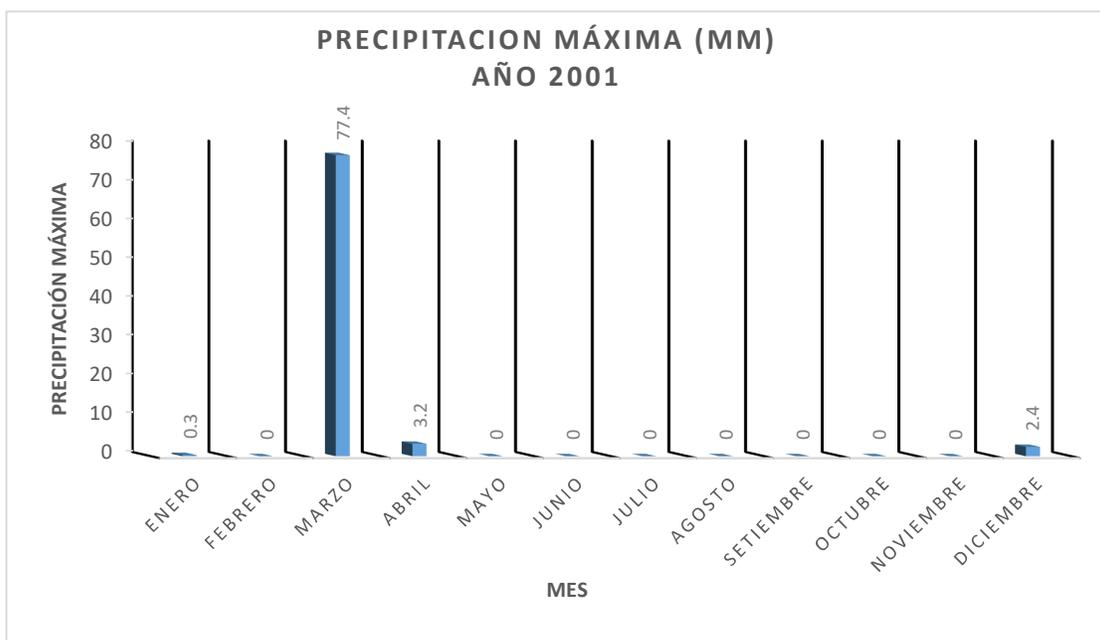
**Figura 36.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 1998.

**Interpretación:** En el año 1998 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Febrero de 81.90 mm.

**Tabla 34.** Datos meteorológicos del año 2001 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2001	1	0.30
2001	2	0.00
2001	3	77.40
2001	4	3.20
2001	5	0.00
2001	6	0.00
2001	7	0.00
2001	8	0.00
2001	9	0.00
2001	10	0.00
2001	11	0.00
2001	12	2.40

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



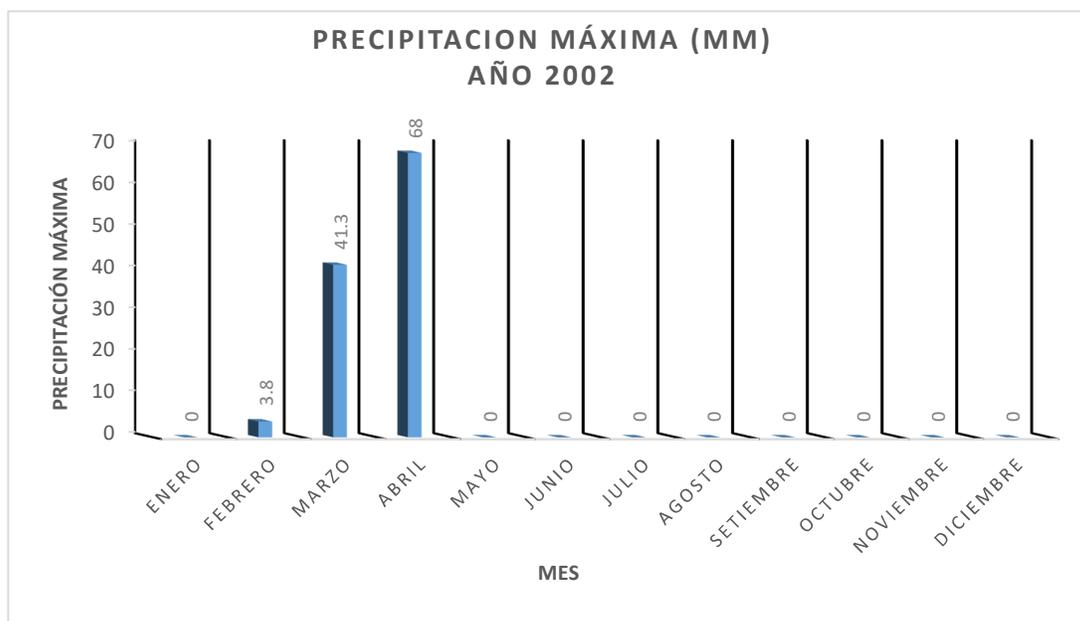
**Figura 37.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2001.

**Interpretación:** En el año 2001 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Marzo de 77.40 mm.

**Tabla 35.** Datos meteorológicos del año 2002- Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2002	1	0.00
2002	2	3.80
2002	3	41.30
2002	4	68.00
2002	5	0.00
2002	6	0.00
2002	7	0.00
2002	8	0.00
2002	9	0.00
2002	10	0.00
2002	11	0.00
2002	12	0.00

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



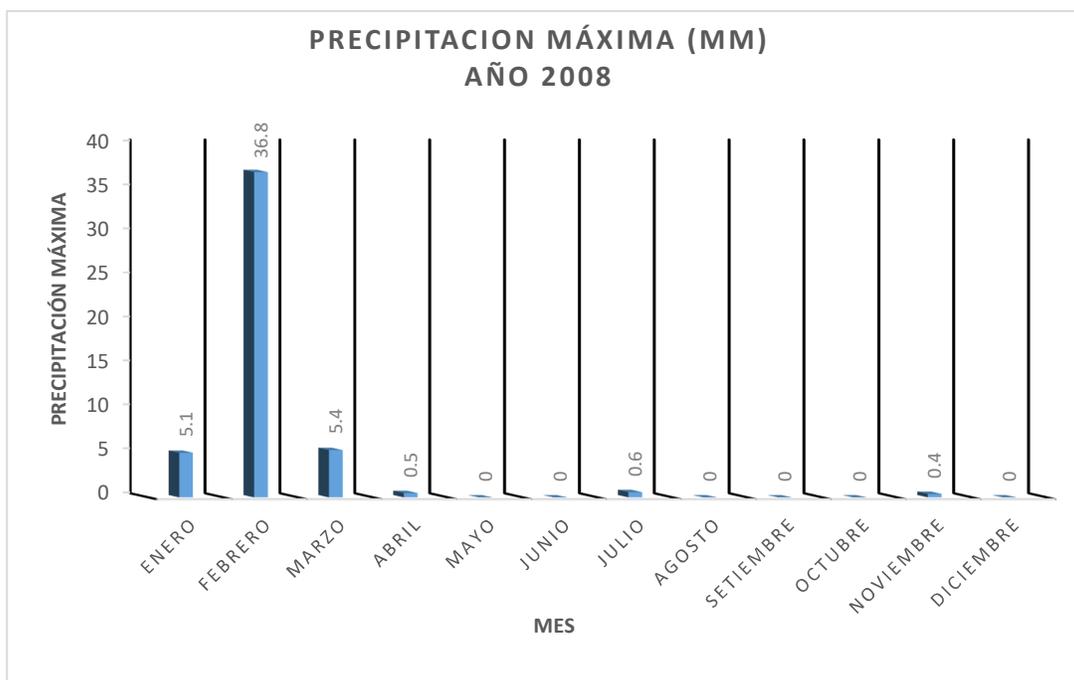
**Figura 38.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2002.

**Interpretación:** En el año 2002 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Abril de 68.00 mm.

**Tabla 36.** Datos meteorológicos del año 2008 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2008	1	5.1
2008	2	36.8
2008	3	5.4
2008	4	0.5
2008	5	0
2008	6	0
2008	7	0.6
2008	8	0
2008	9	0
2008	10	0
2008	11	0.4
2008	12	0

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



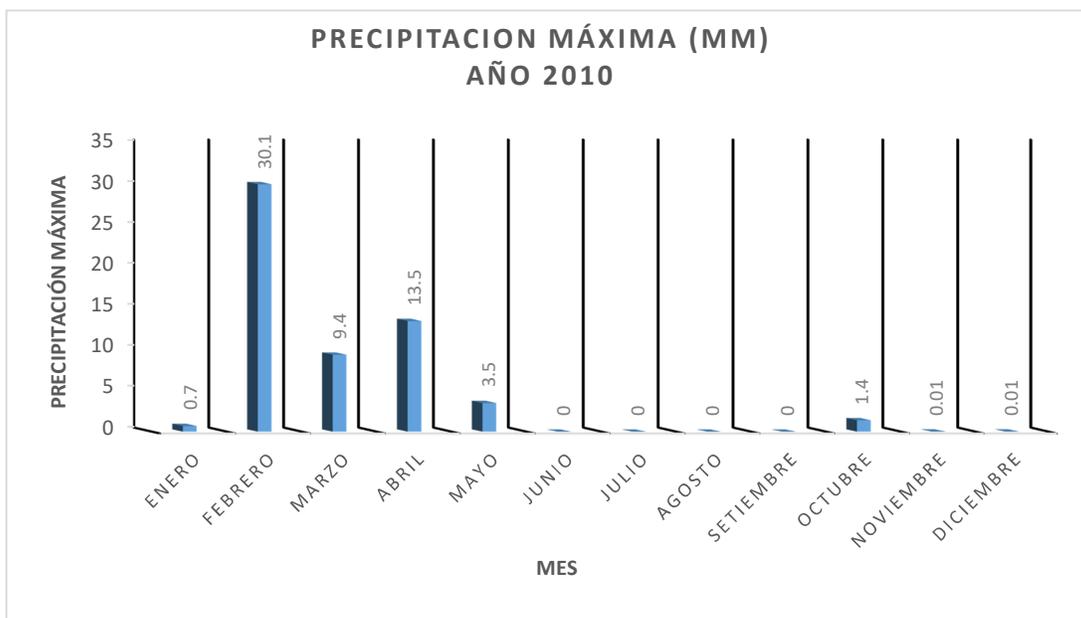
**Figura 39.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2008.

**Interpretación:** En el año 2008 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Febrero de 36.80 mm.

**Tabla 37.** Datos meteorológicos del año 2010 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2010	1	0.7
2010	2	30.1
2010	3	9.4
2010	4	13.5
2010	5	3.5
2010	6	0
2010	7	0
2010	8	0
2010	9	0
2010	10	1.4
2010	11	0.01
2010	12	0.01

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



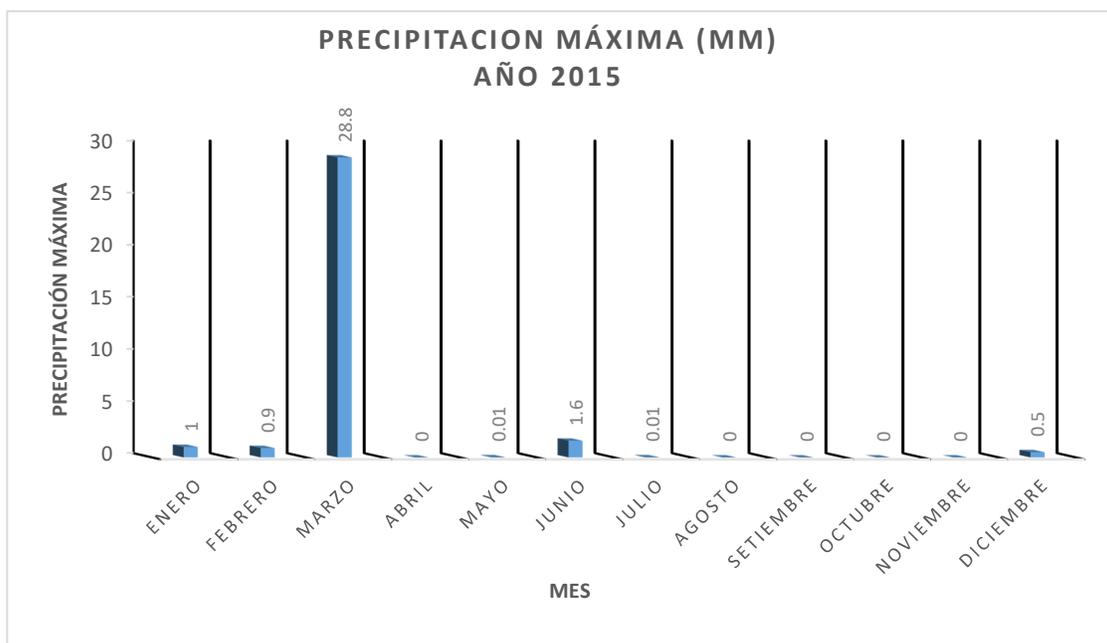
**Figura 40.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2010.

**Interpretación:** En el año 2010 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Febrero de 30.10 mm.

**Tabla 38.** Datos meteorológicos del año 2015 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2015	1	1
2015	2	0.9
2015	3	28.8
2015	4	0
2015	5	0.01
2015	6	1.6
2015	7	0.01
2015	8	0
2015	9	0
2015	10	0
2015	11	0
2015	12	0.5

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



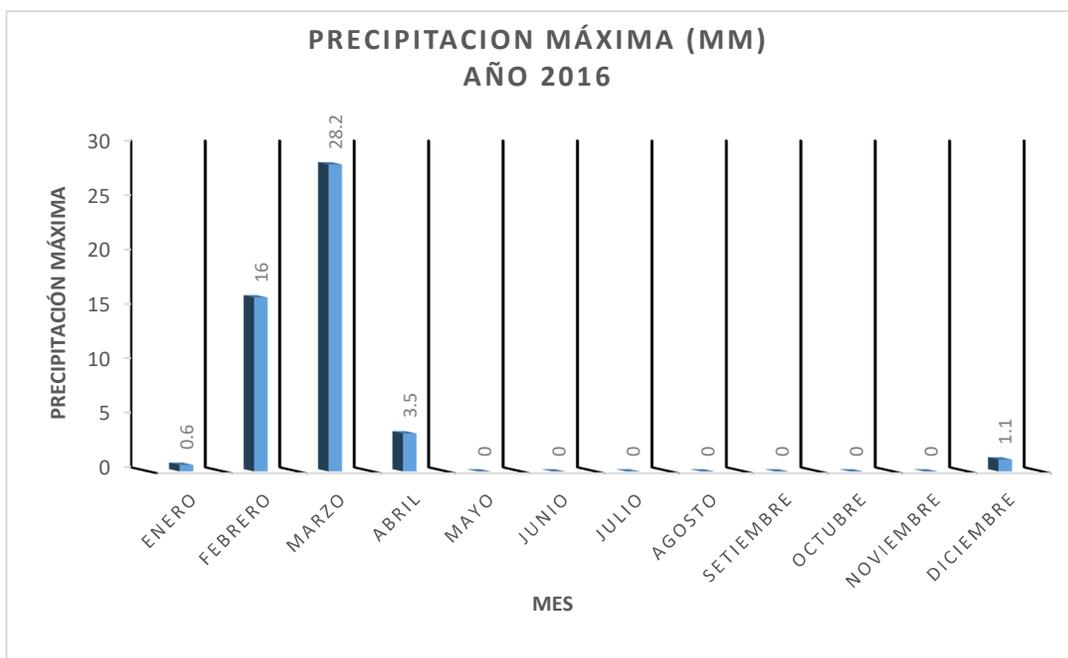
**Figura 41.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2015.

**Interpretación:** En el año 2015 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Marzo de 28.80 mm.

**Tabla 39.** Datos meteorológicos del año 2016 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2016	1	0.6
2016	2	16
2016	3	28.2
2016	4	3.5
2016	5	0
2016	6	0
2016	7	0
2016	8	0
2016	9	0
2016	10	0
2016	11	0
2016	12	1.1

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



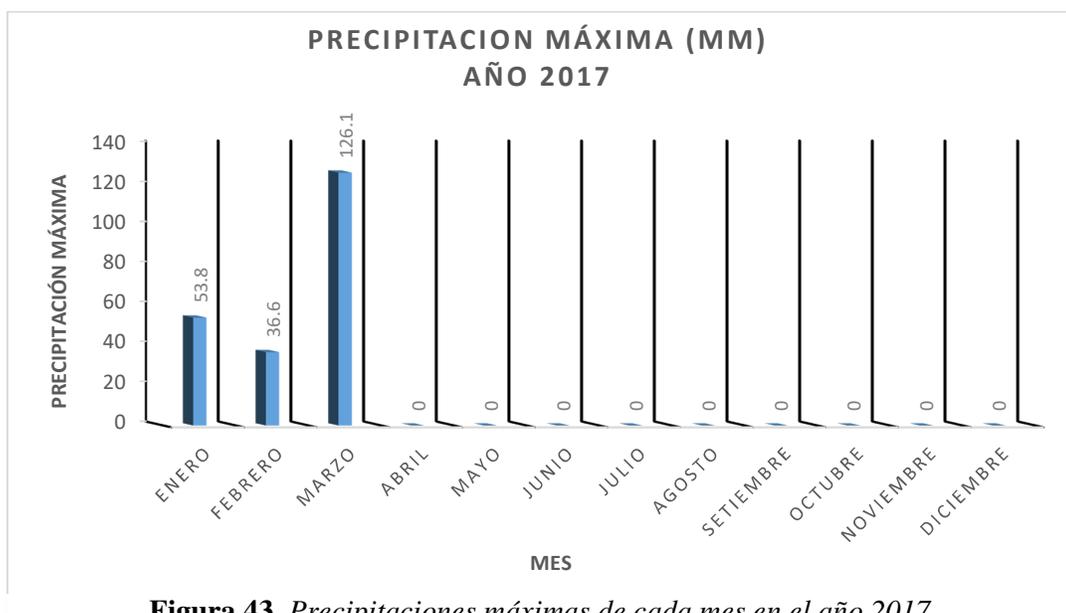
**Figura 42.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2016.

**Interpretación:** En el año 2016 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Marzo de 28.20 mm.

**Tabla 40.** Datos meteorológicos del año 2017 - Estación San Miguel.

AÑO	MES	PRECIPITACION MÁXIMA (mm)
2017	1	53.80
2017	2	36.60
2017	3	126.10
2017	4	0.00
2017	5	0.00
2017	6	0.00
2017	7	0.00
2017	8	0.00
2017	9	0.00
2017	10	0.00
2017	11	0.00
2017	12	0.00

**Fuente:** SENAMHI – ESTACION SAN MIGUEL.



**Figura 43.** Precipitaciones máximas de cada mes en el año 2017.

**Interpretación:** En el año 2017 se obtuvo una precipitación máxima ocurrido en el mes de Marzo de 126.10 mm.

b) ENSAYOS DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 calicata x km</li> </ul>	

Figura 44. Número de Calicatas para la Exploración de Suelos.

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013.



**MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

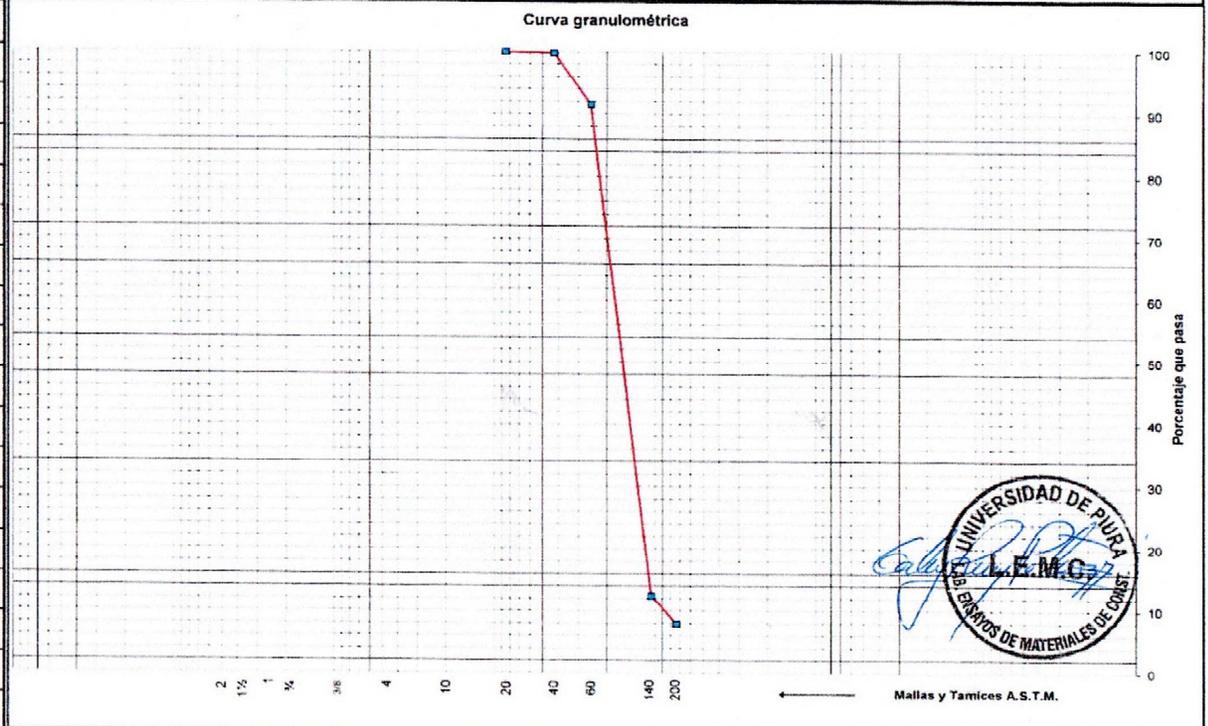
Norma: NTP 339.128 1999

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Orden de servicio N° : 21934  
Informe N° : 183513  
Fecha de ensayo : 18/09/2018  
Realizó el ensayo : Téc. Wigberto Lazo C

Solicitante : WILSON JEAN MARCO RONDOY RIMAYCUNA Ubicación : Piura Muestreo realizado por : El solicitante  
Obra : Diseño del Geodren como sistema de sub drenaje en el camino vecinal Buenos Aires " EMP. PI - 1020" Km. 0+000 al Km. 1+000 Catacaos - Piura  
Procedencia : Progresiva Km. 0+500, prof. 1.50 m. N9417444 E529732

Abertura mm	Tamiz ASTM	Contenido (g)	Retenido parcial %	Retenido total %	Pasa %
76.2	3 "				
50.8	2 "				
38.1	1 1/2"				
25.4	1 "				
19.1	3/4 "				
9.5	3/8 "				
4.76	4				
2	10				
0.85	20	0	0.00	0.00	100
0.425	40	1.5	0.25	0.25	100
0.25	60	49.7	8.28	8.53	91
0.106	140	474.6	79.10	87.63	12
0.074	200	27.1	4.52	92.15	8
	Fondo	44.9			
	Total	597.8			
	Peso inicial	600.0			
	Pérdida	2.2			



Supervisó el ensayo: Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912

Descripción de la muestra: Clasificación AASHTO: A-3 (0)  
Presenta 92 % de arena fina y 8 % de finos limosos no plásticos. Muestra de color marrón olivo claro  
Clasificación SUCS: SP-SM

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC- UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC- UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Figura 45. Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico.

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP



**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN**  
**LÍMITES LÍQUIDO - PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS**  
 Norma: NTP 339.129 1999

Orden de servicio N° : 21934  
 Informe N° : 183517  
 Fecha de recepción : 04/09/2018  
 Fecha de ensayo : 11/09/2018  
 Fecha de emisión : 14/09/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: WILSON JEAN MARCO RONDOY RIMAYCUNA
Obra	: Tesis: Diseño del Geodren como sistema de sub drenaje en el camino vecinal Buenos Aires "EMP PI - 1020" Km. 0+000 al Km. 1+000 - Catacaos - Piura.
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: Progresiva Km. 0+500, prof: 1.50 m. N 9417444 E 529732

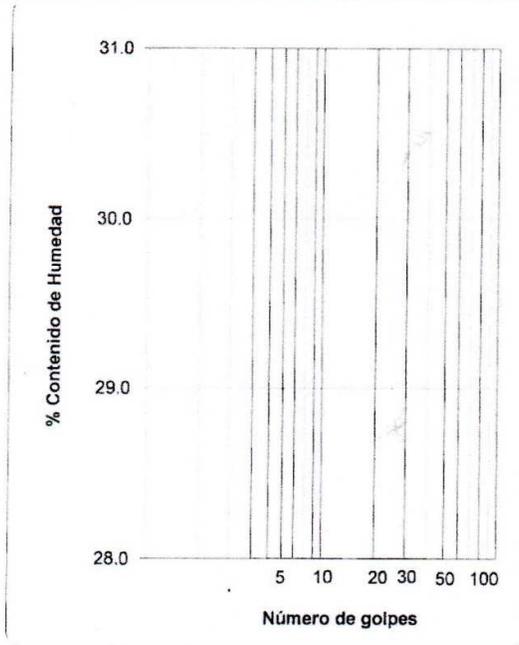
**RESULTADOS:**

**LÍMITE LÍQUIDO**

Peso húmedo							
Peso seco							
Peso de agua							
Porcentaje de humedad							
Número de golpes							

**LÍMITE PLÁSTICO**

Peso húmedo							
Peso seco							
Peso de agua							
Porcentaje de humedad							



**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 (Fracción que pasa tamiz N° 40)  
 Muestra no plástica  
 Muestra de color marrón olivo claro.

Clasificación AASHTO: A-3

LÍMITE LÍQUIDO L. L.	NP
LÍMITE PLÁSTICO L. P.	NP
ÍNDICE PLÁSTICO I. P.	NP

Realizó el ensayo: Téc. Wigberto Lazo C.

Gaby Ruiz Petrozzi  
 Ingeniero Civil  
 CIP 46912  
 Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

**Figura 46. Límites Líquido - Plástico - Índice de Plasticidad de Suelos.**

**Fuente:** Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO  
DE HUMEDAD DEL SUELO**  
Norma: NTP 339.127 1998

Orden de servicio N° : 21954  
Informe N° : 183514

Fecha de recepción : 14/09/2018  
Fecha de ensayo : 14/09/2018  
Fecha de emisión : 18/09/2018  
Clasificación AASHTO : A-3 (0)

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

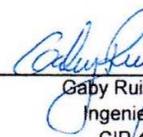
Solicitante	: WILSON JAEN MARCO RONDOY RIMAYCUNA
Obra	: Tesis "Diseño del Geodren como sistema de sub drenaje en el camino vecinal Buenos Aires "EMP PI - 1020" Km. 0+000 al Km. 1+000 - Catacaos - Piura
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El Solicitante
Procedencia	: Progresiva Km. 0+500, prof: 1.50 m. N 9417444 E 529732

RESULTADOS:

Identificación de la muestra/prof. (m)	Porcentaje de humedad
1.50	17.4

Observaciones: --

Realizó el ensayo : Téc. Wigberto Lazo C.  
Supervisó el ensayo : ---

  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

**Figura 47. Contenido de Humedad del Suelo.**

**Fuente:** Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP



PRUEBA DE PERMEABILIDAD EN SUELOS GRANULARES  
MÉTODO DE CARGA CONSTANTE  
Norma: ASTM D2434

Orden de servicio N° : 21934  
Informe N° : 183515  
  
Fecha de recepción : 04/09/2018  
Clasificación AASHTO : A-3 (0)  
Fecha de ensayo : 02/10/2018  
Fecha de emisión : 04/10/2018

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: WILSON JEAN MARCO RONDOY RIMAYCUNA
Obra	: Tesis: Diseño del Geodren como sistema de Sub drenaje en el camino vecinal Buenos Aires "EMP PI - 1020" Km. 0+000 al 1+000 Catacaos - Piura
Ubicación	: Catacaos - Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: Muestra de obra, progresiva Km. 0+500, prof. 1.50 m. N 9417444 E 529732

Datos de la muestra:

Diámetro (cm):	15.35	Peso (g) :	3223.0	Humedad al aire (%):	13.01
Área (cm <sup>2</sup> ):	185.06	Fluido:	Agua potable	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ):	1.72
Altura (cm):	8.96	G.S.:	2.65	Relación de vacíos:	0.54

RESULTADOS:

Prueba N°	Carga de agua h (cm)	Q (cc)	Tiempo de descarga t (s)	Temperatura (°C)	K20 (cm/s)
1	191.5	160.0	300	22.3	1.35E-04
2	191.5	157.0	300	22.3	1.32E-04
3	191.5	156.0	300	22.2	1.31E-04

Observaciones: *Muestra remoldeada al 100% de máx, densidad seca del proctor modificado.*

Realizó el ensayo : Téc. Wigberto Lazo C.  
Presenció el ensayo : ---

*Gaby Ruiz*  
Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

Figura 48. Prueba de Permeabilidad en Suelos Granulares.

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP



**PRUEBA DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**  
Norma: NTP 339.141 1999

Orden de servicio	: 21934	Fecha de recepción	: 14/09/2018
Informe N°	: 183516	Fecha de ensayo	: 25/09/2018
Clasificación AASHTO	: A-3 (0)	Fecha de emisión	: 26/09/2018

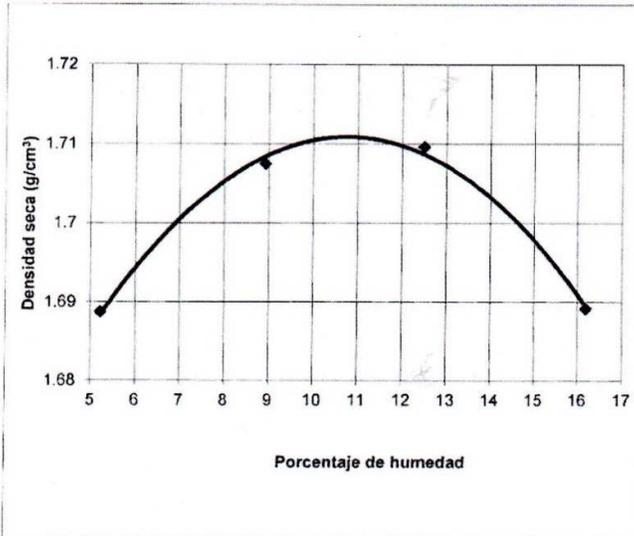
**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

Solicitante	: WILSON JEAN MARCO RONDOY RIMAYCUNA
Obra	: Tesis "Diseño del Geodren como sistema de sub drenaje en el camino vecinal Buenos Aires "EMP. PI - 1020" Km. 0+000 al 1+000 Catacaos - Piura
Ubicación	: Piura
Muestreo realizado por	: El solicitante
Procedencia	: Arena fina, progresiva Km. 0 + 500, prof. 1.50 m. N9417444 E529732

**CONDICIONES DEL ENSAYO:**

Procedimiento utilizado:	A	Método de preparación:	Húmedo
Molde N°:	2	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ):	942.6
Peso del molde (g):	4455	Altura de caída (pulg.):	18
N° de capas:	5	N° de golpes por capa:	25
Peso del martillo (lb):	10		

Punto N°	I	II	III	IV	V
Peso de molde + suelo húmedo (g)	6130	6208	6268	6305	
Cápsula para humedad N°	1a	2a	3a	4a	
Peso de cápsula (g)	163	204.2	186.9	174.9	
Peso de cápsula + suelo húmedo (g)	589.9	598.6	548.6	732.5	
Peso de cápsula + suelo seco (g)	568.7	566.3	508.4	654.8	
Porcentaje de humedad	5.23	8.92	12.50	16.19	
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.69	1.71	1.71	1.69	



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.71
Humedad óptima (%)	11.0

*Gaby Ruiz Petroski*  
UNIVERSIDAD DE PIURA  
LEMC  
Gaby Ruiz Petroski  
Ingeniero  
CIP 46912  
Responsable

Realizó el ensayo : Téc. Wigberto Lazo C.  
Presenció el ensayo : ---

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

**Figura 49. Prueba de Compactación Proctor Modificado.**

**Fuente:** Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - UDEP

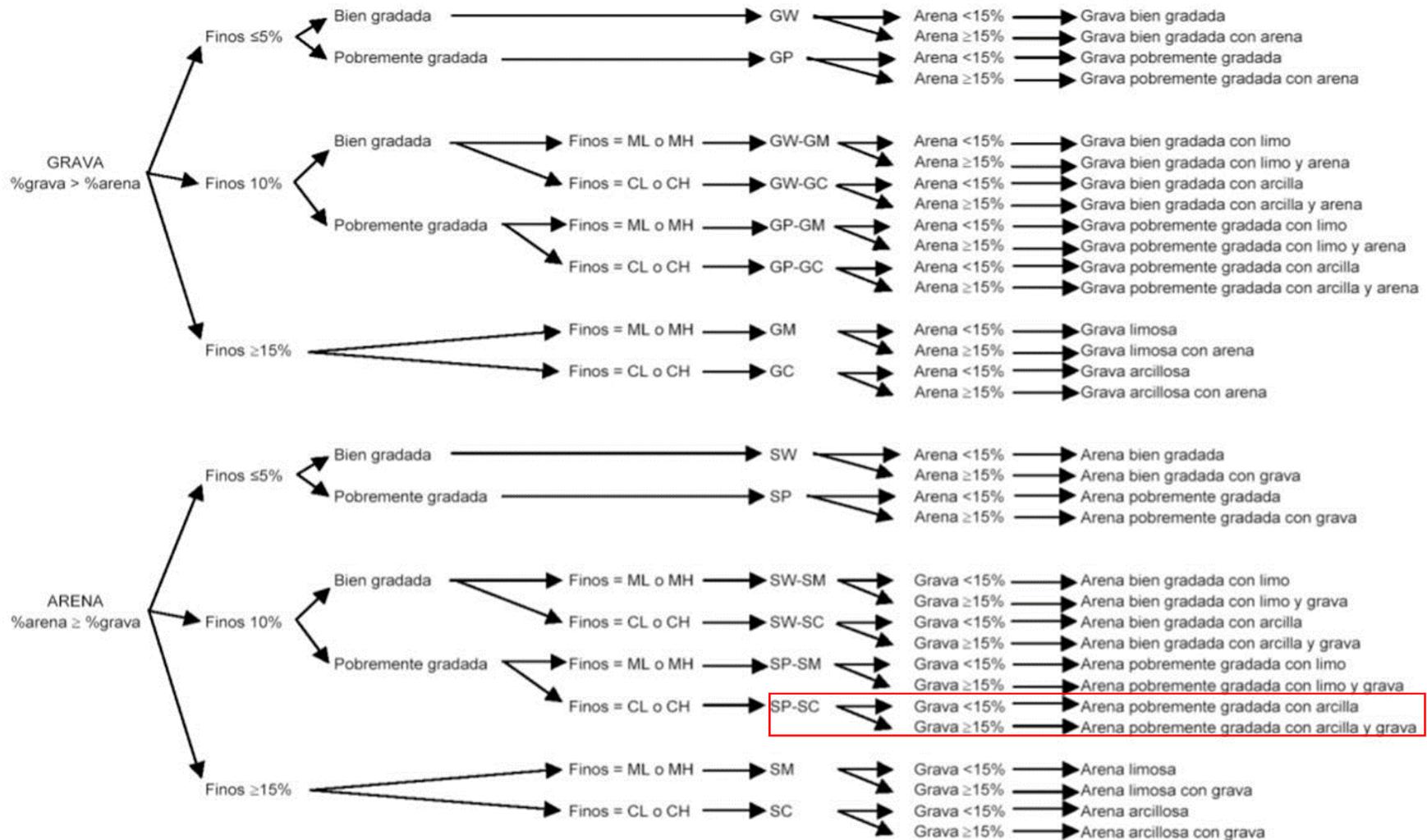


Figura 50. Clasificación del tipo de suelo según SUCS.

Fuente: ASTM D2487-98.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-7-6				
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP  $\geq$  30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

**Figura 51.** Clasificación del tipo de suelo según AASHTO.

**Fuente:** American Association of State Highway Officials - AASTHO

## ANEXO 04: VALIDACIONES

### Validación de Instrumentos



#### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Jose Manuel Cabrera H. con DNI N° 18170321 Magister en  
Gestion Publica  
 N° CIP: 63254 de profesión Ingeniero Civil  
 Desempeñándome actualmente como Consultor de Obras  
 en Proyectos de Ingeniería

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. José Manuel Cabrera Huertas  
CONSULTOR DE OBRAS

Ing. José Manuel Cabrera Huertas

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Jose Manuel Cabrera H. con DNI N° 18140321 Magister en Gestión Pública  
 N° CIP: 63254, de profesión Ingc. Civil  
 Desempeñándome actualmente como Consultor de Obras  
 en Proyectos de Ingeniería

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad			X		
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia			X		
8. Coherencia			X		
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. José Manuel Cabrera Huertas  
CONSULTOR DE OBRAS  
REG. N° C4113

Ing. José Manuel Cabrera Huertas



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Jose Manuel Cabrera H. con DNI N° 18140321..... Magister en  
Gestión Pública  
 N° CIP: 63254, de profesión Ingeniero Civil  
 Desempeñándome actualmente como Consultor de Obras  
 en Proyectos de Ingeniería

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad				X	
2. Objetividad				X	
3. Actualidad				X	
4. Organización			X		
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad				X	
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología			X		

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. José Manuel Cabrera Huertas  
CONSULTOR DE OBRAS  
REG. N° C4113

Ing. José Manuel Cabrera Huertas

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Hector H. Yauri Quispe con DNI N° 09750980 Magister en  
Ing. Ambiental  
 N° CIP: 64899, de profesión Ing. Meteorólogo  
 Desempeñándome actualmente como Docente curso Practicas Investigación  
 en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

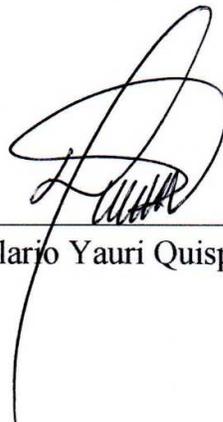
Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia			X		
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. Héctor Hilario Yauri Quispe

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Hector H. Yauri Quispe con DNI N° 09750980 Magister en  
Ing. Ambiental

N° CIP: 64899, de profesión Ing. Meteorólogo

Desempeñándome actualmente como Docente Práctica Desarrollo de Investigación  
 en Universidad César Vallejo

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

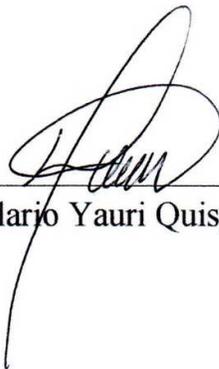
Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia				X	
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. Héctor Hilario Yauri Quispe

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Hector H. Yauri Quispe... con DNI N° 09750980... Magister en  
Ing. Ambiental  
 N° CIP: 64899..., de profesión Ing. Meteorólogo  
 Desempeñándome actualmente como Docente Practica Desarrollo Investigación  
 en Universidad César Vallejo.....

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad			X		
2. Objetividad			X		
3. Actualidad				X	
4. Organización				X	
5. Suficiencia			X		
6. Intencionalidad			X		
7. Consistencia				X	
8. Coherencia			X		
9. Metodología				X	

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Ing. Héctor Hilario Yauri Quispe

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Mario Martín Varguez Sarango con DNI N° 02709470 Magister en  
Residencias de abonos Públicos y Privados  
 N° CIP: 46913 de profesión Ingeniero Civil  
 Desempeñándome actualmente como Gerente General  
 en Sociedad de Negocios y Servicios SRL.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

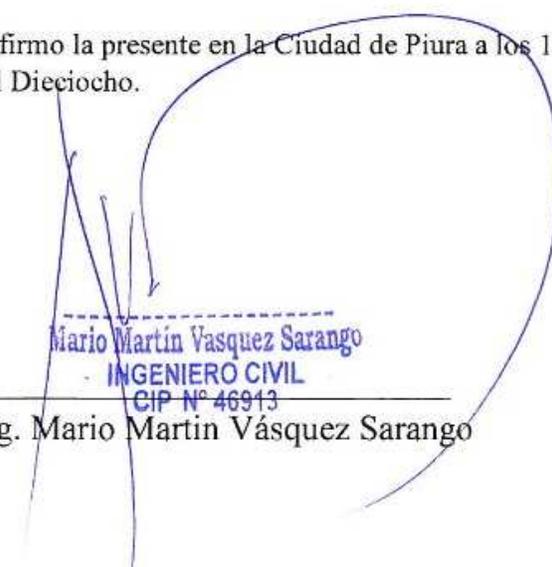
Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

Fórmulas, tablas, nomogramas y manual de diseño de Pavco para determinar el tipo de geotextil adecuado, el número de geored (es) y la tubería correspondiente.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Mario Martín Vásquez Sarango  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 46943  
 Ing. Mario Martín Vásquez Sarango

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Mario Martín Vargas Sampa con DNI N° 02709470 Magister en  
Residencia de Obras Públicas y Privadas  
 N° CIP: 46913, de profesión Ingeniero Civil  
 Desempeñándome actualmente como Gerente General  
 en Sociedad de Negocios y Servicios SRL

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

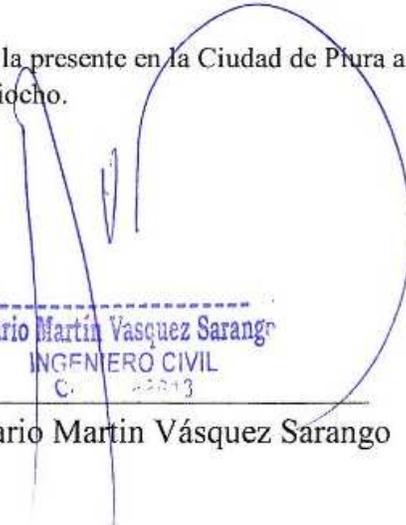
Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

Fichas de laboratorio (Excel) para determinar los parámetros volumétricos y gravimétricos del suelo a nivel subrasante.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Mario Martín Vásquez Sarango  
INGENIERO CIVIL  
C. 42213

Ing. Mario Martín Vásquez Sarango

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Mano Martín Larguez Sarango con DNI N° 02709470 Magister en Residencias de Obras Públicas y Privadas  
 N° CIP: 46913, de profesión Ingeniero Civil  
 Desempeñándome actualmente como Gerente General  
 en Sociedad de Negocios y Servicios S.R.L.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

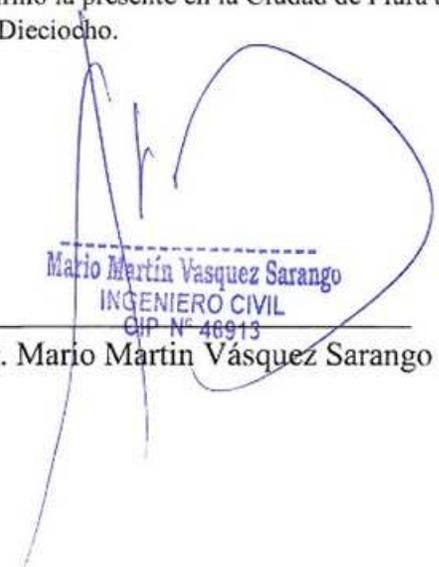
Guías de Pautas y Cuestionario

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

Planos de ubicación, de perfil longitudinal y de secciones transversales como resultado del levantamiento topográfico.	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia					X
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia					X
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la Ciudad de Piura a los 15 días del mes de noviembre del Dos mil Dieciocho.



Mario Martín Vásquez Sarango  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 46913  
 Ing. Mario Martín Vásquez Sarango

**ANEXO 05: EVIDENCIAS**



**Figura 52.** *Camino Vecinal Buenos Aires. Abcisa 0+000.*  
**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 53.** *Presencia de vegetación en ambas márgenes del camino vecinal Buenos Aires.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 54.** *Presencia de humedad por la existencia de vegetación en la margen izquierdo del camino vecinal Buenos Aires, abscisa 0+300.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 55.** *Presencia de fallas y/o daños en el camino vecinal por el exceso de agua en su estructura misma.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 56.** *Presencia de vegetación en el camino vecinal Buenos Aires, abcisa 0+550.*  
**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 57.** *Presencia de agua a través de la naturaleza existente en el camino vecinal Buenos Aires.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 58.** *Presencia de una pequeña laguna de agua en el Km 1+000 del camino vecinal Buenos Aires.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 59.** *Final del tramo del camino vecinal Buenos Aires, Km 1+000.*

**Fuente:** *Elaboración Propia, 2018.*



**Figura 60.** *Delimitación de la calicata de 1.00 \* 1.00 m con yeso.*



**Figura 61.** *Excavación de la calicata en el Km 0+500.*



**Figura 62.** Realización de la calicata de 1.00\*1.00\*1.50 m.



**Figura 63.** Calicata con una profundidad de 1.50 m.



**Figura 64.** *Visualización final de la calicata en el Km 0+500.*



**Figura 65.** *Exploración del terreno en la zona de estudio.*



**Figura 66.** Reposición del material extraído de la calicata en el Km 0+500.



**Figura 67.** Levantamiento Topográfico en el inicio del tramo (Km 0+000).



**Figura 69.** Levantamiento topográfico tomando como punto de referencia el Puente Buenos Aires.



**Figura 68.** Levantamiento topográfico en el Km 0+500.



**Figura 70.** Levantamiento del eje del camino vecinal en el Km 0+300.



**Figura 71.** Levantamiento del lado derecho del camino en el Km 0+600.

## ANEXO 06: DOCUMENTO DE SIMILITUD

Feedback Studio - Google Chrome  
https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=1&lang=es&student\_user=18&u=1074160210&o=979250856

feedback studio Harold Eduardo CALLAN BACA TESIS -- /0 ?



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“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 – Piura, 2018”

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

**AUTORES:**  
CALLAN BACA, HAROLD EDUARDO.  
RONDOY RIMAYCUNA, WILSON JEAN MARCO.

**Resumen de coincidencias** ✕

19 %

Se están viendo fuentes estándar

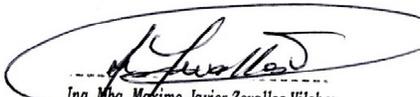
Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	dspace.ucuenca.edu.ec <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
2	tesis.ucsm.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
3	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %	>
4	pt.scribd.com <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
5	repositorio.unc.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	1 %	>
6	repositorio.unprg.edu.pe	1 %	>

Página: 1 de 183    Número de palabras: 27103    Text-only Report    High Resolution    Activado

ES    10:31 a.m.    22/04/2019

  
Ing. Mba. Maximo Javier Zevallos Vilchez  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP N° 38439



## ANEXO 07: ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

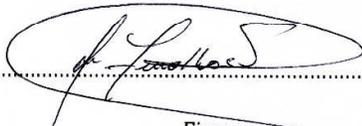
Yo,

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

**“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 - PIURA, 2018”** de los estudiantes **CALLAN BACA HAROLD EDUARDO** y **RONDOY RIMAYCUNA WILSON JEAN MARCO**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **19 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

PIURA, 25 DE MARZO DEL 2019

  
.....  
Firma

Mg. MAXIMO JAVIER ZEVALLOS VILCHEZ

DNI: 03839229



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

**ANEXO 08: AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE          TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL          UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo **CALLAN BACA, HAROLD EDUARDO** identificado con DNI N° 73198321 y **RONDOY RIMAYCUNA, WILSON JEAN MARCO** identificado con DNI N° 75800255, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizamos ( **X** ), No autorizamos ( ) la divulgación y comunicación pública de nuestro trabajo de investigación titulado **"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-PIURA, 2018"** ; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

  
 \_\_\_\_\_  
 CALLAN BACA HAROLD E.  
 DNI N° 73198321

  
 \_\_\_\_\_  
 RONDOY RIMAYCUNA WILSON JEAN M.  
 DNI N° 75800255



FECHA: 25 de marzo del 2019

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

## ANEXO 09: AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



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

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTAN:

**CALLAN BACA HAROLD EDUARDO**

**RONDOY RIMAYCUNA WILSON JEAN MARCO**

INFORME TITULADO:

“DISEÑO DEL GEODREN COMO SISTEMA DE SUBDRENAJE EN EL CAMINO VECINAL BUENOS AIRES (EMP PI – 1020) KM 0+000 A KM 1+000, CATACAOS – PIURA – PIURA, 2018”.

PARA OBTENER EL GRADO O TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

SUSTENTADO EN FECHA: 25 DE MARZO DEL 2019

NOTA O MENCIÓN: **CALLAN BACA HAROLD EDUARDO** 16 (DIECISEIS)  
**RONDOY RIMAYCUNA WILSON JEAN MARCO** 16 (DIECISEIS)

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



**PLANO DE UBICACIÓN – TOPOGRÁFICO DE LA  
ZONA DE ESTUDIO**

**PLANO DE PERFIL LONGITUDINAL DE VISTA EN  
PLANTA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

## **PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES (ST)**