

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE INSTALACIÓN DE SUBDRENES EN  
SUELOS FINOS PARA LA EVACUACIÓN DE AGUAS  
SUBSUPERFICIALES EN ÁREAS DE RELLENO  
SANITARIO”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. PEREZ TORIBIO, Katherin

**Línea de Investigación Institucional:**

Salud y Gestión de la Salud

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS MIEMBROS DEL JURADOS

---

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA  
PRESIDENTE

---

JURADO

---

JURADO

---

JURADO

---

Mg. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE

**ASESOR**

Ing. RANDO PORRAS OLARTE

## **DEDICATORIA**

A mis padres y hermano, por su amor incondicional, sus enseñanzas y el ejemplo de progreso, esfuerzo y nobleza que me inspiran para seguir adelante

A mis queridos abuelitos Samuel y Epifanía que con la gracia de dios los tengo a mi lado y que me dan la fuerza y motivación para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, porque siempre está conmigo día a día, cuidándome y dándome fortaleza y salud para continuar con las metas que me he propuesto.

A mis familiares y amistades por los consejos y enseñanzas que me brindan para poder seguir esforzándome día a día y seguir cumpliendo mis objetivos.

## ÍNDICE

Contra portada .....	ii
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS MIEMBROS DEL JURADOS .....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE .....	vii
INDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	xvii
CAPÍTULO I.....	18
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	18
1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.2. Formulación y sistematización del problema.....	19
1.2.1. Problema general .....	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. Justificación.....	19
1.3.1. Práctica o Social .....	19
1.3.2. Metodológica .....	19
1.4. Delimitaciones.....	20
1.4.1. Espacial .....	20
1.4.2. Temporal.....	21
1.4.3. Económica.....	21
1.5. Limitaciones .....	21
1.6. Objetivos .....	21
1.6.1. Objetivo general.....	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21
CAPITULO II .....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 Antecedentes .....	22
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	22

2.1.2	Antecedentes nacionales.....	24
2.2	Marco Conceptual .....	26
2.2.1	El drenaje y sub drenaje .....	26
2.2.2	Funciones básicas del drenaje sub superficial.....	26
2.2.3	Fuentes de aguas sub superficial. ....	27
2.2.4	Requerimiento de obras de subdrenaje. ....	27
2.2.5	Sistema de drenajes sub superficial .....	27
2.2.6	Materiales para la construcción de un subdrén. ....	33
2.3	Definición de términos.....	42
2.4	Hipótesis .....	44
2.4.1	Hipótesis general .....	44
2.4.2	Hipótesis específicos .....	44
2.5	Variables .....	44
2.5.1	Definición conceptual de la variable .....	44
2.5.2	Definición operacional de las variables.....	45
CAPÍTULO III .....		46
METODOLOGÍA .....		46
3.1	Metodología de la investigación. ....	46
3.2	Tipo de investigación.....	46
3.3	Nivel de investigación.....	46
3.4	Diseño de la investigación.....	46
3.5	Población de la muestra: .....	47
3.5.1	La Población .....	47
3.5.2	La Muestra:.....	47
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
3.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	47
3.6.1.1	Diseño del sistema de subdrenes en suelos finos.....	47
3.6.1.2	Trabajo en gabinete.....	48
3.6.1.3	Proceso constructivo del sistema de subdrenes .....	61
3.6.2	Instrumentos de recolección de datos .....	65
3.7	Procesamiento y análisis de datos.....	65
3.8	Aspectos éticos de la Investigación.....	65
CAPITULO IV.....		66

RESULTADOS.....	66
4.1 Determinar la relación de la instalación de sub drenes entre los suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018.....	66
4.2 Diseño del método de subdrenes a instalar en función de los suelos finos .....	67
4.2.1 Estudio climatológico:.....	67
4.2.2 Mecánica de suelo .....	70
4.2.3 Coeficiente de permeabilidad (ver anexo N°08).....	73
4.2.4 Diseño de análisis de sub drenaje.....	75
4.2.5 Características hidrogeológicas: .....	75
4.3 El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función de los suelos finos.....	78
4.2.1 Caudal de diseño .....	78
4.2.2 Resumen de las características del subdren. ....	80
4.4 Proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función de los suelos finos. ....	80
CAPITULO V.....	82
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	82
5.1 La instacion de subdrenes de aguas sub superficiales se relacionó directamente con los suelos finos y logra evacuar las aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario de Andahuaylas – Apurímac 2018.....	82
5.2 El diseño del método de subdrenes de zanja a instalar en función de suelos finos es el adecuado para evacuar aguas sub superficiales.....	83
5.3 El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función a los suelos finos es el apropiado para evacuar aguas sub superficiales. ....	87
5.4 El proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a los suelos finos cumple los parámetros estipulados por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para evacuar aguas sub superficiales .....	88
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	91



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	92
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	95
ANEXO 02: ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	97
ANEXO 03: INFORMACION METEREOLÓGICA PROCESADA.....	99
ANEXO 04: CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE LOS PARAMETROS DE LA ESTACION DE ANDAHUYALAS .....	105
ANEXO 05: ANALISIS PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS .....	107
ANEXO 06: CALCULO DE CAUDAL - METODO RACIONAL .....	119
ANEXO 07: CALCULO DE IDF .....	121
ANEXO 08 ESTUDIO DE SUELO Y CANTO RODADO .....	125
ANEXO 09: CUADRO DE GEOTEXILES NO TEJIDOS.....	145
ANEXO 10: PROTOCOLOS DE PROCESO CONSTRUCTIVO .....	147
ANEXO 11: PANEL FOTOGRÁFICO.....	151

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1,Requerimientos mínimos de propiedades mecánicas del geotextil - Fuente PAVCO .....	37
Tabla 2,Requerimiento mínimos de propiedades hidráulicas del geotextil.....	37
Tabla 3,,Especificaciones generales de construcción de carreteras – Artículo 673-07 INVIAS-AASHTO M288-04 .....	40
Tabla 4, Operacionalización de variable .....	45
Tabla 5, Los valores mínimos de los geotextiles son: (ver anexo N°09) .....	59
Tabla 6,Factores de reducción para geotextiles en aplicación de drenajes. ....	60
Tabla 7, Correlación de Pearson.....	66
Tabla 8,Valores de temperatura máxima media mensual °C .....	67
Tabla 9,Valores de temperatura media mensual °C.....	68
Tabla 10, Valores de temperatura mínima media mensual °C.....	68
Tabla 11,Valores promedio de la precipitación total mensual (mm).....	69
Tabla 12, Registro de excavación M-1 .....	70
Tabla 13, Registro de excavación M-2.....	71
Tabla 14, Registro de excavación M-3.....	72
Tabla 15, Resumen de clasificación de las calicatas .....	73
Tabla 16, Rangos de permeabilidad relativos por tipo de suelo.....	73
Tabla 17, Valores de coeficiente de permeabilidad según laboratorio .....	73
Tabla 18, Precipitación máxima en 24horas de la estación de Andahuaylas... 78	
Tabla 19, Calculo de PPM24H según las distribuciones estadísticas analizadas (ver anexo 05).....	78
Tabla 20,Valores de precipitación máximas en 24 horas según Log Normal 3 parámetro (ver anexo 05) .....	79
Tabla 21, Valores de caudal de diseño (ver anexo 06) .....	79
Tabla 22, Cuadro de resumen del dimensionamiento de subdren .....	80
Tabla 23, Lookahead de instalación de subdrenes .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1, Localización general del relleno sanitario de Andahuaylas.....	20
Figura 2, colchones de drenaje colocados debajo de un terraplén .....	28
Figura 3, Esquema de un sub dren de pantalla .....	28
Figura 4,,colocación de sub drenes de penetración.....	29
Figura 5, Pozos de alivio combinados con drenes horizontales.....	30
Figura 6, Diagrama de un Geodren Vial.....	31
Figura 7, Sistema de dren de Zanja .....	32
Figura 8,Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles Tejidos y No Tejidos. ....	34
Figura 9, Paso del agua a través del sistema de filtración .....	38
Figura 10, Paso del agua a través del sistema de filtración. ....	39
Figura 11,Vista de la morfología del área de estudio. ....	47
Figura 12,Vista del suelo arcilloso color plomizo saturado.....	49
Figura 13, Vista de las calicatas donde se encuentran el material saturado .....	50
Figura 14,Se observa un flujo mayor de las paredes saturadas en dirección de la pendiente del terreno. ....	51
Figura 15, Vista del perfil del terreno con presencia del material limo arcilloso saturado. ....	51
Figura 16, Las líneas rojas representa líneas de flujo, la poligonal celeste representa el humedal de la zona.....	52
Figura 17, Sección transversal de un sistema de sub drenaje lateral en vías .....	54
Figura 18,Pendiente vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme). ....	56
Figura 19, Vista de la excavación de subdrenes en la terraza N°03.....	62
Figura 20,Vista del material drenante que está siendo cubierto por el geotextil.....	64
Figura 21,, Se observa el afloramiento de aguas subterráneas en terrazza 02. ....	64
Figura 22,Vista del suelo húmedo en la plataforma de la terraza 03 .....	64
Figura 23, Vista de las terrazas 01 sin presencia de humedad.....	65

Figura 24, Coeficiente de correlación de Pearson .....	67
Figura 25, Comportamiento de la temperatura máxima media mensual °C .....	67
Figura 26, Comportamiento de la temperatura media mensual °C .....	68
Figura 27, Comportamiento de la temperatura mínima media mensual °C .....	69
Figura 28, Comportamiento de la precipitación mensual promedio .....	69
Figura 29, Ubicación de calicatas .....	74
Figura 30, diseño de análisis de sub drenaje de zanja .....	75
Figura 31,, Esquema del flujo de agua en el área de estudio en relación a la pendiente de la quebrada .....	76
Figura 32, Diseño de la instalación de los sub drenes de aguas sub superficiales .....	77
Figura 33, PPM24H según las diferentes distribuciones estadísticas. ....	79
Figura 34,, Vista del corte del terreno para la habilitación de las 04 plataformas .....	152
Figura 35,, vista del suelo saturado de las 04 terrazas para la construcción del relleno sanitario .....	152
Figura 36, se observa la zanja excavada para la instalación de los subdrenes del lado derecho de las plataformas. ....	153
Figura 37, Vista de la presencia del suelo limo arcilloso saturado en la plataforma N°02 .....	153
Figura 38, Presencia de agua subterránea durante la instalación de los subdrenes .....	154
Figura 39, se observa la excavación de la zanja del lado izquierdo de las plataformas .....	154
Figura 40, se observa la presencia del afloramiento del agua sub superficial en la terraza N°02. ....	155
Figura 41, se observa la disminución de humedad en las 04 terrazas .....	155
Figura 42, vista de la conformación y perfilado del suelo después de la instalación de los subdrenes .....	156
Figura 43, se visualiza el descenso del flujo sub superficial en las plataformas de las terrazas. ....	156
Figura 44,, Vista panorámica de las 04 terrazas completamente secas .....	157

Figura 45, Vista frontal de las 04 terrazas sin presencia de humedad y listas para la instalación de las geomembranas. ....	157
Figura 46, se observa la instalación completa de geomembranas y geotextiles sobre las plataformas completamente secas. ....	158
Figura 47, vista del proceso constructivo de la poza de lixiviado .....	158
Figura 48, Vista vertical de la construcción del relleno sanitario de Andahuaylas .....	159
Figura 49, Vista panorámica de las cuatro terrazas del relleno sanitario de Andahuaylas .....	159
Figura 50, vista del cartel de obra del relleno sanitario de Andahuaylas .....	160
Figura 51, vista de los representantes de la entidad, supervisión y empresa contratista.....	160

## RESUMEN

La investigación se propuso resolver el siguiente problema general: ¿Cuál es la relación que se da entre la instalación de subdrenes y los suelos finos durante la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018?, objetivo principal: Determinar la relación de la instalación de sub drenes entre los suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario, la hipótesis a evaluar : La instalación de sub drenes de aguas sub superficiales se relacionó directamente con los suelos finos y logró evacuar las aguas sub superficiales en áreas de relleno, y la metodología empleada : Es la instalación del sistema de subdrenes de zanja en función a los suelos finos con la presencia de flujo de agua sub superficiales en las cuatro terrazas.

Se trabajó con un diseño de investigación no experimental ya que nuestras variables no son manipuladas, pero si observadas, de tipo aplicada y de nivel correlacional; la población está comprendida por 8 terrazas y la muestra 4 terrazas diseñadas para la colocación de residuos sólidos.

De acuerdo al resultado obtenido de las propiedades físicas del suelo se demuestra que el pre dimensionamiento de los subdrén de aguas sub superficiales están diseñada en relación a la permeabilidad del suelo fino que funciono adecuadamente logrando el abatimiento de las aguas sub superficiales y la logro estabilizar las terrazas del relleno sanitario de Andahuaylas.

Concluyo que, instalando los sub drenes de zanjas de aguas sub superficiales si existe una relación directa con los suelos finos y demuestro mediante el coeficiente de pirson que existe una relación positiva considerable, por tanto, los sub drenes de zanjas permitió estabilizar los suelos finos y logró evacuar las aguas sub superficiales en áreas del relleno sanitario de Andahuaylas

**Palabras claves:** Suelo finos, sub drenes, aguas sub superficiales y relleno sanitario

## ABSTRACT

The research set out to solve the following general problem: What is the relationship between the installation of sub-drains and fine soils during the evacuation of sub-surface waters in Andahuaylas landfill areas - Apurímac 2018?, Main objective: To determine the relationship of the installation of sub-drains between fine soils for the evacuation of sub-surface waters in sanitary landfill areas, the hypothesis to be evaluated: The installation of sub-drains of sub-surface waters was directly related to fine soils and was able to evacuate the waters sub-surface in landfill areas, and the methodology used: It is the installation of the ditch sub-drain system based on fine soils with the presence of sub-surface flow in the four terraces.

We worked with a non-experimental research design since our variables are not manipulated, but are observed, of the applied type and at the correlational level; the population is comprised of 8 terraces and the sample 4 terraces designed for the placement of solid waste.

According to the result obtained from the physical properties of the soil, it is shown that the pre-dimensioning of the sub-surface water subdrén is designed in relation to the permeability of the fine soil, which functioned adequately, achieving the abatement of the sub-surface waters and stabilizing the terraces of the Andahuaylas sanitary landfill.

I conclude that, by installing the sub-drains of subsurface water ditches if there is a direct relationship with fine soils and I demonstrate by means of the Pearson coefficient that there is a considerable positive relationship, therefore, the ditches sub-drains allowed to stabilize fine soils and managed to evacuate sub-surface waters in areas of the Andahuaylas sanitary landfill

Keywords: Fine soils, sub drains, sub surface waters and sanitary landfill

## INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: Evaluación de instalación de subdrenes en suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario se desarrolla en la cercanía del cerro San José jurisdicción de la provincia de Andahuaylas de la región Apurímac en el cual se construye de una planta de tratamiento de residuos sólidos direccionado por Ministerio del Ambiente, lugar donde se trata los residuos sólidos de la provincia de Andahuaylas. Se resalta que el terreno destinado para construir la planta de residuos sólidos se asienta en un terreno inestable compuesto por un suelo limo arcilloso de baja permeabilidad, con presencia de flujos de aguas sub superficiales en toda el área de las terrazas, para lo cual el estudio busca resolver el problema de la evacuación de las referidas aguas haciendo uso de la instalación del sub dren de zanja para el mejoramiento de la estabilidad del suelo obteniendo la disminución de la presión de poros y logrando el abatimiento freático, proporcionando así la resistencia de las terrazas y evitar el colapso de la infraestructura durante la disposición final de los residuos sólidos.

La investigación se desarrolla de la siguiente manera:

El capítulo I trata del problema de investigación, la formulación y sistematización del problema, la justificación, la delimitación y los objetivos tanto generales como específicos; En el capítulo II se exponen los antecedentes de investigadores nacionales e internacionales; seguidamente se exponen el marco teórico, la definición de términos, hipótesis tanto generales como específicas y la descripción de las variables de la investigación; En el Capítulo III se exponen la metodología de la investigación, el tipo, nivel y diseño de la investigación; así mismo se detalla la población y muestra, los instrumentos y técnicas empleadas para la recolección de datos, de igual manera las técnicas de procesamiento y análisis de los datos respectivamente; El capítulo IV está destinada la exposición de los resultados obtenidos del diseño de los subdrenes, el dimensionamiento, proceso constructivo; El capítulo V está relacionada a la discusión de los resultados tomando como referencia los antecedentes nacionales e internacionales. Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación, los anexos y las referencias bibliográficas.

**Bach. Perez Toribio, Katherin**



# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

### 1.1. Planteamiento del problema.

El problema de la inestabilidad de los suelos en muchas obras civiles es a causa de la presencia del flujo sub superficial o nivel freático alto que inciden en el área de trabajo, considerando así, que el subsuelo almacena agua a distintas profundidades. La firmeza del suelo también dependerá del grado de permeabilidad según sus propiedades, desde un punto de vista técnico, el afloramiento de las aguas subterráneas constituye un riesgo para las obras en desarrollo y definitivo de un proyecto. El Perú es uno de los países que presenta un relieve complejo por su formación geológica y con problemas de inestabilidad, a la vez está considerado dentro de los 10 primeros países latinoamericanos con mayor abundancia de aguas superficiales, no existen estudios definitivos sobre la inestabilidad de suelos a causa del flujo sub superficial en áreas de relleno sanitario a nivel mundial.

En la provincia de Andahuaylas, región Apurímac, se ha considerado la construcción de un relleno sanitario semi mecanizado, ubicado exactamente en el cerro San José que se encuentra a una altura de 3101 y 3220 msnm, presenta una morfología de laderas de montañas de pendientes inclinadas a empinadas, se tiene el problema de la presencia abundante del flujo sub superficial en todo el área de trabajo el cual genera la inestabilidad de las terrazas, está compuesta por un suelo fino lo que dificulta la buena circulación del agua a través de ellas, no existe acuífero alguno en el área del proyecto; pero si el flujo sub superficial el cual discurre a favor de la pendiente. Esto se pudo observar durante las excavaciones, la potencia de flujo aumenta a medida que se aproxima a la quebrada que afecta parte del área del proyecto, en especial el área donde comprenderá la construcción de las 04 terrazas, considerando así, que en la etapa operativa se instalaran

toneladas de residuos sólidos. En tal sentido se hace necesario la evaluación de la colocación de un sistema de drenaje que permita realizar la obra bajo los estándares de calidad para dar cumplimiento a la meta del proyecto. Para resolver el problema de investigación se realizarán estudios geotécnicos para analizar y así nos permita plantear la solución técnica y económica.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la relación que se da entre la instalación de subdrenes y los suelos finos durante la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿Cuál es el método adecuado de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?
- b) ¿Cuáles son los resultados del cálculo del pre dimensionamiento de los subdrenes en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?
- c) ¿Cuál es el proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Práctica o Social**

Con la investigación se contribuye con la solución del mejoramiento de la estabilidad del suelo mediante la instalación de los sub drenes de zanja, evitando que el material no permanezca saturado y que se pueda trabajar adecuadamente durante la etapa operativa del relleno sanitario sin que perjudique al personal que labora y pobladores ya que ellos hacen uso de las aguas sub superficiales para el riego de sus cultivos.

### **1.3.2. Metodológica**

En la presente investigación se utilizará los análisis y resultados de los estudios geotécnicos, datos meteorológicos de la estación Andahuaylas desde el año 1997 al 2017 solicitadas por senamhi las cuales dan el respaldo con la conformidad emitida y son adjuntadas en el anexo 04,.la información solicitada va acorde a la fecha de aprobación del plan de tesis para su estudio, esta investigación servirá

de apoyo a otras investigaciones pudiendo lograrse así una investigación análoga y con aplicaciones a otros temas.

#### 1.4. Delimitaciones

##### 1.4.1. Espacial

La siguiente investigación está delimitada para:

Región : Apurímac

Provincia : Andahuaylas

Distrito : Andahuaylas

Anexo : Quebrada Lambras Huaycco

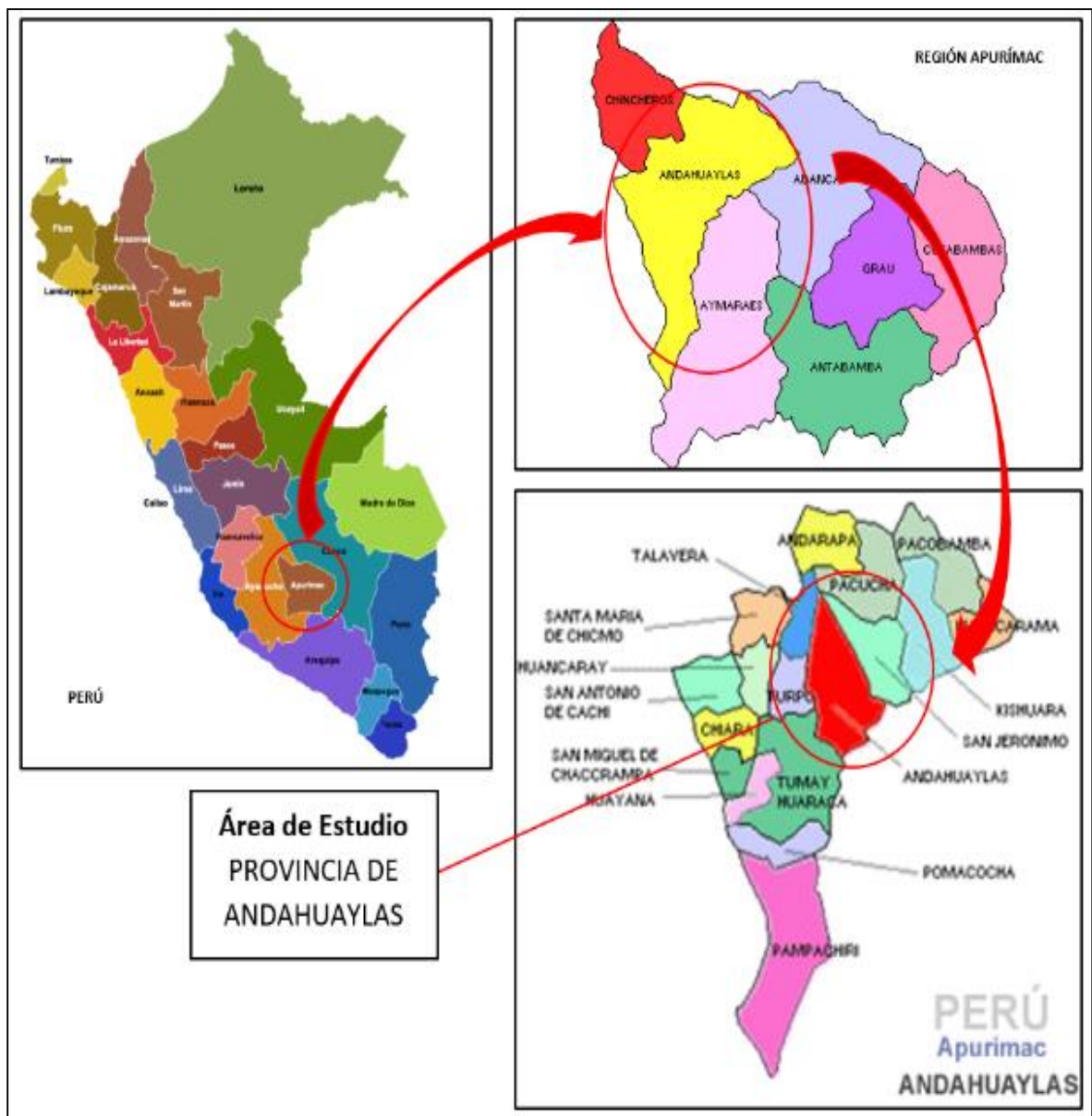


Figura 1, Localización general del relleno sanitario de Andahuaylas.

#### **1.4.2. Temporal**

La investigación fue programada para el año 2018 y aprobada según plan de tesis resolución N°0758-2018 DFI-UPLA

#### **1.4.3. Económica**

Los gastos que involucre para el desarrollo de la investigación fueron cubiertos en su totalidad por la sustentante.

#### **1.5. Limitaciones**

Respecto a la limitación logística se establece la falta de información a nivel mundial y latinoamericano sobre el drenaje del flujo de aguas sub superficiales en la construcción de rellenos sanitarios, las cuales se consideran antecedentes que se relacionan con ello.

#### **1.6. Objetivos**

##### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar la relación de la instalación de sub drenes entre los suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018

##### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Diseñar el método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales
- b) Calcular el pre dimensionamiento de los subdrenes en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales
- c) Determinar cuál es el proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Antecedentes internacionales.**

- a) Mónica M. (2007) su tesis titulada: sistema de sub drenaje en obras de estabilización sustentada a la Escuela Colombiana de Ingeniera con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. El presente trabajo tiene como objetivo de eliminar los excesos de agua en las estructuras. Del presente estudio concluye que, en cualquier tipo de obra de estabilización, es vital importancia el diseño e implementación de un sistema eficiente de sub drenaje que permita garantizar la durabilidad, funcionalidad y seguridad de las obras a proteger, lo que, en consecuencia, se traduce en menores costos y mayores beneficios en el mediano y largo plazo. El diseño de una obra de sub drenaje debe tener en cuenta las características físicas e hidrológicas propias del sitio en el cual será implantada, como: intensidad de la lluvia, coeficiente de permeabilidad, coeficiente de escorrentía, entre otras, dado que de ellos dependerá la determinación de la necesidad de drenaje, así como la selección del tipo de obra a implementar y su magnitud. Una metodología general para el diseño de sistema de sub drenaje en obras de estabilización, consiste en determinar en primera instancia, los requerimientos de drenaje y en segundo lugar, verificar que la solución propuesta tiene la capacidad de satisfacer las necesidades detectadas, con lo cual, se tendrá un sistema eficiente y un factor de seguridad satisfactorio para el caso de la obra por proteger. Es necesario que las obra de subdrenes funcionen coordinadamente con las obras de drenaje superficial, con lo cual se obtiene un sistema de drenaje integral,

permitiendo la conducción de las aguas captadas en los dos sistemas a su destino final de una manera apropiada.

- b) Juan T. (2020) su tesis titulada: modelamiento de la red de flujo para estabilidad de taludes en suelos cohesivos mediante sistema de drenaje transversal, sustentada en la Universidad Central del Ecuador con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Cuyo objetivo es realizar el modelamiento del flujo de agua subterránea, sub superficial y superficial en la estabilidad de taludes en suelos cohesivos equipados con dispositivos de drenaje horizontal. Efectuar el análisis del flujo de agua en taludes en suelos cohesivos en función a su geometría y de la posición del nivel freático sobre el pie del talud. Comparar el comportamiento del flujo de agua en el talud en suelo cohesivo con el sistema de drenaje horizontal y sin dicho sistema. Cuantificar el aporte de la implementación del sistema de drenaje horizontal en la estabilidad del talud en suelos cohesivos, en términos de porcentaje del factor de seguridad. Concluye que, en base a los resultados, para todos los casos de modelamiento con sistema de drenaje, se evidencio el aporte favorable que implica el optar por esta solución, sin embargo, esta medida de estabilización solamente abarca al talud desde su base hasta su corona y hacia la parte posterior del modelo, por lo que se trabajó bajo el escenario más favorable, el cual implica el abatimiento del nivel freático solamente hasta la cota de la base del talud. Tomando en cuenta lo descrito en el anterior enunciado, como medida de mitigación complementaria se puede implementar subdrenes, con los cuales se consigue la reducción del nivel freático en la zona del pie del talud hacia afuera del mismo. En base a este criterio, como ejercicio se realizaron algunas corridas mediante el software Slide 6.0, aplicando la combinación de las dos alternativas de mitigación y los resultados obtenidos del factor de seguridad fueron mejores, debido a que se obtiene una mayor sección transversal drenada y a la vez se eliminan posibles superficies de falla. Con el resultado de esta combinación, queda también cubierto el cumplimiento de la hipótesis alterna, propuesta en el plan de tesis. Durante la fase de modelamiento, se

observó que, para el caso de suelos cohesivos, el efecto de la infiltración es poco significativo en razón de que la permeabilidad en este tipo de suelos es muy baja, haciéndolos prácticamente impermeables; por tanto, frente a las posibles afecciones ocasionadas por el factor climático adverso, la opción más recomendable de mitigación sería la construcción de drenajes superficiales. Por lo expuesto en el anterior enunciado, como parte de la etapa de modelamiento se consiguió determinar que para taludes en suelos cohesivos, la medida de estabilización mediante dispositivos de drenaje horizontal, es una alternativa aplicable para contrarrestar los efectos negativos que produce la presencia de agua subterránea al interior del talud porque al lograr abatir el nivel freático, las presiones intersticiales se reducen y esto a su vez incide en la mejora de las propiedades del suelo, fundamentalmente en el incremento de su resistencia. En el Capítulo 4, como parte del Marco Teórico, se mencionaron algunos criterios empleados en la práctica para el diseño del sistema de drenes horizontales, sin embargo, el modelamiento en este trabajo de titulación se lo realizó considerando los fundamentos establecidos en la investigación de TESARIK & KEALY, 1984, y los resultados fueron satisfactorios porque la teoría de diseño está orientada al cálculo de la longitud y cantidad de las tuberías necesarias para conseguir drenar un caudal generado por efecto del nivel freático presente en el talud, y de manera similar los ábacos predefinidos en el mencionado estudio, contienen diversos casos de curvas de abatimiento que relacionan la altura del nivel freático, la longitud de los drenes horizontales y el espaciamiento entre ellos; lógicamente de este último parámetro dependerá la cantidad de tuberías requeridas para el funcionamiento del sistema de drenaje.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

- a) Hernán T. (2018) su tesis: sistema de drenaje en suelos saturados para la construcción de las lagunas de estabilización en la localidad de San Pedro de Llo – Provincia de Pacasmayo, Región La Libertad sustentado a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Federico Villareal, con la finalidad de optar el Título Profesional de

Ingeniero Civil. El objetivo de la presente tesis se centra en: Realizar el diseño de un sistema de drenaje que capte, conduzca y evalúe por gravedad el agua de la napa freática; en un punto de descarga cercano a las lagunas de estabilización en San Pedro de Lloc. Diseñar un sistema de drenaje para lograr abatir la napa freática para facilitar la construcción de las lagunas. Diseñar un sistema de drenaje que garantice el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización que es tratar los desagües domésticos del lugar. Diseñar un sistema de drenaje que protejan las estructuras de las lagunas contra la napa freática, se concluye: la aplicación de este tipo de drenaje permite el abatimiento de la napa freática, facilitando la construcción de las lagunas de estabilización. Utilizando este tipo de drenaje, se garantiza el normal funcionamiento de las lagunas de estabilización que se dé tratar los desagües domésticos del lugar. La aplicación de este tipo de drenaje se asegura que las estructuras (diques, taludes etc.); de las lagunas de estabilización estén protegidas contra la napa freática garantizando su durabilidad en el tiempo.

- b) Edwin V. (2019) su tesis: mejoramiento de capacidad de soporte del suelo de fundación por incorporación de sistema de sub drenaje en el km 8+500 al km 9+500 con problemas de filtración en la carretera Alto Chira–Sullna-Piura, sustentado a la Facultad De Ingeniería de la Universidad Nacional del Piura, con la finalidad de optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. El objetivo de la presente tesis se centra en: mejorar la capacidad de soporte del suelo mediante la aplicación de un sistema de sub drenaje longitudinal y transversal entre el km 8+500 y el km 9+500 de la carretera Alto Chira, con la finalidad de mejorar la capacidad de soporte en el suelo de fundación de la carretera. Diseñar el sistema de sub drenaje longitudinal en el tramo km 8+500 al km 9+500 con problemas de filtraciones. Diseñar el sistema de sub drenaje trasversal en el tramo km 8+500 al km 9+500 con problemas de filtración, se concluye: aplicando el diseño de sistema de sub drenaje longitudinal y transversal a lo largo del tramo protegeremos en paquete estructural y a través del CBR demostraremos como se encontró y como se está dejando a nivel de



sub rasante. Con el sistema de sub drenaje longitudinal y transversal se garantiza la correcta canalización de agua de retorno usada en la parte baja de la zona, ya que estas tuberías llegan a alcantarillas (cuando existen) o a los drenes transversales, cuya agua es derivada a canales de riego y es reutilizada para fines de cultivo. Los geotextiles empelados garantizan que no se laven los finos del paquete estructural, ayudando a que la estructura del pavimento perdure en el tiempo.

## **2.2 Marco Conceptual**

### **2.2.1 El drenaje y sub drenaje**

Según el libro de deslizamiento Técnicas de Remediación Tomo II; Jaime Suarez no indica: “que el drenaje y el sub drenaje son metodologías para la prevención de deslizamientos y para la estabilización de plataformas; estos son usados muy frecuentemente y a la vez existe muchos métodos de análisis y diseño para aguas superficiales y sub superficiales que son muy efectivos y económicos, la función principal de estos subdrenes es disminuir las presiones de poros o impedir que estas aumenten. A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor”.

### **2.2.2 Funciones básicas del drenaje sub superficial**

Según el Manual drenaje – invias – Colombia; año 2011 nos indica que de acuerdo a los estudios realizados se dice que las aguas subterráneas son menores en su aportación diaria respecto al agua superficial, pero en la mayoría de los casos son más numerosas que las aguas superficiales. Las aguas subterráneas son producto por la infiltración a través de las aberturas del suelo, en lugar de su escurrimiento sobre su superficie. Las funciones básicas para disminuir los impactos del agua interna son:

- Abatir el nivel freático en las plataformas, taludes, cortes y rellenos.
- Obstaculizar las filtraciones subterráneas para impedir afloramiento sobre las plataformas.
- Evacuar el agua superficial para que infiltre en las terrazas.

### **2.2.3 Fuentes de aguas sub superficial.**

Según el Manual drenaje – Invias – Colombia; año 2011 nos indica que: “tenemos las fuentes del agua drenable la subterránea que existe en el subsuelo y la de infiltración que atraviesa por las juntas, fisuras, grietas, también es considerada los canales, cunetas y bordes sin revestimiento. Las precipitaciones es la fuente principal, de las cuales lo que hace es penetrar al suelo de manera directa convirtiéndose así en freática, de manera sencilla puede aparecer como un fenómeno sencillo y simple e incluso poco nocivo que por ello no se le da mucha importancia. El fluido es el agua y el medio poroso permeable está constituido por suelos y rocas naturales, es decir, su permeabilidad depende de la interconexión de sus vacíos, tamaño y la forma de dichas conexiones”

### **2.2.4 Requerimiento de obras de subdrenaje.**

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, ICG 2da Edición nos indica: “que el estudio de subdrenaje las condiciones freáticas son muy dinámicas es decir el nivel freático y los flujos sub superficiales van a variar de acuerdo a las estaciones del año, comportamiento hidrológico de la zona, pendiente tipo de suelo y entre otros. Durante la visita a campo se debe tener en cuenta el análisis que se requiera para la construcción de obras de subdrenaje y verificar la existencia de lagunas, puquiales, canales sin revestimiento en las partes altas, hundimientos, humedales que son atribuibles a la presencia de aguas sub superficiales, áreas de cultivo, presencia de vegetación, presencia de niveles freáticos, taludes saturados, etc., con el fin de tomar precauciones”

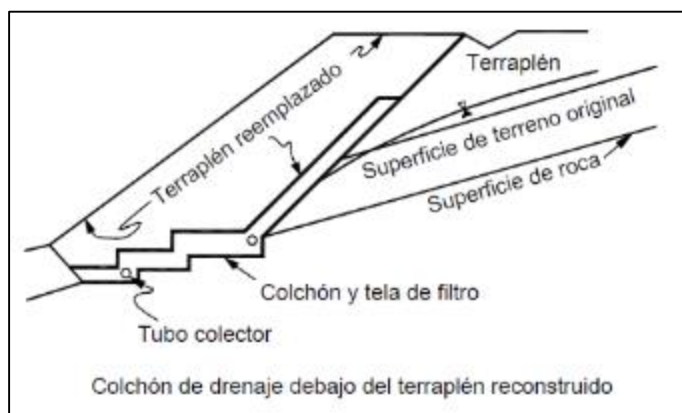
### **2.2.5 Sistema de drenajes sub superficial**

#### **a) Colchones de drenaje**

Según manual drenaje- Invias nos indica que: “a las capas de material drenante que se colocan debajo de los terraplenes, después de remover los suelos sueltos, generalmente, se les conoce como colchones de drenaje. Normalmente consiste en una capa de material grueso permeable de 20 a 50 cm. de espesor, envuelto por dos mantos de geotextil. En ocasiones se colocan mangueras o tuberías

perforadas para la recolección del agua captada por el colchón de drenaje.

**Figura 2,** colchones de drenaje colocados debajo de un terraplén

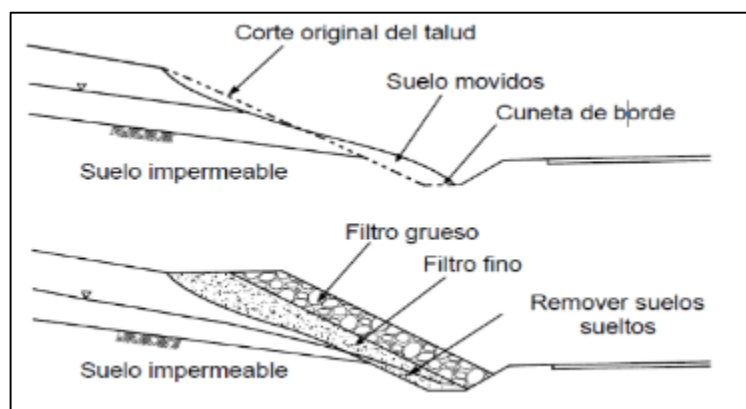


Fuente: Manual de drenaje invias - Colombia; año de edición 2011.

### b) Pantalla de drenaje

Según manual drenaje- Invias nos indica que: “son estructuras similares, en apariencia, a un muro de contención, las cuales se colocan sobre la superficie del talud con el objetivo principal de impedir que se produzca erosiones, ocasionadas por las exfiltraciones de agua subterránea. Estos interceptan el agua en los afloramientos y la conducen a un sistema de recolección, este filtro puede ser material granular o geotextil con material grueso, el espesor de cada filtro generalmente es superior a 30 cm o que el geotextil cumpla especificaciones como filtro, ayuda a servir de contrapeso para la estabilidad general de la masa del talud y actúa como estructura de contención propiamente dicha.”

**Figura 3,** Esquema de un sub dren de pantalla

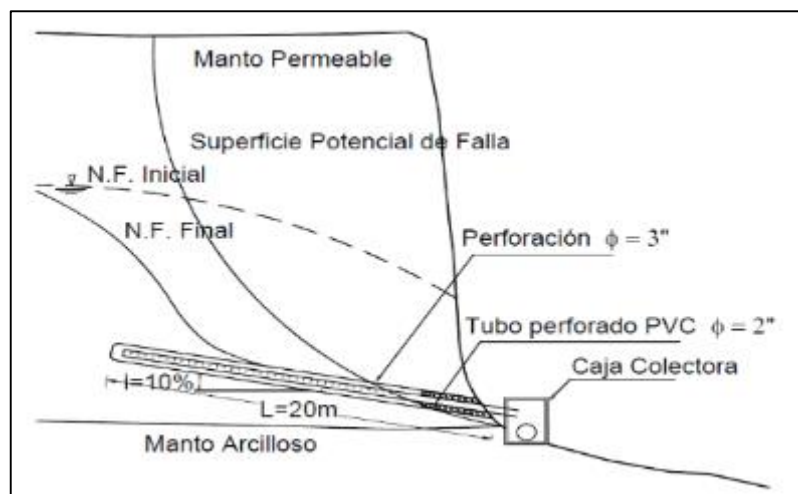


Fuente: Manual de drenaje invias - Colombia; año de edición 2011.

### c) Drenes horizontales o de Penetración

Según manual drenaje- invias nos indica que: “Los drenes horizontales, también conocidos como drenes sub horizontales o de penetración, están constituidos por tuberías de poco diámetro con pequeñas perforaciones o ranuras, las cuales se instalan con una ligera inclinación ascendente en los taludes de cortes o terraplenes para drenar aguas internas y aliviar presiones de poros, lo que trae como consecuencia un incremento en su estabilidad de drenar el agua y/o abatir las presiones de poros a profundidades inaccesibles para otros elementos de sub drenaje más convencionales. En su salida al exterior, se puede dejar que los drenes proyecten el agua hacia la cuneta. Sin embargo, en instalaciones más elaboradas, se pueden conectar a mangueras o tubos colectores que se encargan de disponer el agua fuera de los límites de la carretera.

Figura 4,,colocación de sub drenes de penetración



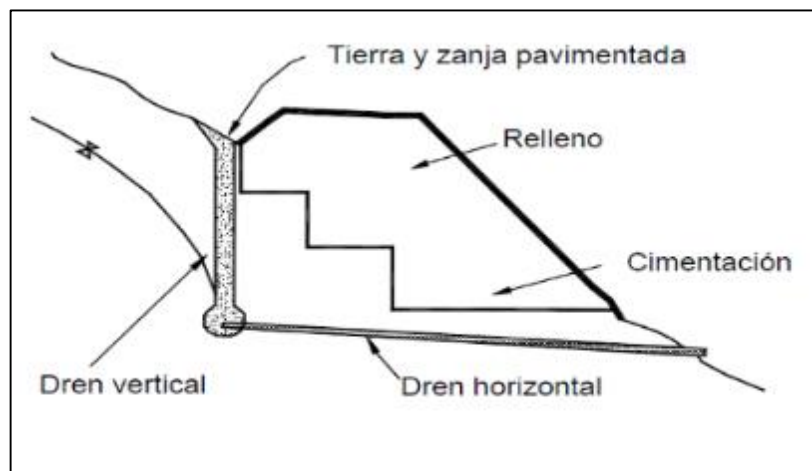
Fuente: Manual de drenaje invias - Colombia; año de edición 2011.

### d) Sistemas de pozos verticales de alivio

Según manual drenaje- invias nos indica que: “se pueden usar para controlar el flujo de agua freática y aliviar las presiones de poros en capas profundas del subsuelo a las que no resulta económico o posible llegar mediante excavación. Se deben colocar de forma que capturen los flujos perjudiciales, es decir, ladera arriba de la zona de proteger.

En esta aplicación, los pozos deben tener un sistema que elimine el agua que drenen pues, de lo contrario, solo constituyen un alivio transitorio ya que con el tiempo se llenan de agua y se restituyen los niveles y estados de presiones existentes antes de construirlos. Aunque el bombeo es el medio más obvio para la eliminación del agua, su costo y las dificultades en el mantenimiento del sistema hacen más practica la instalación de algún sistema de conexión de manera que pueda drenar libremente por el fondo, como pueden ser galerías a manera de túneles o drenes horizontales”

**Figura 5,** Pozos de alivio combinados con drenes horizontales



Fuente: Manual de drenaje invias - Colombia; año de edición 2011.

#### **e) Sub drenaje de muros de contención**

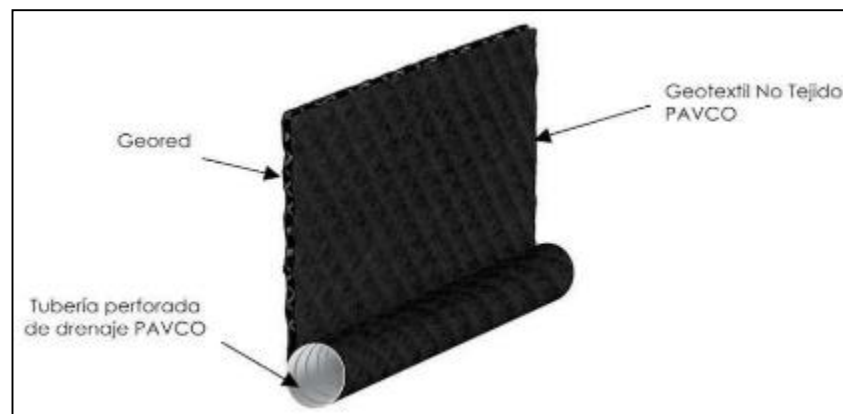
Según manual drenaje- invias nos indica que: “una de las principales causas de falla de los muros de contención es la carencia de un apropiado sistema de drenaje. La función de este es minimizar los excesos de presión hidrostática en el plano de falla y en la pared del muro, debido a la filtración de agua subterránea y a la infiltración del agua lluvia. La clase de sistema depende del tipo de material de relleno, de la cantidad de lluvia y de las condiciones del agua subterránea”.

#### **f) Sistema de sub drenaje con geodren.**

Según pavco - manual de geo sintéticos nos indica que: “el geodrèn es excelente para el manejo del agua porque permite captarlos y conducirlos de una manera rápida y eficiente, disminuyendo notablemente el tiempo de construcción de los subdrenes por su

facilidad de instalación. La función de filtración la desempeña el geotextil no tejido punzonado por agujas. El medio drenante es el encargado de captar y conducir el agua que pasa a través del filtro, función realizada por un geo sintético que se conoce con el nombre de geored”.

**Figura 6,** Diagrama de un Geodren Vial



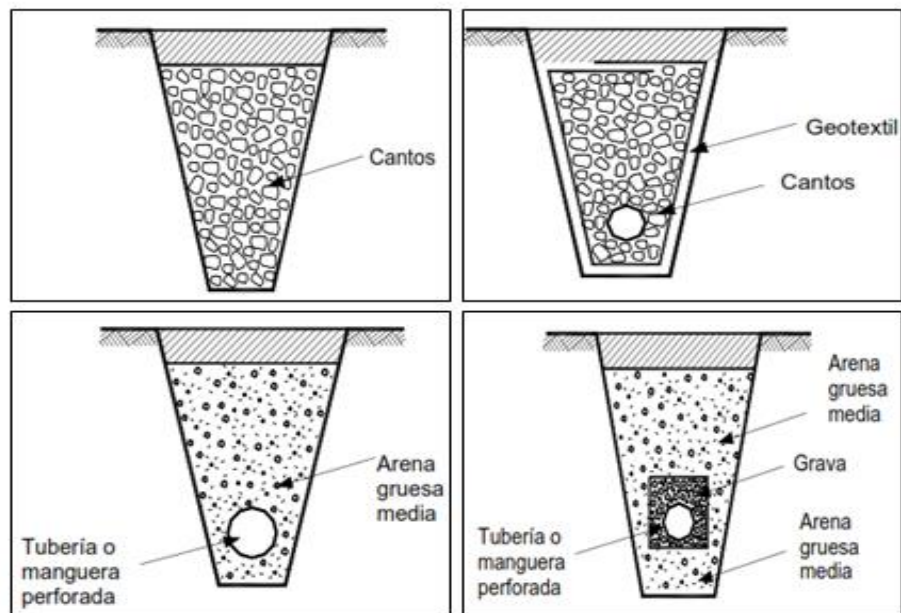
Fuente: Pavco - manual de geosintéticos

#### **g) Sub drenes de zanjas**

Según libro de deslizamiento técnicas de remediación too II; Jaime Suarez nos indica que: “Los subdrenes de zanjas son excavaciones realizadas manualmente o con retroexcavadoras (comúnmente rellenas de material filtrante), con el objeto de captar y transportar el agua subterránea y de esa forma, abatir el nivel freático. Estos paneles generalmente tienen una profundidad de 2 a 5 metros y un espesor de 60 centímetros a un metro. La profundidad depende de la necesidad del proyecto, del tipo de equipo y la calidad de los materiales. Los subdrenes se zanjas constituyen un sistema de tratamiento muy bueno (a un costo moderado) para los deslizamientos poco profundos y con niveles freáticos superficiales. Los subdrenes de zanja son más efectivos en los deslizamientos pocos profundos (con profundidad menor a 3 m), en los cuales los drenes penetran completamente a través de la más deslizada dentro del material estable. En los deslizamientos profundos (más de 6 m de espesor), generalmente los subdrenes de zanja no son efectivos y se puede requerir otros sistemas de sub drenaje, como son los drenes horizontales o las galerías de drenaje. Los subdrenes de zanja,

generalmente, se consideran como obras complementarias dentro del proceso de estabilización en los deslizamientos profundos. No es necesario profundizar los subdrenes de zanja, en todos los casos, por debajo de la superficie de falla y en cambio, si puede ser suficiente para la estabilización de un deslizamiento, el abatimiento (en un determinado porcentaje) de los niveles de agua subterránea. Se puede construir un solo dren o varios drenes paralelos. Es muy difícil y complejo, en la mayoría de los casos, utilizar subdrenes de zanja para el control del agua subterránea en formaciones rocosas y generalmente, se prefiere el uso de subdrenes de penetración. En las masas de roca, el flujo de agua generalmente está determinado por las juntas y, por lo tanto, cualquier sistema de sub drenaje debe estar destinado a interceptarlas. Igualmente, un sistema de sub drenaje puede generar cambios importantes y peligrosos en el sistema interno de drenaje de un macizo de roca”.

**Figura 7, Sistema de dren de Zanja**



Fuente: Deslizamiento: Técnicas de Remediación Tomo II; Jaime Suarez; Año De Edición 2009.

- Material de filtro y tubo colector.
- Material grueso permeable sin tubo (subdrén francés).
- Geotextil como filtro, material grueso y tubo colector.
- Geotextil, material grueso y sin tubo.

- Tubo colector con capa gruesa de geotextil alrededor.
- Subdrén 100% sintético con geomalla, geotextil y tubo colector.

## 2.2.6 Materiales para la construcción de un subdrén.

**a) Geosintético:** Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que:” Geosintético es un producto en el que, por lo menos, uno de sus componentes es a base de polímero sintético o natural, y se presenta en forma de filtro, manto, lámina, o estructura tridimensional, usada en contacto con el suelo o con otros materiales dentro del campo de la geotecnia o la ingeniería civil. Existen varios campos de aplicación de los geosintéticos en el mundo de la construcción y la edificación como son: obras viales, obras hidráulicas, sistemas de control de erosión, aplicaciones medioambientales, entre otras. Los tipos de geosintéticos más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son los geotextiles, las geomallas, las geomembranas, las georedes, geocompuestos y mantos para control de erosión derivados de la unión de las características y cualidades de cada uno de los anteriores”.

✓ **Geotextil:** Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que:” Los geotextiles se definen como un material textil plano permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas”.

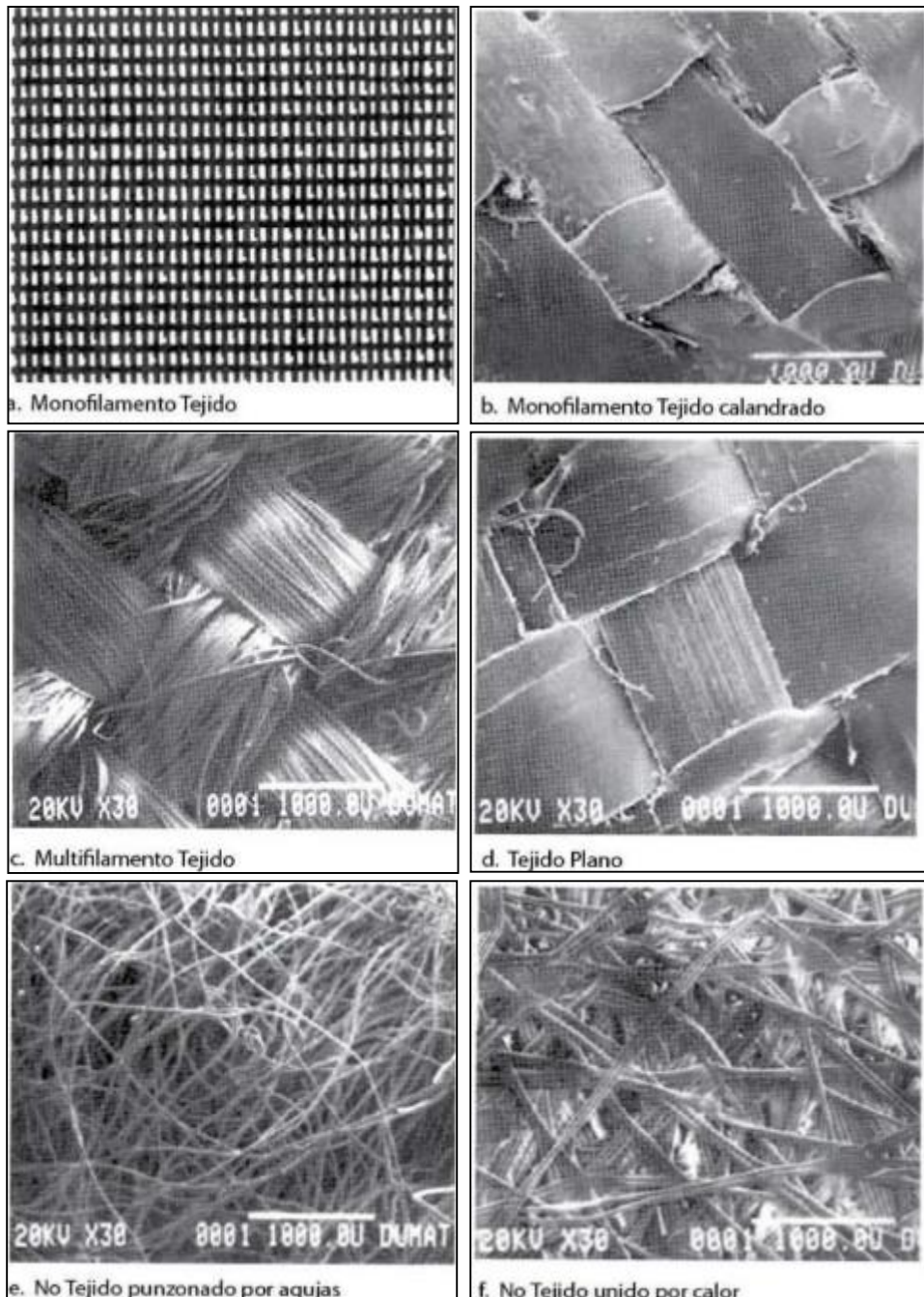
- ✓ **Clasificación según su método de fabricación:** Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “**Geotextiles Tejidos** son aquellos formados por cintas entrecruzadas en una maquinaria de tejer. Pueden ser tejidos de calada o tricotados. Los tejidos de calada son los formados por cintas de urdimbre (sentido longitudinal) y de trama (sentido transversal). Su resistencia a la tracción es de tipo biaxial (en los dos sentidos de su fabricación) y puede ser muy elevada según las características de las cintas empleadas). Su estructura es plana”.

Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “**Geotextiles no tejidos** están formados por fibras o filamentos superpuestos en forma laminar, consolidándose esta estructura por distintos sistemas según cual sea el sistema empleado para unirlos filamentos o fibras.



Los geotextiles No Tejidos se clasifican a su vez en: Geotextiles No Tejidos ligados mecánicamente o punzonados por agujas; Geotextiles No Tejidos ligados térmicamente o termosoldados; Geotextiles No Tejidos ligados químicamente o resinados”.

**Figura 8,**Vista microscópica de algunos tipos de geotextiles Tejidos y No Tejidos.



Fuente: Pavco – Manual de Geosintéticos.

### ✓ **Funciones y campos de aplicación**

Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “El uso de los geotextiles Tejidos y No Tejidos en los diferentes campos de aplicación pueden definirse mediante las funciones que va a desempeñar; la función de **separación** desempeñada por los geotextiles consiste en la separación de dos capas de suelo de diferentes propiedades geomecánicas (granulometría, densidad, capacidad, etc.), entre geomembranas y capas de drenaje de piedra, entre la cimentación y terraplenes de suelos como sobrecargas, rellenos de caminos, para presas de tierra y roca, entre la cimentación y capas de suelo encapsuladas, debajo de áreas de sardineles; **refuerzo** esta función se aprovecha el comportamiento a tracción del geotextil para trabajar como complemento de las propiedades mecánicas del suelo, con el fin de controlar los esfuerzos transmitidos tanto en la fase de construcción como en la de servicio de las estructuras. El geotextil actúa como un elemento estructural y de confinamiento de los granos del suelo, permitiendo difundir y repartir las tensiones locales. Estas acciones aumentan la capacidad portante y la estabilidad de la construcción en suelos blandos, para construir muros en suelo reforzados, para reforzar terraplenes, para mantener colchones de filtro de piedra gradada, para prevenir el punzonamiento de geomembranas por materiales de relleno o base de piedra; **drenaje** esta función consiste en la captación y conducción de fluidos y gases en el plano de geotextil. La efectividad del drenaje de un suelo dependerá de la capacidad de drenaje del geotextil empleado y del gradiente de presiones a lo largo del camino de evacuación del fluido. Adicionalmente el geotextil debe impedir el lavado o transporte de partículas finas, las cuales, al depositarse en él, reducen su permeabilidad horizontal. Además, debe garantizar el transporte de agua en su plano sin ocasionar grandes pérdidas de presión como en Galería de drenaje en una presa de tierra, interceptor de drenaje para flujo horizontal, como una cubierta de drenaje debajo de un relleno de sobrecarga, como un dren detrás de un muro de retención, como un dren de agua debajo de geomembranas, debajo de campos

deportivos, en reemplazo de drenes de arena; **filtro** esta función impide el paso a través del geotextil de determinadas partículas del terreno (según sea el tamaño de dichas partículas y el del poro del geotextil. En la práctica se utiliza el geotextil como filtro en muchos sistemas de drenaje, se utiliza como filtro en los tubos de drenaje a fin de evitar el taponamiento de los orificios de drenaje de dichos tubos, en lugar de filtro de suelo granular, alrededor de piedra picada que rodea a los subdrenes, alrededor de piedra y tubería perforada en pisos de adoquines, debajo de rellenos sanitarios para los lixiviados, para filtrar rellenos hidráulicos; como función de **protección** proviene o limita un posible deterioro en un sistema geotécnico. En los embalses impermeabilizados este sistema geotécnico se denomina pantalla impermeabilizante y está formado por el geotextil y la geomembrana. El geotextil protege a la geomembrana de posibles perforaciones o roturas, del paso de personal y maquinaria durante la construcción, mantenimiento, posibles reparaciones, etc. También evita las perforaciones que podría ocasionar el crecimiento de plantas debajo de la pantalla impermeabilizante. De igual forma, protege a la geomembrana del rozamiento con el soporte que se produce durante las sucesivas dilataciones y contracciones que experimenta por efecto de las variaciones térmicas. La lámina impermeabilizante se adapta a las irregularidades del terreno; **impermeabilización** esta función se consigue desarrollando mediante la impregnación del geotextil con asfalto u otro material impermeabilizante sintético. El geotextil debe tener la resistencia y rigidez necesaria para la colocación del mismo, así como la capacidad de deformación suficiente para compensar las tensiones térmicas”.

✓ **Requerimientos de propiedades mecánicas.**

Según Pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “El geotextil tiene la propiedad de resistencia y dependerá de los requerimientos de supervivencia, condiciones y procedimiento de instalación.”

**Tabla 1,**Requerimientos mínimos de propiedades mecánicas del geotextil - Fuente PAVCO

Propiedad	Norma de ensayo	Valor mínimo promedio por rollo (VMPR)	Valor mínimo promedio por rollo (VMPR)
Elongación medida	INVE-901	Elongación $\geq$ 50% <sup>(3)</sup>	Elongación < 50% <sup>(2)</sup>
Resistencia a la tensión	INVE-901	700 N	1100 N
Resistencia ala costura	INVE-901	630 N	990 N
Resistencia a la penetración con pistón 50 mm de diámetro	INVE-913	1375 N	2200 N
Resistencia al rasgado trapezoidal	INVE-903	250 N	400 N

Fuente: Pavco – Manual de geosintéticos

- a) La elongación < 50% hace referencia a los geotextiles tejidos, medida según ensayo INVE-901.
- b) La elongación  $\geq$  50% hace referencia a los geotextiles no tejidos, medida según ensayo INVE-901.
- c) El valor (VMPR) para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento es de 250 N.

✓ **Requerimientos de propiedades hidráulicas y de filtración.**

El geotextil tiene la propiedad de resistencia y dependerá de los requerimientos de supervivencia, condiciones y procedimiento de instalación.

**Tabla 2,**Requerimiento mínimos de propiedades hidráulicas del geotextil

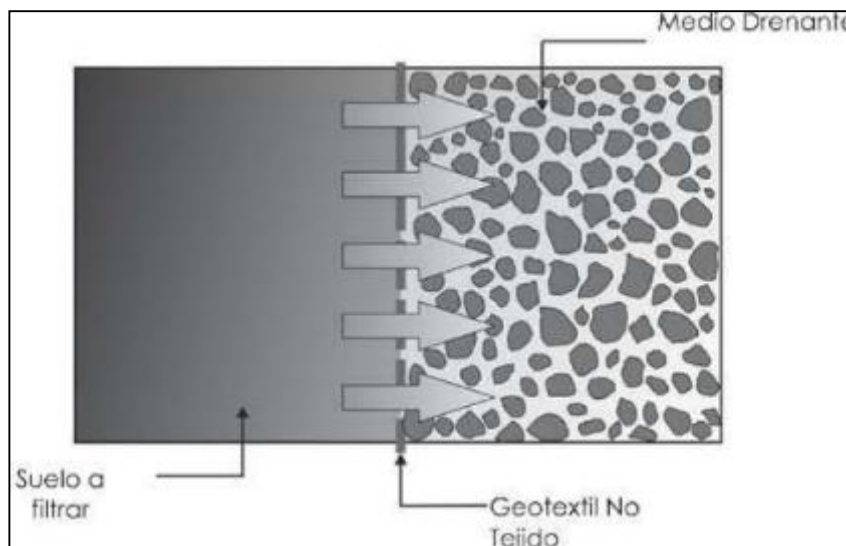
Propiedad	Norma de ensayo	Valor mínimo promedio por rollo (VMPR) Porcentaje de suelo pasa Tamiz N° 200 (0.075 mm)		
		< 15	15 a 50	>50
Permitividad	INVE-905	0.5 s <sup>-1</sup>	0.2 s <sup>-1</sup>	0.1 s <sup>-1</sup>
Tamaño de abertura aparente	INVE-907	0.43 mm (tamiz 40)	0.25 mm (tamiz 60)	0.22 mm (tamiz 70)
Estabilidad ultravioleta	INVE-910	50 % después de 500 horas de exposición		

Fuente: Pavco manual de geosintético.

- d) El porcentaje de suelo que pasa el tamiz N°200 corresponde a la fracción de la granulometría (INVE-123) del suelo aguas arriba del geotextil.
- e) Los valores del tamaño de abertura aparente (TAA) representan el valor máximo promedio por rollo. Para suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor máximo promedio por rollo de Tamaño de Abertura Aparente es 0.30m.
- ✓ **Evaluación del geotextil a usar en el filtro.**

Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad, que permita el paso del flujo de una manera eficiente. Para llegar a la selección del geotextil se tiene que tener en cuenta la resistencia, supervivencia y durabilidad.”

**Figura 9,** Paso del agua a través del sistema de filtración



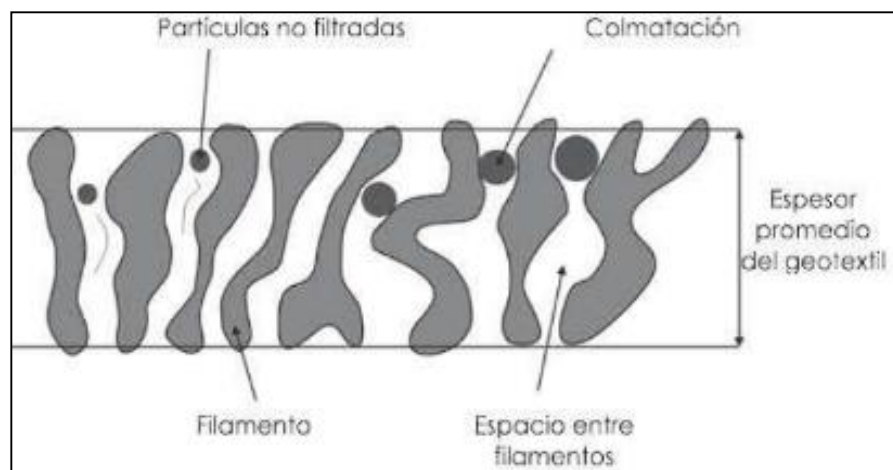
Fuente: Pavco – Manual de geosintéticos

Durante la metodología de diseño, debemos revisar que geotextil cumplirá las características hidráulicas y mecánicas que resulten, y se mencionan a continuación:

Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “Criterio de retención (TAA) que asegura que las aberturas sean lo

suficientemente pequeñas para evitar la migración del suelo hacia el medio drenante o hacia donde se dirige el flujo. Criterio de permeabilidad, se debe permitir un adecuado flujo del agua a través del geotextil considerando su habilidad para esto. El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual el geotextil permite un adecuado paso del flujo perpendicular al plano del mismo. Criterio de colmatación, por definición, la colmatación resulta partículas finas de suelo penetran dentro del geotextil, bloqueando sus canales de poros o cuando son depositados del lado aguas arriba del geotextil, produciendo una reducción significativa de la permeabilidad. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacio vacío”.

**Figura 10,** Paso del agua a través del sistema de filtración.



Fuente: Pavco – Manual de Geosintéticos.

Según Leuttich (1993) nos indica que: “Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación son los geotextiles No Tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se taponen gran parte de sus orificios es muy bajo debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. Los geotextiles No Tejidos unidos por temperatura o calandros, son mucho más delgados y rígidos, razón por la cual se parecen en su comportamiento a los geotextiles Tejidos. Los geotextiles tejidos tienen baja porosidad y el riesgo de colmatación muy alto, con la secuencia de una pérdida súbita en la permeabilidad; razón por el cual no se recomienda usarlos como filtros en sistema de drenaje”

De acuerdo con el criterio de Christopher y Holtz, 1985: R 1990 nos indica que: “los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad: >50%, razón por el cual no se deben usar geotextiles tejidos en sistema de sub drenaje.”

**Criterio de supervivencia:**

Según Leuttich, J.P. Giroud, R.C. Bachus 1992.El geotextil nos indica que: “en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados de tal manera que no afecten drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. Los geotextiles deben tener valores mínimos de resistencia mecánica con el objeto que soporte las actividades de instalación y manipulación. Estas propiedades son: resistencia a la tensión, resistencia al punzonamiento, resistencia al estiramiento, resistencia al rasgado. En la siguiente tabla se presenta las propiedades mínimas que debe cumplir.”

**Tabla 3.,** Especificaciones generales de construcción de carreteras – Artículo 673-07 INVIAS-AASHTO M288-04

Propiedad	Resistencia a la Tensión (Grab)	Resistencia ala costura	Resistencia la penetración con pistón 50mm de diámetro	Resistencia al rasgado trapezoidal
<b>Norma de ensayo</b>	INVE-901	INVE-901	INVE-913	INVE-903
<b>Valor mínimo promedio por rollo</b>	700 N	630 N	1375 N	250 N

Fuente: Pavco manual de Geosintéticos

Según pavco – manual de Geosintéticos nos indica que: “Criterio de durabilidad se basa en la resistencia que debe tener un geotextil en el tiempo, bien sea por ataque químico, biológico o por intemperismo. Los geotextiles por ser un material fabricado en polipropileno no son biodegradables y son altamente resistente al ataque químico como en aplicaciones de manejo de lixiviados. En casos donde el geotextil vaya a quedar expuestos a la intemperie por un tiempo prolongado, se recomienda utilizar geotextil no tejidos fabricados con compuestos que le proporcionen alta resistencia a la degradación por rayos UV.”

## **b) Material drenante**

Según pavco – manual de geosintéticos nos indica que: “Podrá prevenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistente a la acción de los agentes de intemperismo por lo que deberán tener una alta composición de materiales silíceos y deberá cumplir los siguientes requisitos: La granulometría es el material drenante que deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz (3”) y el tamiz (1/2”). Si se van a utilizar fragmentos de un solo tamaño, las partículas deben ser de 1”. No se requiere ninguna gradación especial. Las partículas pueden ser angulares o redondeadas. El material deberá estar limpia, sin material fino, sin material orgánico y deberá ser durable; la calidad de los agregados debe tener la resistencia a la abrasión deberá ser medida en la máquina de los Ángeles, según la norma de ensayo INV E-219, el desgaste no podrá ser mayor al cuarenta por ciento (40%). Las pérdidas en ensayo de Solidez (INVE-20), para material granular con las siguientes en sulfatos de sodio el 17% máximo, en sulfato de magnesio el 18% máximo, el índice de desleimiento – durabilidad, medido según la norma de ensayo INVE-236, no deberá ser mayor al 2% y la cantidad de materia orgánica, según la norma de ensayo INVE-121, deberá ser igual a 0”.

## **c) Tuberías de filtro**

Según libro de deslizamiento técnicas de remediación tomo II; Jaime Suarez nos indica que: “Antiguamente se utilizaban tuberías de arcilla o mortero de cemento para recolectar el agua de los filtros y conducir las hacia un sitio de entrega. En los últimos años, se ha popularizado el uso de tuberías o mangueras plásticas, especialmente de polietileno PVC o ABS. Igualmente, en algunos países se utiliza la tubería metálica perforada. En la mayoría de los subdrenes con material de diámetro inferior a 1 ½ de pulgada, es necesario el uso de la tubería colectora para filtros. Cuando se utilizan materiales gruesos, no siempre se coloca tubería colectora, debido a que se supone que el material es excelente conductor y no se requiere un elemento



adicional para la recolección y la conducción del agua. Algunos autores recomiendan colocar tubería en todos los casos.”

### 2.3 Definición de términos

- a) **Acuífero:** Un acuífero es el conjunto de rocas que permiten la permeabilidad del agua y la pueden acumular en sus poros o grietas. A esta agua retenida en las estructuras rocosas se la conoce como agua subterránea y puede llegar a presentar manifestaciones de hasta dos millones de kilómetros cuadrados de tamaño.
- b) **Acuífero no confinado**

En un acuífero no confinado el flujo es libre y la línea de energía es descendente en el sentido del flujo, el nivel freático sigue las mismas variaciones de la superficie.
- c) **Acuífero confinado**

Están comprendidos entre dos estratos impermeables, y el flujo es a presión como en las tuberías.
- d) **Aguas subsuperficiales:** Cualquier flujo que se produce por debajo de la superficie del terreno que puede contribuir al interflujo, al flujo base o a la percolación profunda.
- e) **Abatimiento freático:** El abatimiento o rebajamiento freático se puede definir como un conjunto de operaciones que son destinadas para evacuar agua freática, que se encuentra presente en los terrenos y que suele aparecer en las zonas donde se realizan diversos trabajos.
- f) **Asentamiento:** Un asentamiento o deslizamiento es una forma de inestabilidad gravitatoria que se caracteriza por el desplazamiento en un trecho relativamente corto a lo largo de una pendiente de una masa coherente de materiales poco consolidados o capas de roca.
- g) **Arcillas:** La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.
- h) **Dren:** Tubería o conjunto de tuberías que se entierran a cierta profundidad y que se emplean para dispersar el efluente en un terreno o para drenar un suelo saturado de agua. También dren, tubo de drenaje.

- i) **Inestabilidad:** El campo de la estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente.
- j) **Geotextil:** Un geotextil o geotejido es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida o tejida dependiendo de su uso o función a desempeñar.
- k) **Geomembrana:** Las geomembranas son láminas geosintéticas que aseguran la estanquidad de una superficie. Normalmente se usan para remediar las pérdidas de agua por infiltración o para evitar la migración de los contaminantes al suelo.
- l) **Geodrenes:** Los Geodrenes están considerados dentro de los llamados geocompuestos cuya filosofía básica es el de combinar los mejores rasgos de geotextiles, geomallas, georedes, geomembranas y otros materiales, de tal manera que se resuelva un problema específico en forma óptima, algunas veces, es necesario incluir gravas, arenas, limos, y/o arcillas dentro del sistema del compuesto.
- m) **Impermeable:** Que no puede ser penetrado por el agua u otros líquidos la capa es de tejido impermeable.
- n) **Limos:** El limo es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,0039 mm a 0,0625 mm.
- o) **Permeabilidad:** Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atravesase sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado.
- p) **Suelo:** Comúnmente llamamos suelo a la porción más superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie. El suelo es la porción más visible del planeta,

en donde sembramos las cosechas, edificamos nuestras casas y enterramos a nuestros muertos. Se trata de una superficie sumamente variada y multiforme, sobre la cual se producen los fenómenos climáticos como la lluvia, el viento, etc.

**q) Subdrenes:** Los subdrenes consisten en una red colectora de tuberías perforadas o ranuradas, alojadas en zanjas para permitir recolectar el agua subterránea, con objeto de controlarla y retirarla, minimizando su efecto negativo en las capas estructurales del pavimento.

**r) Permeabilidad:** Es la facilidad con que el agua fluye a través.

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

La instalación de subdrenes de aguas sub superficiales se relacionó directamente con suelos finos y logro evacuar las aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018.

### **2.4.2 Hipótesis específicos**

a) El diseño del método de subdrenes de zanjas a instalar en función de suelos finos es el adecuado para evacuar aguas sub superficiales.

b) El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función de suelos finos es el apropiado para evacuar aguas sub superficiales.

c) El proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos cumple los parámetros estipulados por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para evacuar aguas sub superficiales.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Definición conceptual de la variable**

**a) Variable X1:**

#### **Suelo finos**

El conjunto de limos y arcillas del suelo es el componente sólido y es lo que se denomina textura del suelo. En función de su composición los suelos poseen diferente capacidad de retención de humedad, que depende también del contenido de materia orgánica presente,

aspectos fundamentales que son básicos para la técnica y buenas prácticas del riego

- ✓ Granulometría
- ✓ Permeabilidad
- ✓ Humedad
- ✓ Limite líquido
- ✓ Limite plástico
- ✓ Índice de plasticidad

**b) Variable Y1:**

**Subdrenes**

Consiste en una red colectora de tuberías perforadas o ranuradas, alojadas en zanjas para permitir recolectar el agua subterránea, con objeto de controlarla y retirarla.

- ✓ Diseño del sistema de subdrenes
- ✓ Cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes
- ✓ Proceso constructivo del sistema de subdrenes

**2.5.2 Definición operacional de las variables**

Tabla 4, Operacionalización de variable

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Unidades
<b>VARIABLE X1:</b>  SUELOS FINOS	De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Propiedades físicas</li> <li>▪ Propiedades mecánicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Granulometría</li> <li>▪ Permeabilidad</li> <li>▪ Densidad</li> <li>▪ Límite líquido</li> <li>▪ Límite plástico</li> <li>▪ Índice de plasticidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>%</li> <li>%</li> <li>Kg/m<sup>3</sup></li> <li>%</li> <li>%</li> <li>%</li> </ul>
<b>VARIABLE Y1:</b>  SUBDRENES	Tubería o conjunto de tuberías que se entierran a cierta profundidad y que se emplean para dispersar el efluente de un terreno o para drenar un suelo saturado de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diseño del sistema de subdrenes</li> <li>▪ Cálculo de dimensionamiento de los subdrenes</li> <li>▪ Proceso constructivo del sistema de subdrenes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plano de diseño</li> <li>▪ Longitud</li> <li>▪ Espesor</li> <li>▪ Diámetro</li> <li>▪ Cronograma de obra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S/U</li> <li>m</li> <li>mm</li> <li>pulgadas</li> <li>▪ Metas programadas</li> </ul>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Metodología de la investigación.**

El método de investigación que se siguió para el desarrollo de la presente tesis es el método científico ya que se guio para su desarrollo en forma ordenada de acuerdo al programa de desarrollo en el proceso de la toma de datos y el procesamiento correspondiente.

#### **3.2 Tipo de investigación.**

Es aplicativo porque se preocupó por la aplicación del conocimiento, producto de la investigación según el Dr. Aristides A. Vara Horna. Es un primer esfuerzo para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental se dio la solución al problema práctico.

La investigación permitió relacionar nuestra variable independiente y dependiente, para conocer las características geo técnicas del suelo

#### **3.3 Nivel de investigación.**

El tipo de investigación es correlacional su finalidad es conocer la relación o grado de asociación que exista entre sus dos variables.

#### **3.4 Diseño de la investigación.**

El diseño de la investigación es no experimental por que no se necesitó la manipulación deliberada de las variables y que solo se observó los fenómenos en su ambiente natural para poder analizarlos.

En nuestra investigación se realizó ensayos de campo, laboratorio y trabajos en gabinete para así poder obtener datos y realizar su procesamiento respectivo.

### **3.5 Población de la muestra:**

#### **3.5.1 La Población**

La población para la presente investigación está comprendida por la planta de tratamiento de disposición final de residuos sólidos municipales de Andahuaylas – Apurímac.

#### **3.5.2 La Muestra:**

La muestra del presente trabajo de investigación está establecida por las 4 terrazas diseñadas para la disposición final de residuos sólidos municipales de Andahuaylas – Apurímac

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1 Técnicas de recolección de datos**

- Observación
- Se utilizó referencias bibliográficas de diferentes autores, para así poder evaluar los datos obtenidos en campo, fotografías, además de tendrá un orden representativo en los datos que nos permitió evaluar y/o analizar de forma rápida y ordenada cada parámetro a ser evaluada

##### **3.6.1.1 Diseño del sistema de subdrenes en suelos finos**

- **Geomorfología**

Localmente la zona estudiada presento una morfología de laderas de montañas de pendiente inclinada a empinada, disectados por la quebrada Lambras Huaycco y otras de menor jerarquía.



**Figura 11,**Vista de la morfología del área de estudio.

### **3.6.1.2 Trabajo en gabinete**

#### **• Excavación por medios de Calicatas**

Para determinar el perfil geológico del área en estudio, se consideró los resultados de las calicatas ejecutadas que fueron desarrollados por los especialistas geotécnicos y de acuerdo con lo observado in situ, con los cuales se han determinado la configuración de unidades estratigráficas predominantes del lugar de estudio tal como se refiere de la siguiente manera:

En las calicatas realizadas se observó horizontes constituidos por depósitos aluviales compuestas por materiales limo arenoso con presencia de materia orgánica, se mostraron estratos secos a húmedo hasta los 5.0 metros aproximado; niveles más abajo hay presencia de material limo arcilloso, los cuales mostraron material saturado y con flujo constante de agua sub superficial que sigio la pendiente hacia la quebrada cercana al lugar.

A continuación, describo las muestras realizadas en campo:

#### **Calicata N°01:**

- Presento, desde el nivel del terreno con cota de 0.00 a 0.80 m, un suelo limoso ligeramente húmedo (parcela agrícola) color marrón oscuro, de consistencia suave.
- Presento, desde el nivel con cota de 0.80 a 2.00 m, un suelo arcilloso húmedo, color plomizo amarillento, de consistencia ligeramente compactado, con presencia de arena muy escasa.
- Presento, desde el nivel con cota de 2.00 a 4.40 m, un suelo arcilloso saturado, color plomizo a amarillento, de consistencia plástica, se observa la presencia de filtraciones en las paredes laterales.
- Presento, desde el nivel con cota de 4.40 a 4.80 m, un suelo areno arcilloso ligeramente húmedo de color plomizo naranja, presento consistencia compacta.

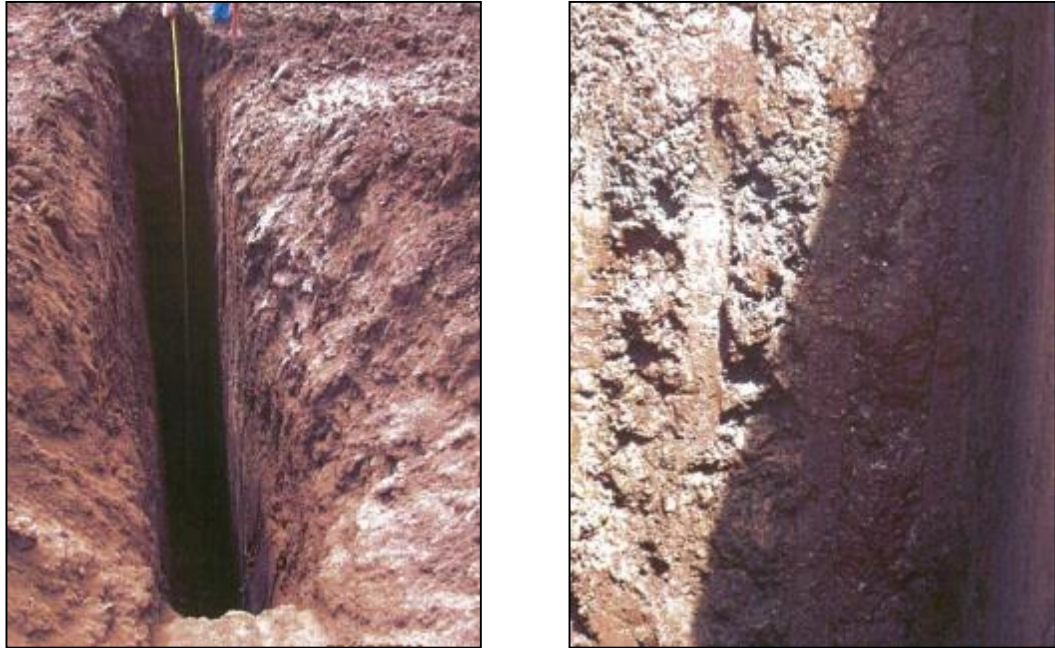


**Figura 12,**Vista del suelo arcilloso color plomizo saturado.

**Calicata N°02:**

- Presento, desde el nivel del terreno con cota de 0.00 a 1.20 m, un suelo limoso ligeramente húmedo con presencia de gravillas escasas, presenta una consistencia ligeramente compactada y coloración marrón.
- Presento, desde el nivel con cota de 1.20 a 2.40 m, un suelo residual arcilloso húmedo a saturado de color marrón amarillento. Se observó filtraciones de las paredes laterales, las filtraciones se incrementan un flujo de mayor caudal (chorro de agua).
- Presento, desde el nivel con cota de 2.40 a 10.00 m, un suelo residual arcilloso limoso húmedo a saturado de color marrón amarillento, de consistencia compacta. A la cota de los 2.70 m se observó filtraciones de las paredes laterales, a los 5.00m las filtraciones de incrementan con un flujo de mayor caudal (chorro de agua). Este flujo no permite apreciar el nivel de base de flujo. Es decir no deja determinar el espesor de la capa saturada.

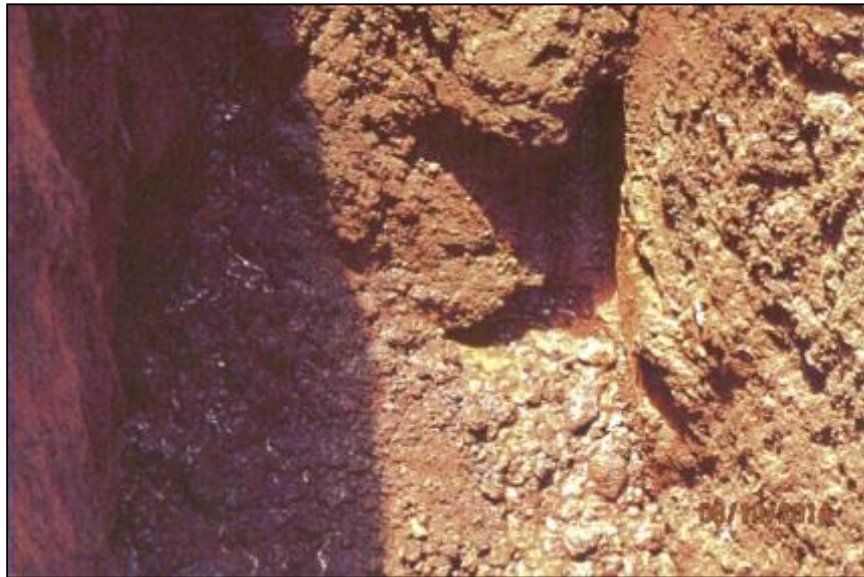




**Figura 13,** Vista de las calicatas donde se encuentran el material saturado

**Calicata N°03:**

- Presento, desde el nivel del terreno con cota de 0.00 a 1.00 m, un suelo limoso ligeramente húmedo con presencia de gravillas escasas, presenta una consistencia ligeramente compactada y coloración marrón.
- Presento, desde el nivel con cota de 1.00 a 3.00 m, un suelo residual limo arenoso ligeramente húmedo de color marrón a marrón amarillento presento consistencia compacta.
- Presento, desde el nivel con cota de 3.00 a 6.00 m, un suelo residual arcilloso húmedo a saturado de color negro a negro plomizo. Además, a los 4.00 m de profundidad se observó filtraciones en las paredes laterales, este espesor de turba saturada termina a los 6.00m.
- Presento, desde el nivel con cota de 6.00 a 10.00 m, un suelo limo arcilloso ligeramente húmedo, color marrón de consistencia compacto, en este espesor no presento filtración.



**Figura 14,**Se observa un flujo mayor de las paredes saturadas en dirección de la pendiente del terreno.



**Figura 15,** Vista del perfil del terreno con presencia del material limo arcilloso saturado.

- **Coefficiente de permeabilidad**

Según el libro de deslizamiento técnicas de remediación tomo II, Jaime Suarez indica que: “El grado de permeabilidad de un suelo se mide por su coeficiente de permeabilidad. Se entiende por permeabilidad, la propiedad de un suelo que permite el paso del agua a través de sus vacíos, bajo la acción de una carga hidrostática. Por lo tanto, no todos los suelos tienen la misma permeabilidad”, de ahí que se considera dos tipos de suelo: como permeables e impermeables

- **Características hidrogeológicas:**

Se observó la presencia de acumulación de agua concentrada en puntos que se encuentran en la zona de influencia directa del lugar de estudio, identificando humedales alrededor de dicha zona, ubicadas aguas arriba donde no existe flujo superficial por la existencia de la quebrada.

Otros aportes hidrológicos son las precipitaciones, cuyas aguas se infiltran con facilidad por el suelo permeable que presenta.

Se muestra un esquema denotando el sentido del flujo de agua siguiendo la pendiente del terreno y hacia la quebrada en mención (Ver Figura N° 16).



**Figura 16,**Las líneas rojas representa líneas de flujo, la poligonal celeste representa el humedal de la zona.

De acuerdo al recorrido en campo realizado y según lo observado, indicamos que no existe acuífero en el área de estudio, por lo que el comportamiento hidráulico está referido al flujo sub superficial que atraviesa el área de estudio en dirección de la pendiente hacia la quebrada Lambras Huaycco (ver anexo 02)

- **Cálculos del dimensionamiento de los subdrenes**

En el diseño de subdrenes se consideró los registros de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación de Andahuaylas para un retorno de 25 años (42.60 mm).

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

Se consideró el caudal generado por infiltración de la precipitación y el caudal por abatimiento de agua subterránea.

- **Aporte de caudal por infiltración**

Para el cálculo de infiltración se calculó teniendo en cuenta la precipitación de la zona para 25 años de retorno con un  $t=0.20$  horas

$$Q_{INF} = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

$Q_{INF}$  : Caudal por Infiltración ( $m^3/s$ ).

C : Coeficiente de escorrentía (presenta pastos y vegetación ligera con pendiente mayor a 20% =0.50)

I : Intensidades de precipitaciones máximas horaria (mm/h)

A : Área de influencia a drenar ( $Km^2$ )

Reemplazando valores para el caudal de infiltración:  $Q_{INF} = 0.278 * C * I * A$

C : 0.50

A : 0.0088  $km^2$

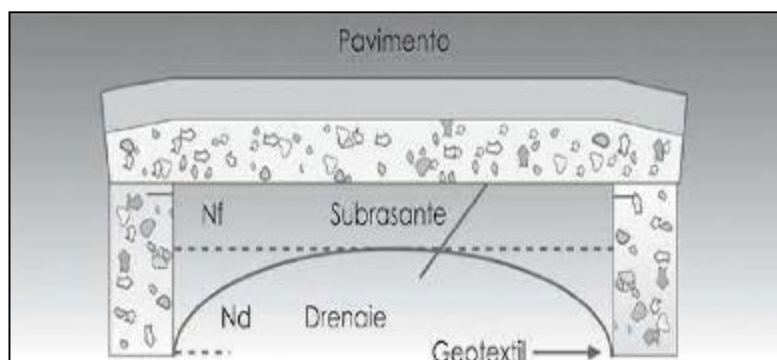
I : 69.70 (mm/h) periodo de retornó 25 años

$Q_{INF}$  : 0.0085  $m^3/s$

- **Aporte de caudal por infiltración por nivel freático**

El caudal de abatimiento se calculó teniendo en cuenta la permeabilidad del suelo y en la mayoría de los casos se presenta a los dos lados de la sección transversal del subdrén, el caudal de diseño ( $Q_{NF}$ ) debe ser considerado la contribución de ambos caudales.

**Figura 17,** Sección transversal de un sistema de sub drenaje lateral en vías



Fuente: PAVCO- Manual de Geosintéticos

$$Q_{NF} = k * i * Ae$$

$$i = (Nd - Nf) / B$$

$$Ae = (Nd - Nf) * L$$

Donde:

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.

i : Gradiente hidráulico.

Nd : Cota inferior del subdrén.

Nf : Cota superior del nivel freático.

Ae : Área efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático.

B : Para subdrenes longitudinales es el semi ancho de la vía y para subdrenes transversales se refiere a la distancia entre subdrenes.

L : Longitud del tramo de drenaje.

$Q_{NF}$ : Caudal por abatimiento del nivel freático.

Calculamos el gradiente hidráulico:

$$i = (Nd - Nf) / B$$

Nd : 1.20 m

Nf : 0.10 m

B : 38.98 m

i : 0.028

Cálculo del área efectiva en caso del abatimiento del nivel freático

$$Ae = (Nd - Nf) * L$$



Nd : 1.20 m  
 Nf : 0.10 m  
 L1 : 153.31 m  
 L2 : 115.11 m  
 Ae1 : 168.64 m<sup>2</sup>  
 Ae2 : 126.62 m<sup>2</sup>

Cálculo del caudal por abatimiento del nivel freático

$$Q_{NF} = k * i * Ae$$

Coeficiente de Permeabilidad del suelo :  $K = 1.6665 \times 10^{-5}$

El nivel freático se encuentra a los dos lados de la sección transversal del subdrén, por tanto, se considerará ambas contribuciones:

QNF1 : 0.00048 m<sup>3</sup>/s.  
 QNF2 : 0.00036 m<sup>3</sup>/s.  
 QNF TOTAL : QNF1 + QNF2 = 0.00084 m<sup>3</sup>/s.

La suma de los dos caudales anteriores se constituye en el caudal total de diseño.

$$Q_{FINAL} = Q_{INF} + Q_{NF}$$

QINF : 0.0085 m<sup>3</sup>/s  
 QNF : 0.00014 m<sup>3</sup>/s  
 QFINAL : 0.0088 m<sup>3</sup>/s

El agregado para colocar como material drenante, es grava, la cual tiene un tamaño uniforme de 2"; y la pendiente recomendada para el diseño es de 3% pendiente máxima de acuerdo a los parámetros establecido en el libro de drenaje de Billón Béjar.

• **Determinación de las dimensiones de la sección transversal**

Teniendo el caudal final Qf, el cual es la suma de los caudales calculados, se realiza el cálculo de la velocidad:

$$Q_{FINAL} = v * i * A$$

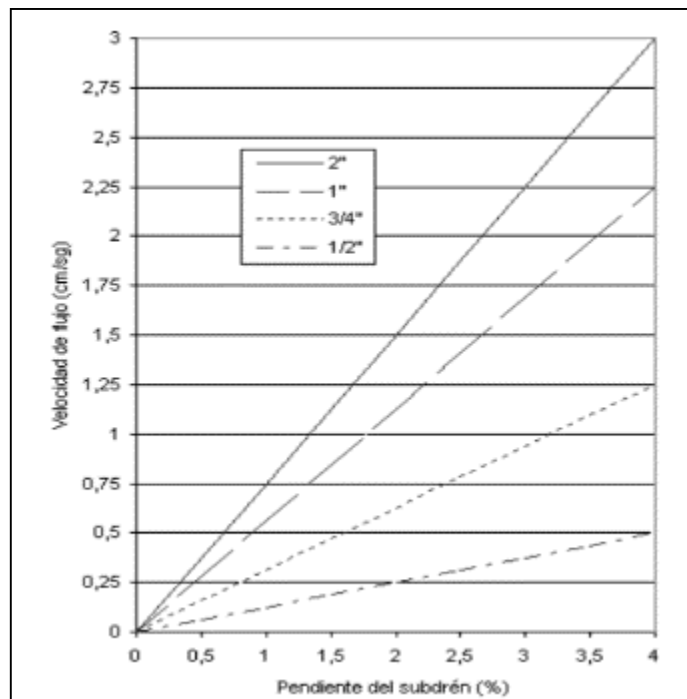
Donde:

Q<sub>final</sub> : Caudal final

- v : Velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el subdrén
- i : Gradiente Hidráulico que para el caso de subdrenes es igual a 1
- A : Área de la sección transversal del subdrén, normalmente se fija el ancho y se despeja su altura.

Para obtener la velocidad, se procede ingresando el valor de la pendiente del subdrén 3% en el eje de las abscisas y luego se traza una vertical que interceptará con la línea del tamaño del agregado 2", para luego trazar desde ese punto una línea horizontal hacia el eje de las ordenadas donde se encuentra los valores de la velocidad que se requiere obtener.

**Figura 18,** Pendiente vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme).



Fuente: Pavco – Manual de Geosintéticos

La velocidad obtenida es de:  $V = 2.27 \text{ cm/s} = 0.0227 \text{ m/seg}$ .

Para la dimensión trasversal del subdrén por lo general se considera el ancho de la pala de la retroexcavadora, en caso que el subdrén sea excavado a mano se recomienda ancho min. de 0.60m, con un traslape de 0.25 a 0.30m

Cálculo de las dimensiones de la sección transversal del subdrén:

$$Q_{FINAL} = v * i * A$$

V : 2.27 cm/s = 0.0227 m/seg.

i : 1.00

A : 0.38 m<sup>2</sup>

Base : 0.60 m

Reemplazando valores se tiene: Altura = 0.60 m

Sección Transversal : 0.60 x 0.60 m

• **Determinación de la tubería a utilizar.**

El diámetro de la tubería a utilizar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se ratifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Q_{FINAL} = \left(\frac{1}{n}\right) * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde:

QF : Caudal total calculado

n : Coeficiente de Manning Para tubería perforada usualmente es 0.013.

A : Área del tubo

R : AT/PT (Área Total / Perímetro Total) A tubo lleno

S : Pendiente de Subdrén.

Reemplazando datos:

n : 0.013

A :  $\pi * D^2 / 4$

R : D/4

S : 3% = 0.03

D : 0.10m. = 4"

• **Evaluación del geotextil a usar en el filtro.**

La selección (o elección) del geotextil se consideró según la información técnica de Pavco-Manual de Geosintéticos.



- **Criterio de retención (TAA).**

Según Christopher y Holtz (1983), Carol (1983), nos indica que un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde:

TAA : Tamaño de abertura aparente

D<sub>85</sub> : Tamaño de partículas (en milímetros) que corresponde al 85% del suelo que pasa al ser tamizada.

B : Coeficiente depende del tipo de suelo a filtrar, de las condiciones de flujo y del tipo del geotextil.

Para No tejidos: B=1.8 → TAA ≤ 1.8\*D<sub>85</sub>

Debe cumplir que: **TAA < D<sub>85</sub> \* B**

Reemplazando datos:

D<sub>85</sub> : 0.110 mm

B : 1.8

TAA < 0.198 mm

TAA = 0.150 mm Para geotextil **NT 3000** (anexo N°09)

0.150 < 0.198 mm **OK**

- **Criterio de Permeabilidad.**

Para revisar la permeabilidad del geotextil se tuvo en cuenta lo siguiente:

$$K_g > K_s$$

Donde:

K<sub>g</sub> : Permeabilidad del geotextil.

K<sub>s</sub> : Permeabilidad del suelo

Debe cumplir que: **K<sub>g</sub> > 10\* K<sub>s</sub>**

Reemplazando datos:

K<sub>s</sub> : 1.6665x10<sup>-5</sup> cm/s

K<sub>g</sub> > 1.6665x10<sup>-4</sup> cm/s

K<sub>g</sub> = 27x10<sup>-2</sup> cm/s Para geotextil **NT 3000** (Anexo N°09)

0.027 > 0.0001665 cm/s **OK**

- **Criterio de Colmatación**

Debe cumplir que la porosidad del geotextil debe ser mayor al 80%, esta función siempre va cumplir en todos los geotextiles no tejidos punzonados por agujas.

- **Criterio de Supervivencia**

**Tabla 5**, Los valores mínimos de los geotextiles son: (ver anexo N°09)

	Mínimo requerido		NT 3000	
Resistencia a la tensión (N)	700	<	703	<b>Ok</b>
Resistencia a la tensión(N)	250	<	400	<b>Ok</b>
Resistencia al rasgado trapezoidal (N)	250	<	295	<b>Ok</b>
Resistencia al estallido (KPa)	1300	<	2070	<b>Ok</b>

- **Cálculo hidráulico para la selección o elección del geotextil.**

- **Permitividad**

Habiéndose determinado el caudal final se procedió a calcular la permitividad requerida del geotextil, recurriendo al uso de la ecuación de Darcy.

$$Q = k * i * A$$

$$Q = k * \Delta h / t * A$$

$$k/t = Q / (\Delta h * H * L)$$

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

Donde:

$\Psi_{req}$  : Permitividad requerida del geotextil k/t.

$q_w$  : Caudal por unidad de longitud (teniendo el caudal final y la longitud del tramo en consideración, Q/L:

Q : Caudal total a evacuar calculado.

$\Delta h$  : Cabeza hidráulica, que es igual a la altura del sub drenaje.

A : Área conformada por la cara perpendicular a la entrada del caudal.

H : Altura del subdrén

L : Longitud del tramo de drenaje en consideración.

Reemplazando valores:

$\Delta h$  : 0.60 m

H : 0.60 m

L : 268.42 m.

$\Psi_{req}$  :  $8.97 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

Después de haber calculado la permitividad requerida por el sistema, lo relacionamos comparándolo con el valor del fabricante, luego si su característica es favorable, es decir supera la condición requerida, se tomará la permitividad suministrada por el fabricante, como es en este caso.

$\Psi_{ult.}$  :  $1.0 \text{ s}^{-1}$  para geotextil NT 3000 (Anexo N°09)

• **Permitividad Admisible:**

Para el cálculo de la permitividad última del geotextil NT 3000, calculamos la permitividad admisible, considerando los factores de reducción (Según la Tabla N°11)

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

Donde:

$\Psi_{adm}$  : Permitividad admisible.

$\Psi_{ult}$  : Permitividad última, entregada por el fabricante.

$FR_{SCB}$  : Factor de reducción por colmatación y taponamiento.

$FR_{CR}$  : Factor de reducción por creep o fluencia.

$FR_{IN}$  : Factor de reducción por intrusión.

$FR_{CC}$  : Factor de reducción por colmatación química.

$FR_{BC}$  : Factor de reducción por colmatación biológica.

**Tabla 6,**Factores de reducción para geotextiles en aplicación de drenajes.

Área	Colmatación	Reducción de vacíos por creep	Intrusión en los vacíos	Colmatación química	Colmatación biológica
	$FR_{SCB}$	$FR_{CR}$	$FR_{IN}$	$FR_{CC}$	$FR_{BC}$
Filtros en el espaldón de muros de contención	2.0 a 4.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	1.0 a 1.3
Sistema de subdrenaje	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 4.0
Filtros de control de erosión	2.0 a 10.0	1.0 a 1.5	1.0 a 1.2	1.0 a 1.2	2.0 a 4.0
Filtros en relleno sanitario	2.0 a 10.0	1.5 a 2.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	2.0 a 5.0
Drenaje por gravedad	2.0 a 4.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.2 a 1.5	1.2 a 1.5
Drenaje por presión	2.0 a 3.0	2.0 a 3.0	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3	1.1 a 1.3

Fuente: PAVCO- Manual de Geosintéticos

Remplazando valores:

$$\Psi_{ult} : 1.0 \text{ s}^{-1}$$

$$FR_{SCB} : 2$$

$$FR_{CR} : 1$$

$$FR_{IN} : 1$$

$$FR_{CC} : 1.2$$

$$FR_{BC} : 2$$

$$\Psi_{adm} : 0.21 \text{ s}^{-1}$$

Se tendrá que comparar la permitividad admisible con la requerida para la determinación del factor de seguridad global:

$$FSg : \Psi_{adm} / \Psi_{req}$$

$$FSg : 0.21 \text{ s}^{-1} / 8.97 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

$$2323 \gg 1.0 \quad \mathbf{OK}$$

De acuerdo al cálculo de criterios, se concluye que el geotextil NT 3000 es apto como medio filtrante para su utilización en el sistema de sub drenaje.

### **3.6.1.3 Proceso constructivo del sistema de subdrenes**

- Se realizó la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos y la presencia permanente del Ingeniero de Seguridad.
- Se procedió con el trazo y replanteo para dar inicio a las excavaciones de acuerdo a las dimensiones y cotas indicadas en los planos de la ingeniería de detalles, para la conformación de las terrazas que es parte de la infraestructura del relleno sanitario de Andahuaylas.
- Tomas fotográficas del proceso de ejecución de las terrazas para la infraestructura del relleno sanitario en mención.
  - Luego de concluir con la conformación de las terrazas del relleno sanitario, se procedió a la ejecución de las excavaciones de zanjas para instalar todos los componentes de los subdrenes, teniendo en cuenta las dimensiones, pendientes y cotas, previamente determinadas en los planos de detalles de ingeniería.
  - Las excavaciones para las zanjas de subdrenes son realizadas manualmente o con retroexcavadora a la profundidad diseñada.

- Continuando con el procedimiento constructivo del subdren se tiene la siguiente secuencia:
  - Colocación de la manta del Geotextil bordeando el fondo y paredes de la zanja, acomodando lo más ajustado posible al perímetro de la zanja y dejando por encima la cantidad de manta necesaria para que, una vez se acomode el material filtrante, se cubra con un traslape de 0.30 m. No se permitirá que el geotextil quede expuesto sin cubrirlo.
  - Sobre el geotextil, desde el fondo se coloca una capa especificada del material de filtro que son cantos rodados de río según diseño.
  - Luego colocamos, sobre la primera capa del material filtrante, la tubería perforada de acuerdo con lo especificado, teniendo en cuenta la pendiente determinada para estos casos.
  - Seguidamente, se rellena la zanja cubriendo la tubería instalada con el material filtrante.
  - Finalmente, completado el relleno con el material filtrante, se cubre toda la superficie de este relleno con la manta del geotextil que fue instalado inicialmente, realizando un traslape como proceso constructivo. Inmediatamente la superficie del geotextil expuesto será cubierta con un material granular seleccionado y compactado hasta la altura requerida, según los planos de detalles de ingeniería.
- A continuación, se presenta tomas fotográficas de lo descrito líneas arriba en forma resumida:



**Figura 19,** Vista de la excavación de subdrenes en la terraza N°03

- Para mayor explicación del proceso de ejecución realizada se indica lo siguiente:
- La instalación de los geotextiles se colocó cubriendo totalmente la parte inferior y las paredes laterales de la excavación de la zanja, acomodando la manta del geotextil para asegurar un buen contacto con la excavación realizada y dejando un traslape correspondiente de 0.30 m como mínimo.
- El material drenante se colocó dentro de la zanja y encima del geotextil extendiendo a lo largo del fondo de la zanja, empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación.
- La tubería de drenaje se instaló después de colocar un espesor de 5 centímetros del material drenante en el fondo de la zanja, con una pendiente de 3% de acuerdo a la topografía del terreno.
- Completado el relleno del filtro con material drenante, este se cubrirá totalmente con el geotextil haciendo el traslape de 30 cm mínimo, luego el geotextil será cubierto con el mismo material seleccionado del lugar, siendo colocado y compactado en capas sucesivas.



**Figura 20,**Vista del material drenante que está siendo cubierto por el geotextil.

- Presentamos imágenes panorámicas después de realizar la instalación de los subdrenes en las terrazas del “Relleno Sanitario de Andahuaylas”.



**Figura 21,,** Se observa el afloramiento de aguas subterráneas en terraza 02.



**Figura 22,**Vista del suelo húmedo en la plataforma de la terraza 03



**Figura 23,** Vista de las terrazas 01 sin presencia de humedad.

### **3.6.2 Instrumentos de recolección de datos**

- Flexómetro
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica

### **3.7 Procesamiento y análisis de datos**

Se hizo uso de los siguientes programas que ayudarán a procesar y/o obtener datos:

- ✓ Civil-CAD 3D, para la obtención y procesamiento de datos del levantamiento topográfico (relieve del terreno, movimiento de tierras)
- ✓ Auto CAD, para la elaboración de los planos.
- ✓ Ensayos en laboratorio de suelos.
- ✓ Excel para cuadros.

### **3.8 Aspectos éticos de la Investigación**

Los datos plasmados en la tesis fueron recolectados por el investigador



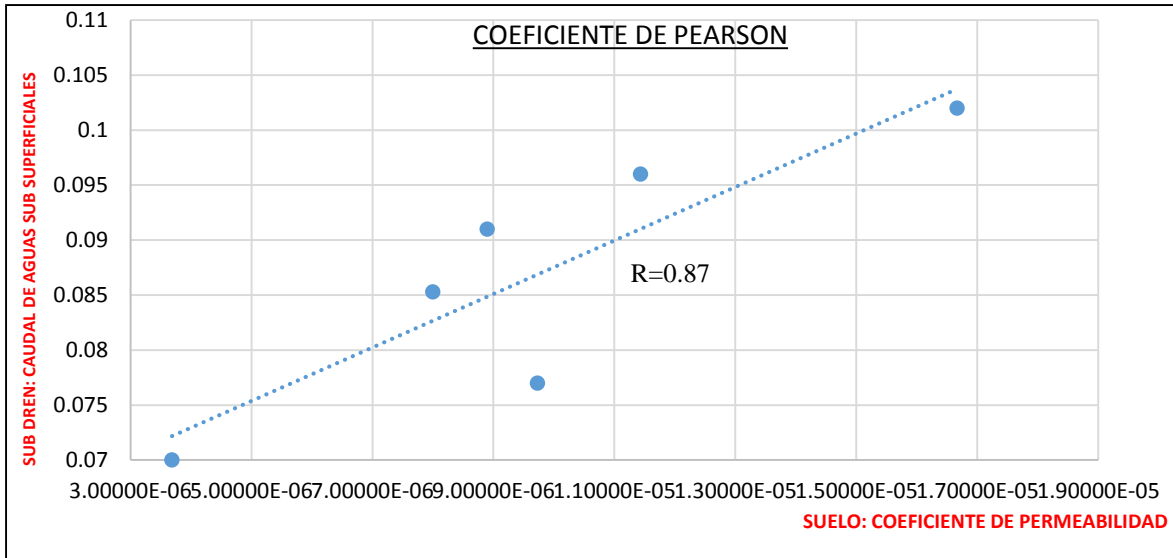
## CAPITULO IV RESULTADOS

**4.1** Determinar la relación de la instalación de sub drenes entre los suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018

**Tabla 7,** Cálculo de la correlación de Pearson

<b>Variable X<sub>1</sub></b> Coeficiente de permeabilidad	<b>Variable Y<sub>1</sub></b> Caudal de aguas sub superficial	<b>X<sub>1</sub> · Y<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	<b>Y<sub>1</sub><sup>2</sup></b>
3.68540E-06	0.070	2.58E-07	1.36E-11	0.0049
9.72690E-06	0.077	7.49E-07	9.46E-11	0.0059
7.99880E-06	0.085	6.82E-07	6.40E-11	0.0073
8.89780E-06	0.091	8.10E-07	7.92E-11	0.0083
1.14320E-05	0.096	1.10E-06	1.31E-10	0.0092
1.66650E-05	0.010	1.70E-06	2.78E-10	0.0104
<b>5.84059E-05</b>	<b>0.507</b>	<b>5.30E-06</b>	<b>6.60E-10</b>	<b>0.0460</b>
<b>MEDIA MARGINAL</b>	$X = \sum X_1 / N =$	<b>0.0000097</b>		
<b>MEDIA MARGINAL</b>	$Y = \sum Y_1 / N =$	<b>0.0869</b>		
<b>DESVIACION TIPICA MARGINAL</b>	$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum X_1^2}{N} - X^2}$	<b>0.0000039</b>		
<b>DESVIACION TIPICA MARGINAL</b>	$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum Y_1^2}{N} - Y^2}$	<b>0.0109</b>		
<b>COVARIANZA</b>	$\sigma_{xy} = \frac{\sum X_1 Y_1}{N} - X Y$	<b>3.69582E-08</b>		
<b>COEF. CORRELACION</b>	<b>r</b>	<b>0.87</b>		
<b>R = 0.87</b>	<b>Relación positiva considerable</b>			

Figura 24, Coeficiente de correlación de Pearson



## 4.2 Diseño del método de subdrenes a instalar en función de los suelos finos

### 4.2.1 Estudio climatológico:

- Temperatura máxima media mensual (ver anexo 03)

Tabla 8, Valores de temperatura máxima media mensual °C

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACIÓN ANDAHUAYLAS													
T. Media	19.17	19.72	19.60	20.03	20.22	19.64	18.43	20.05	20.69	21.41	22.42	21.05	20.20
T. Máxima	23.34	21.17	22.37	21.95	22.95	20.84	21.14	21.21	22.59	22.77	24.02	22.48	21.80
T. Mínima	18.35	18.40	18.63	18.46	19.17	17.94	17.35	18.45	19.03	19.98	20.15	19.52	18.36

Fuente: Recopilación de datos de senamhi

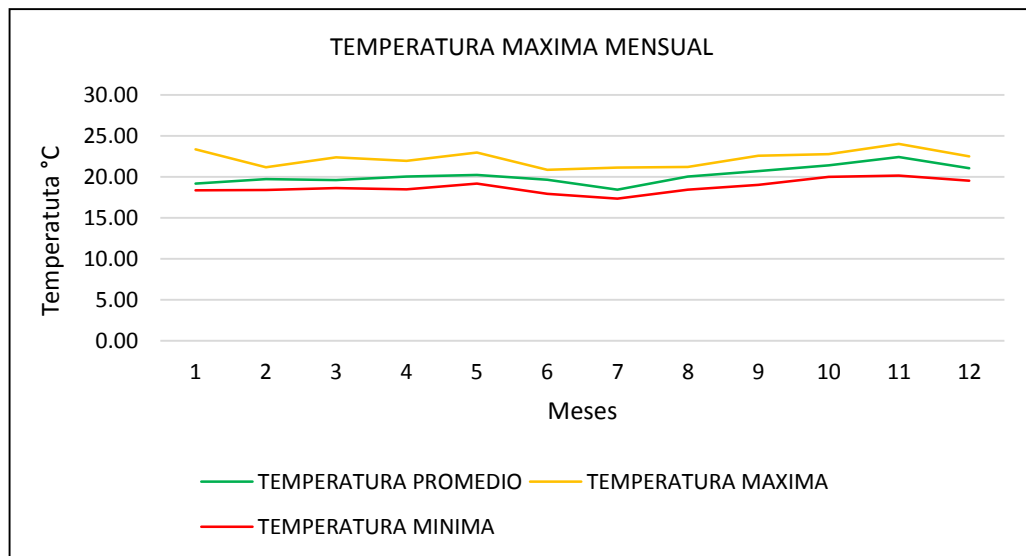


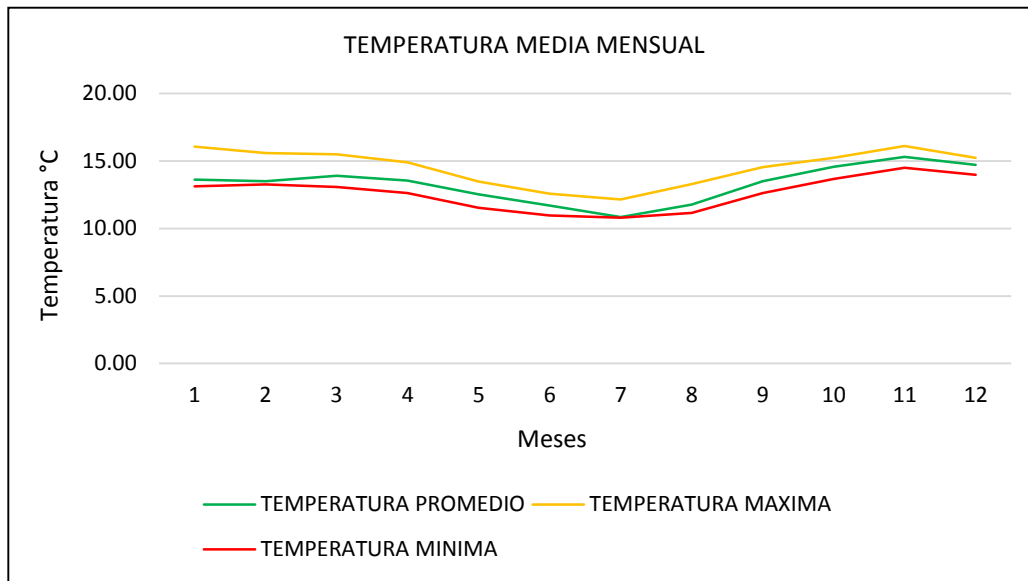
Figura 25, Comportamiento de la temperatura máxima media mensual °C

• **Temperatura media mensual** (ver anexo 03).

**Tabla 9,**Valores de temperatura media mensual °C

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACIÓN ANDAHUAYLAS													
T. Media	13.63	13.50	13.92	13.55	12.54	11.70	10.84	11.77	13.52	14.58	15.32	14.73	13.30
T. Máxima	16.06	15.60	15.51	14.92	13.48	12.58	12.16	13.29	14.56	15.23	16.11	15.25	14.34
T. Mínima	13.14	13.27	13.07	12.62	11.55	10.98	10.81	11.16	12.63	13.68	14.50	13.98	12.18

Fuente: Recopilación de datos de senamhi



**Figura 26,**Comportamiento de la temperatura media mensual °C

• **Temperatura mínima media mensual** (ver anexo 03).

**Tabla 10,** Valores de temperatura mínima media mensual °C

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ESTACIÓN ANDAHUAYLAS													
T. Media	8.81	9.35	8.98	7.33	4.82	3.58	2.95	4.58	6.52	7.66	7.92	8.89	6.78
T. Máxima	10.65	10.68	10.19	8.67	6.21	5.22	4.92	6.21	7.78	8.77	9.39	10.03	7.65
T. Mínima	7.42	8.01	7.09	4.13	3.68	0.87	0.52	1.55	4.21	5.47	3.96	5.95	4.92

Fuente: Recopilación de datos de senamhi

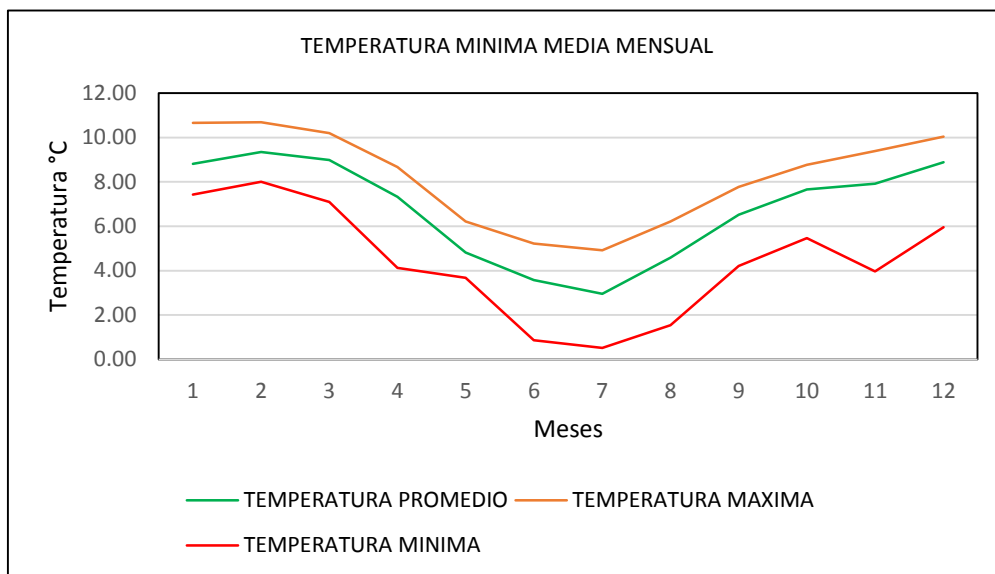


Figura 27, Comportamiento de la temperatura mínima media mensual °C

• **Precipitación** (ver anexo 03).

Tabla 11, Valores promedio de la precipitación total mensual (mm)

PARÁMETRO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>PROMEDIO</b>	136.48	135.97	110.81	39.69	18.36	6.87	12.22	16.99	30.56	46.72	52.23	100.41	707.31
<b>MÁXIMA</b>	227.40	251.50	153.40	61.60	73.10	23.70	39.40	53.70	84.60	112.30	104.80	231.80	1034.00
<b>MÍNIMA</b>	43.00	82.40	25.60	8.90	0.10	0.00	0.00	0.50	3.20	24.70	26.00	42.50	452.10

Fuente: Recopilación de datos de senamhi

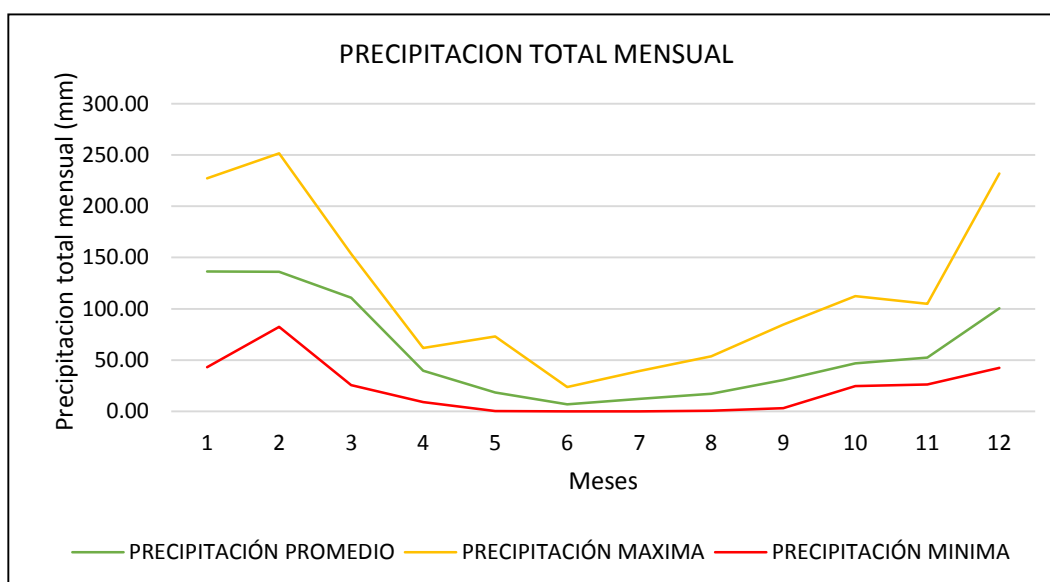
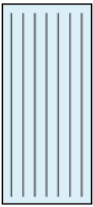

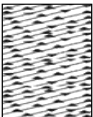



Figura 28, Comportamiento de la precipitación mensual promedio

## 4.2.2 Mecánica de suelo


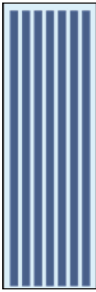
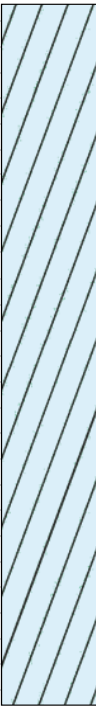
### Calicata N°01:

Tabla 12, Registro de excavación M-1

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
"EVALUACION GEOTECNICA DE LA INSTALACIÓN DE SUBDRES EN SUELOS FINOS PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA SUBSUPERFICIALES EN ÁREAS DE RELLENO SANITARIO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC."				CALICATA :	01
				UBICACIÓN:	SAN JOSE
				FECHA:	Feb-18
				FLUJO INTERNO:	2.0 M
				PROFUNDIDAD:	5.00 M
				DIMENSIONES:	120 X 1.20M
				COORDENADAS:	676986 8488724
ELABORADO POR:	MIGUEL RAMOS GUTIERREZ				
CLIENTE:	BACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO				
(M) PROF.	MUESTRA	NIVEL FREÁTICO	GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
0.20				ML	suelo limoso ligeramente humedo (parcela agricola) color marron oscuro, de consistencia suave)
0.40					
0.60					
0.80					
1.00				CH	suelo arcilloso húmedo colo plumizo amarillento, de consintencia ligeramente compacto, se observa la presencia arena muy escasa
1.20					
1.40					
1.60					
1.80	M1				
2.00		▼			
2.20					
2.40					
2.60					
2.80					
3.00					
3.20				suelo arcilloso saturado color plumizo verdoso a amarillento, de consistencia plastica, se observa la presencia de filtraciones en las paredes laterales	
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60				SC	suelo areno arcilloso ligeramente húmedo de color plumizo, naranja presenta consistencia compacta
4.80					
5.00				ROCA	roca en estado de alteracion humeda de color plumizo naranka, presenta consistencia compacta
5.20					

## Calicata N°02:

Tabla 13, Registro de excavación M-2

REGISTRO DE EXCAVACIÓN						
"EVALUACION GEOTECNICA DE LA INSTALACIÓN DE SUBDRES EN SUELOS FINOS PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA SUBSUPERFICIALES EN ÁREAS DE RELLENO SANITARIO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC-"					CALICATA :	02
					UBICACIÓN:	SAN JOSE
					FECHA:	Feb-18
					FLUJO INTERNO:	2.7 M
					PROFUNDIDAD:	10.00 M
					DIMENSIONES:	120 X 1.20M
					COORDENADAS:	676941 8488701
ELABORADO POR:	MIGUEL RAMOS GUTIERREZ					
CLIENTE:	BACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO					
(M) PROF.	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION	
0.20				ML	Suelo limoso ligeramente humedo con presencia de gravillas escasas presenta una consistencia ligeramnete compacta y coloración marrón.	
0.40						
0.60						
0.80						
1.00						
1.20				MH	Suelo residual limo ligeramente húmedo de color amarillento, presenta consistencia compacta.	
1.40						
1.60						
1.80						
2.00	M1					
2.20						
2.40				CL	Suelo residual arcillo limoso húmedo a saturado de color marrón amarillento, de consistencia compacta. A los 2.70m se observa filtraciones de las paredes laterales, a los 5.0m las filtraciones se incrementan un flujo de mayor caudal (chorro de agua). Este flujo no permite apreciar el nivel base del flujo, por lo que no se determino el especor de la capa saturada.	
2.60		▼				
2.80						
3.00						
3.20						
3.40						
3.60						
3.80						
4.00						
4.20						
4.40						
4.60						
4.80						
...						
10.00	M2					

### Calicata N°03:

Tabla 14, Registro de excavación M-3

REGISTRO DE EXCAVACIÓN					
"EVALUACION GEOTECNICA DE LA INSTALACIÓN DE SUBDRES EN SUELOS FINOS PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA SUBSUPERFICIALES EN ÁREAS DE RELLENO SANITARIO - ANDAHUAYLAS - APURIMAC-"				CALICATA :	03
				UBICACIÓN:	SAN JOSE
				FECHA:	Feb-18
				FLUJO INTERNO:	4.0M
				PROFUNDIDAD:	10.00 M
				DIMENSIONES:	120 X 1.20M
				COORDENADAS:	676923 8488627
ELABORADO POR:	MIGUEL RAMOS GUTIERREZ				
CLIENTE:	BACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO				
(M) PROF.	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GRAFICO	SUCS	DESCRIPCION
1.00				SP-SM	Suelo limo ligeramente húmedo con presencia de gravilla escasa, presenta una consistencia ligeramente compacta y coloración marrón claro.
2.00				CH	Suelo residual limo arenoso ligeramente húmedo de color marrón amarillento, presenta consistencia compacta
3.00	M1				
4.00	M2	▼		CL	Suelo residual arcilloso (tura negra) húmedo a saturado de color negro a negro plomizo, presenta consistencia media. Además a los 4.0 se observa filtraciones de las paredes laterales, este paquete de turba saturada termina a los 6.0m.
5.00					
6.00					
7.00				MH	Suelo limo arcilloso ligeramente húmedo color marrón, de consistencia compacto, en este paquete no presenta filtraciones
8.00					
9.00					
10.00	M3				

Se realizaron 03 calicatas con la finalidad de realizar ensayos de mecánica de suelos, los resultados obtenidos del ensayo de laboratorio según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) como se muestra en la siguiente tabla. (ver anexo 08).

**Tabla 15,** Resumen de clasificación de las calicatas

CALICATA	MUESTRA	PROF.	GRANULOMETRIA			LIMITES (%)			CLASIF.	LIMOS ARCILLAS
			GRAVA	ARENA	FINOS	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	
C-1	M-1	2.00	0.00	12.61	87.39	70.50	33.50	37.00	CH	
C-2	M-1	3.00	1.11	31.47	67.42	57.39	31.25	26.14	MH	
C-2	M-2	10.00	0.10	29.27	70.63	33.50	21.50	12.00	CL	
C-3	M-1	2.00	8.08	15.48	76.44	59.50	29.50	30.00	CH	
C-3	M-2	3.00	0.00	20.53	79.47	39.50	22.70	16.80	CL	
C-3	M-3	10.00	0.00	29.08	70.92	51.50	31.20	20.30	MH	

#### 4.2.3 Coeficiente de permeabilidad (ver anexo N°08)

**Tabla 16,** Rangos de permeabilidad relativos por tipo de suelo

Permeabilidad relativa	Valores de k (cm/seg)	Suelo típico
Muy permeable	$>1*10^{-1}$	Grava gruesa
Moderadamente permeable	$1*10^{-1}$ a $1*10^{-3}$	Arena, arena fina
Poco permeable	$1*10^{-3}$ a $1*10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
Muy poco permeable	$1*10^{-5}$ a $1*10^{-7}$	Limo y arenisca fina
Impermeable	$< 1*10^{-7}$	Arcilla

Fuente: Terzaghi K. y Peck R.;1980

**Tabla 17,** Valores de coeficiente de permeabilidad según laboratorio

Calicatas	Coeficiente de permeabilidad k (cm/s)
C1-M1	$3.6854 \times 10^{-6}$
C2-M1	$9.7269 \times 10^{-6}$
C2-M2	$7.9988 \times 10^{-6}$
C3-M1	$9.8978 \times 10^{-6}$
C3-M2	$1.1432 \times 10^{-5}$
C3-M3	$1.6665 \times 10^{-5}$



• Ubicación de calicatas en el área del Relleno Sanitario

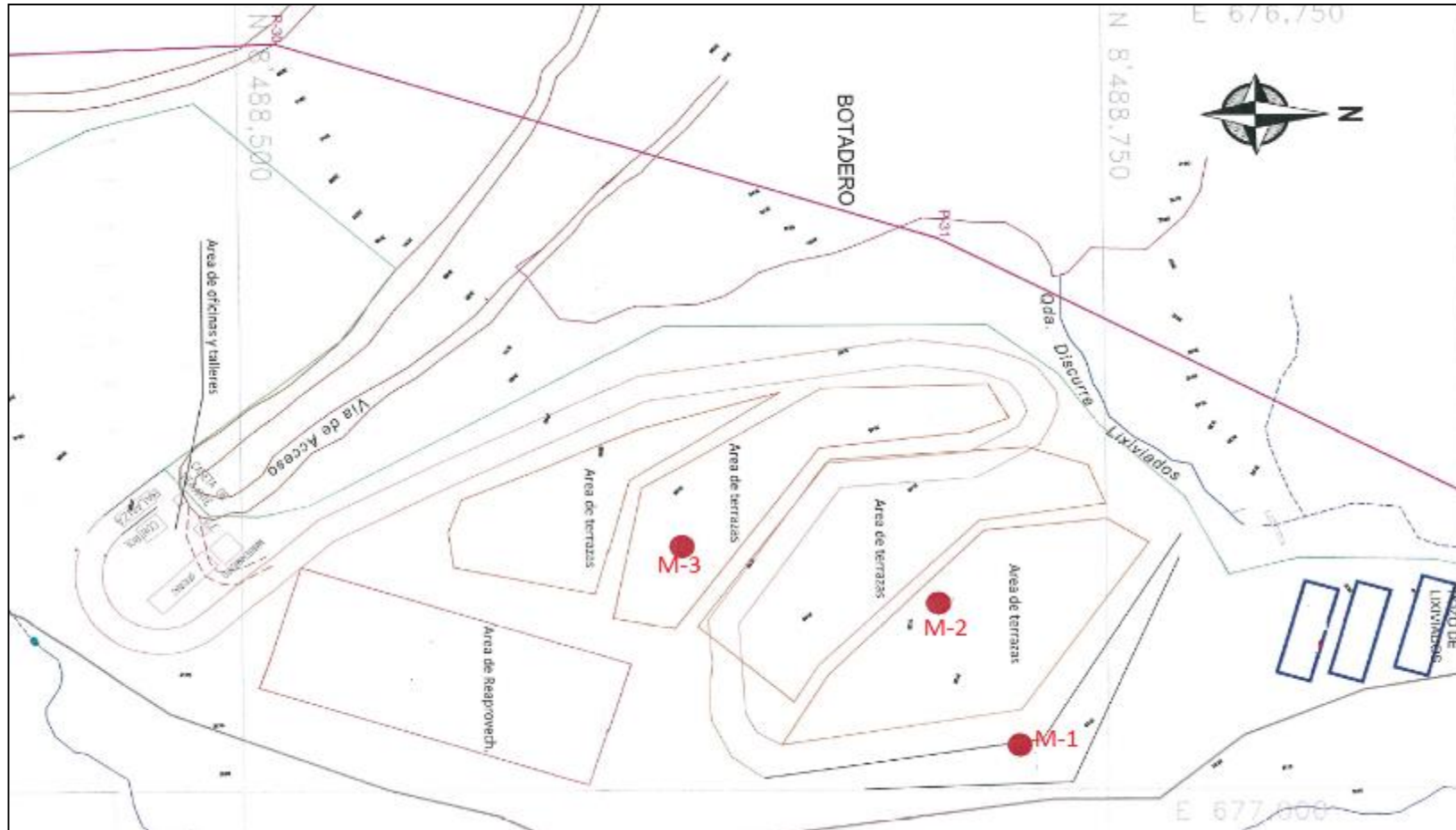


Figura 29, Ubicación de calicatas

#### 4.2.4 Diseño de análisis de sub drenaje

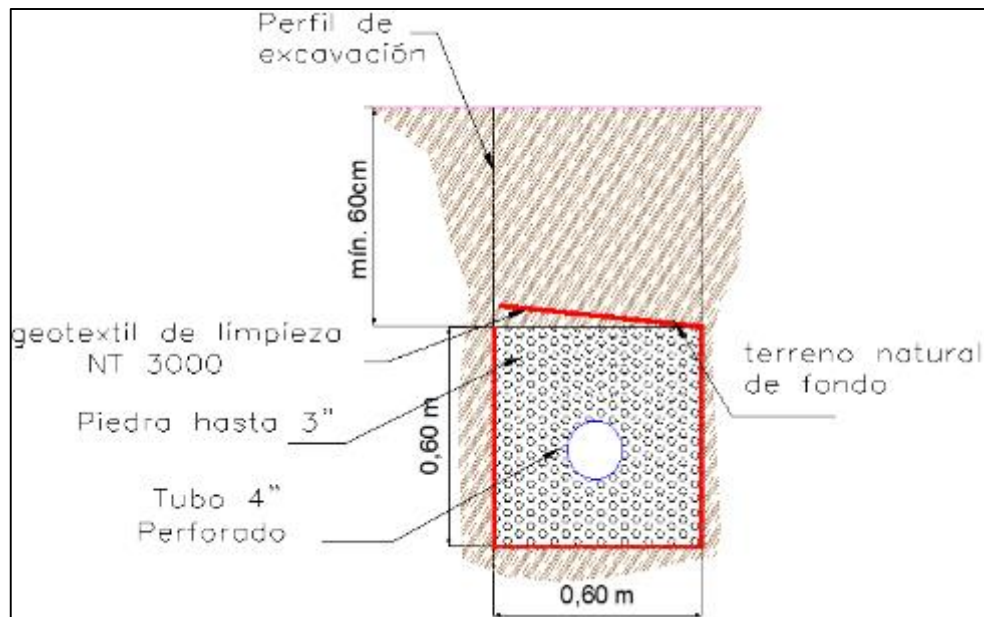


Figura 30, diseño de análisis de sub drenaje de zanja

#### 4.2.5 Características hidrogeológicas:

Se muestra el esquema de la tendencia de la instalación del sistema de los subdrenes de agua sub superficial que son conducidas hacia la quebrada cercano a la zona operativa. (Ver Figura N° 33)

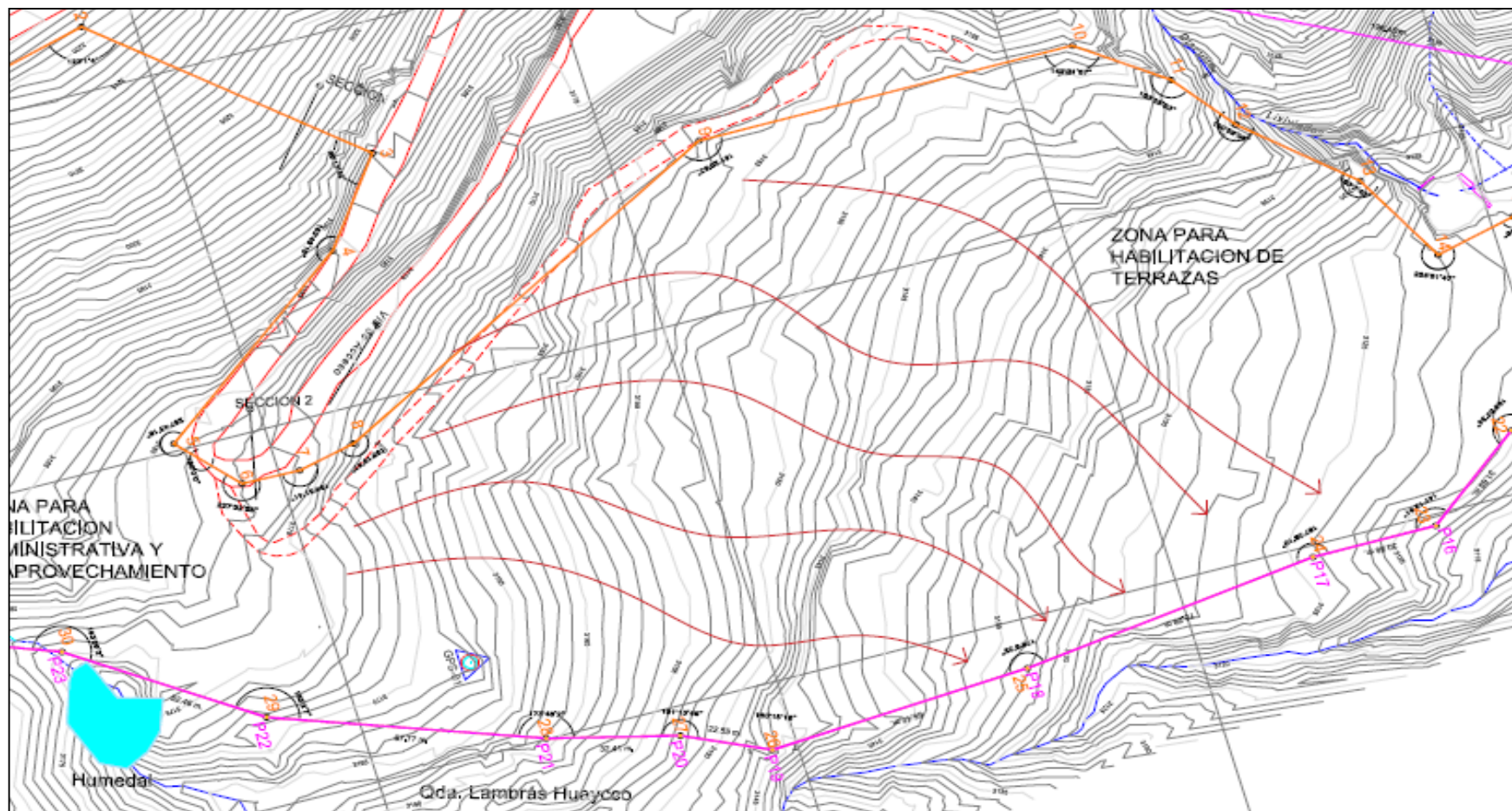


Figura 31., Esquema del flujo de agua en el área de estudio en relación a la pendiente de la quebrada



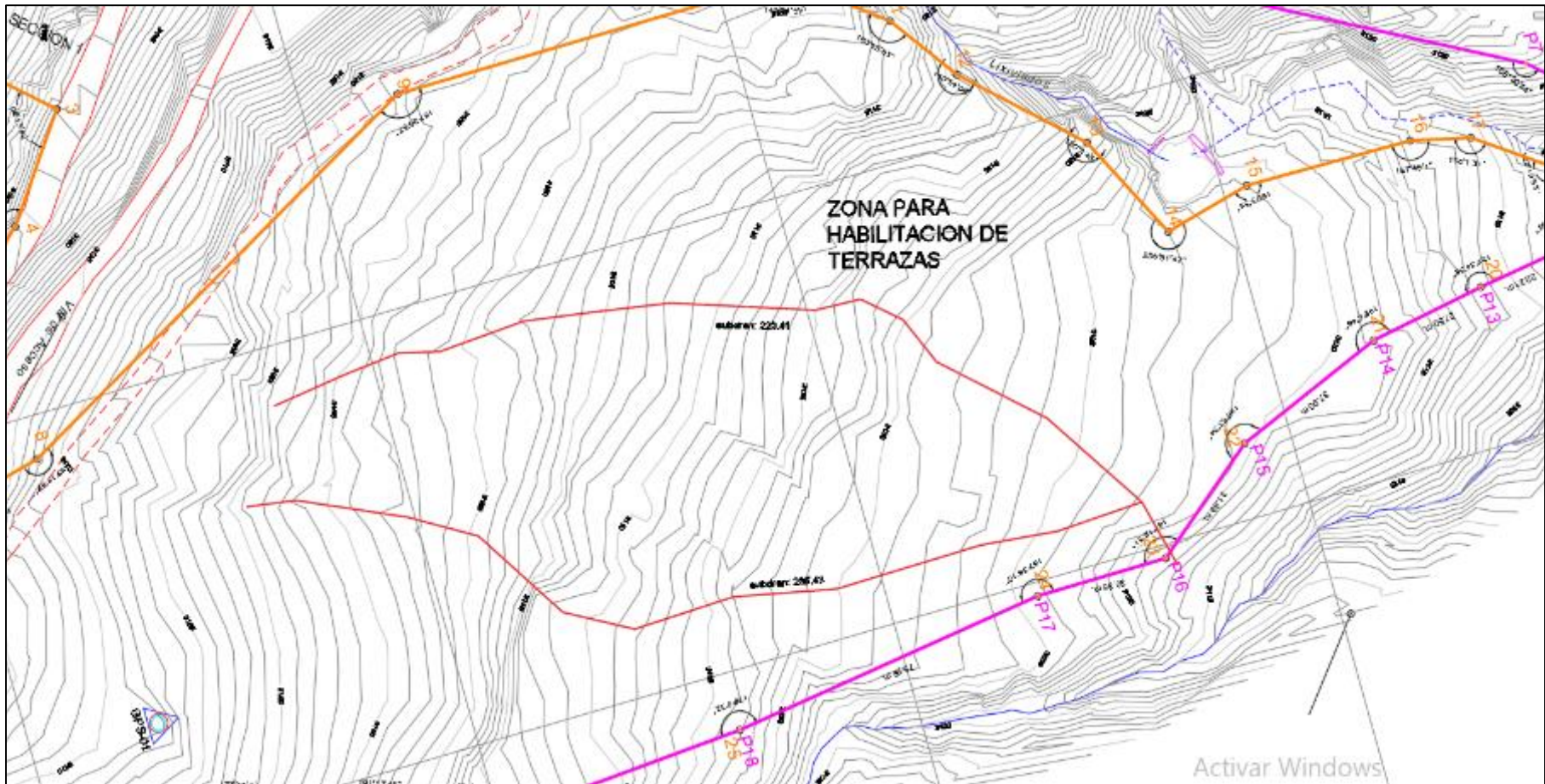


Figura 32, Diseño de la instalación de los sub drenes de aguas sub superficiales

### 4.3 El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función de los suelos finos.

#### 4.2.1 Caudal de diseño

En el diseño de subdrenes se consideró los registros de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación de Andahuaylas (ver anexo 05)

Tabla 18, Precipitación máxima en 24horas de la estación de Andahuaylas

AÑO	PPM24H	AÑO	PPM24H
1997	22.2	2008	23.5
1998	32.7	2009	22.2
1999	23.8	2010	36.3
2000	30.5	2011	28.1
2001	25.8	2012	29.3
2002	24.8	2013	40.2
2003	25.7	2014	31.3
2004	19.9	2015	19.9
2005	35.3	2016	30.8
2006	43.3	2017	31.8
2007	29.2		

Fuente: Recopilación de datos de senamhi

Se realizó el cálculo de ajustes a los datos disponibles de la estación Andahuaylas con las siguientes distribuciones para cada periodo de retorno. Se muestra a continuación los valores finales de precipitación máxima en 24 horas.

Tabla 19, Calculo de PPM24H según las distribuciones estadísticas analizadas (ver anexo 05)

PERIODO DE RETORNO	PRECIPTACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS (mm)						
	NORMAL	LOG NORMAL 2 PARAMETROS	LOG NORMAL 3 PARAMETROS	GAMMA 2 PARAMETROS	GAMMA 3 PARAMETROS	GUMBEL	LOG GUMBEL
<b>5</b>	34.34	34.11	<b>33.73</b>	33.86	33.98	33.76	33.42
<b>10</b>	37.20	37.64	<b>37.07</b>	36.94	37.34	37.72	38.33
<b>25</b>	40.24	41.82	<b>41.03</b>	40.41	41.20	42.72	45.57
<b>50</b>	42.21	44.76	<b>43.81</b>	42.77	43.86	46.43	51.81
<b>100</b>	43.97	47.58	<b>46.48</b>	44.95	46.36	50.12	58.85
<b>200</b>	45.59	50.32	<b>49.08</b>	47.01	48.73	53.79	66.82
<b>500</b>	47.55	53.85	<b>52.43</b>	49.56	51.70	58.64	79.00
<b>1000</b>	48.93	56.47	<b>54.92</b>	51.37	53.83	62.30	89.66

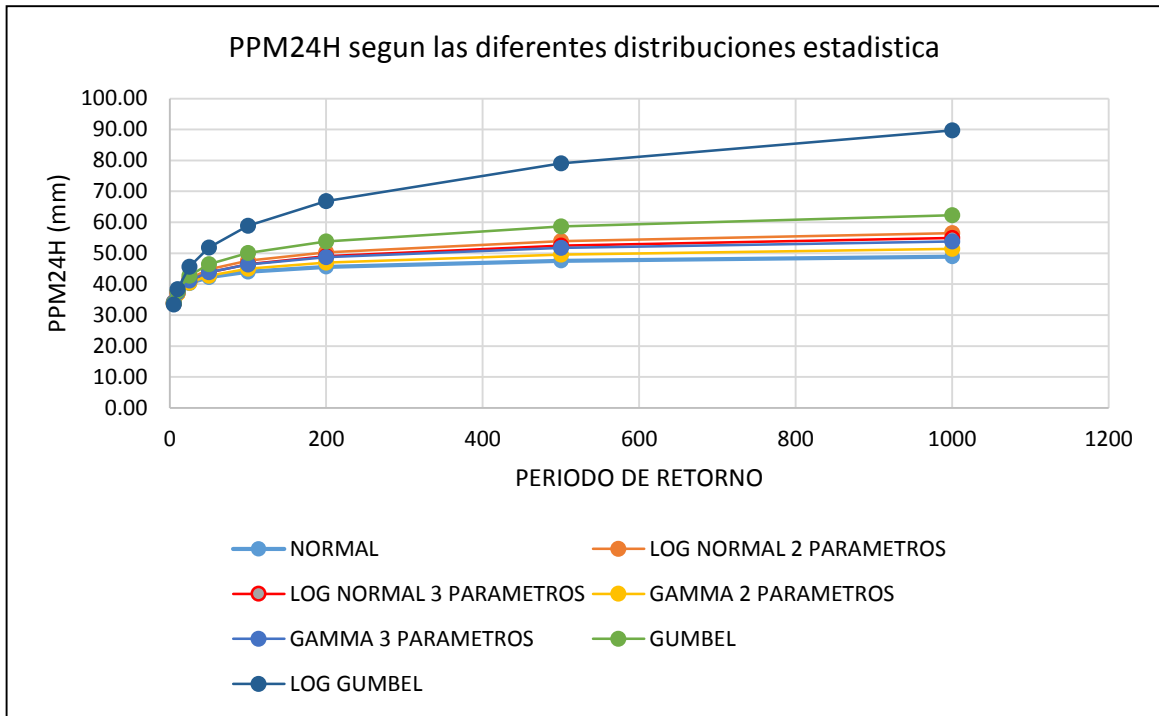


Figura 33, PPM24H según las diferentes distribuciones estadísticas.

Tabla 20, Valores de precipitación máximas en 24 horas según Log Normal 3 parámetro (ver anexo 05)

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	PPM24H
5.0	33.73
10.0	37.07
25.0	41.03
50.0	43.81
100.0	46.48
200.0	49.08
500.0	52.43
1000.0	54.92

Tabla 21, Valores de caudal de diseño (ver anexo 06)

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	Q diseño) (m3/s)
5.0	0.0700
10.0	0.0770
25.0	0.0853
50.0	0.0910
100.0	0.0966
200.0	0.1020
500.0	0.1089
1000.0	0.1141

#### 4.2.2 Resumen de las características del subdren.

Tabla 22, Cuadro de resumen del dimensionamiento de subdren

Dimensionamiento de subdren	
Base	0.60 m
Altura	0.60 m
Tubería (longitud)	268.42 ml.
☉ Tubería	4"
Pendiente	3%
Canto rodado	2"
Geotextil	NT 3000

#### 4.4 Proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función de los suelos finos.

- Concretamente se puede mencionar que los trabajos se ejecutaron con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación masiva para la conformación de las terrazas, excavación de zanjas para los subdrenes y luego continuando con el procedimiento de construcción de sub drenes propiamente dicha en todas sus etapas, con la finalidad de evitar que los materiales queden expuestos y con el menor tiempo posible





## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### **5.1 La instalación de subdrenes de aguas sub superficiales se relacionó directamente con los suelos finos y logró evacuar las aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario de Andahuaylas – Apurímac 2018.**

De acuerdo a los datos procesados se obtuvieron resultados de laboratorio según las calicatas muestreadas en campo y entre ellos se obtuvo el coeficiente de permeabilidad del suelo, que según Jaime Suarez nos indica que: “la permeabilidad es el que permite el paso del agua a través de sus vacíos, bajo la acción de una carga hidrostática”, por tanto, de acuerdo a las muestras procesadas presentan un coeficiente de permeabilidad que va desde  $1.666 \times 10^{-5}$  hasta  $9.8978 \times 10^{-6}$  y que están consideradas con esos valores dentro de los suelos limos arcillosos de muy poca permeabilidad como se muestra en la tabla N°16, es así que la permeabilidad del suelo estudiado guarda relación con nuestra variable X1 “suelos finos”; para buscar la relación con nuestra variable Y1 “subdrenes” se optó por la verificación y se obtuvo resultados del flujo sub superficial drenado, después de haber instalado los subdrenes de zanja, obteniendo 06 muestras de caudal realizadas cada tres días y luego semanal como se muestra en la tabla N°07, determinando así el grado de relación que tienen mis dos variables según el coeficiente de Pearson dando como resultado  $r=0.87$ . El drenaje del flujo de agua sub superficiales va depender mucho de la permeabilidad del suelo, es así, que. En la figura N°24 el coeficiente de Pearson muestra que el caudal del sub drenaje tiene una relación positiva considerable en función a la permeabilidad del suelo, demostrando así que la hipótesis planteada es

correcta es decir que, está logrando evacuar las aguas sub superficiales de las terrazas del relleno sanitario de Andahuaylas

Logro aportar mediante esta investigación el mejoramiento de la estabilidad de las plataformas del relleno sanitario de Andahuaylas y su estructura en general que lo conforma ,mediante la instalación de los subdrenes de zanjas considerando como parte de la cimentación de las terrazas del relleno sanitario que evitara el colapso de la estructura durante la etapa operativa de la disposición final de los residuos sólidos, que en caso contrario si generaría el colapso de la estructura provocaría una contaminación del agua sub superficial con los lixiviados y perjudicarían al medio ambiente y a la población en general ya que ellos hacen uso las aguas sub superficiales para los riegos de cultivos.

También podemos afirmar según Mónica, (2007), “en cualquier tipo de obra de estabilización, es vital importancia el diseño e implementación de un sistema eficiente de sub drenaje que permite garantizar su durabilidad, funcionalidad y seguridad de las obras a proteger”.

De acuerdo a lo señalado según el libro de deslizamiento técnicas de remediación tomo II, Jaime Suarez afirmamos que: “la función principal de los subdrenes es disminuir las presiones de poros o impedir que estas aumenten. A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor”.

## **5.2 El diseño del método de subdrenes de zanja a instalar en función de suelos finos es el adecuado para evacuar aguas sub superficiales.**

De acuerdo a los estudios realizados según la tabla N°12 registro de la calicata N°01, observamos que hubo presencia de flujo sub superficiales a 2.00 m de profundidad encontrando un material arcilloso de color plomizo amarillento, según la tabla N°13 registro de la calicata N°02, se visualiza que a 2.40 m de profundidad se encuentra material arcilla limosa de húmedo a saturado y color marrón amarillento, según la tabla 14 registro de la calicata N°03 se determinó la presencia de flujo sub superficial a los 3.00 m de profundidad con material arcilloso saturado, considerando y verificando que estamos en un suelo inestable con presencia de flujo sub superficial; de acuerdo a la tabla N°15 indicamos el resumen de las 03 calicatas que se realizó insitu, de las cuales se obtuvieron 06 muestras donde se evaluó la

estratigrafía que presenta según la clasificación SUCS y que están adjuntadas en el anexo N°08, según los resultados nos indica que estamos frente a un suelo de material limo arcilloso; según la figura N°31, de acuerdo a las calicatas de la tabla N°12,13,14, realizadas indica que no existe nivel freático, pero, si existe un flujo sub superficial que, si afecta al área de trabajo, así como se detalla en el anexo N°02. Al considerar los resultados de las tablas en estudio con respecto al tipo de suelo, partiendo como resultado de un suelo fino de característica limo arcilloso y muy baja permeabilidad según la tabla N°16, N°17 y de acuerdo a lo señalado sobre la permeabilidad obtenida del suelo según el libro de deslizamiento técnicas de remediación tomo II, Jaime Suarez afirmamos que: “el grado de permeabilidad de un suelo se mide por su coeficiente de permeabilidad, es decir, la propiedad de un suelo que permite el paso de agua a través de sus vacíos es un suelo permeable”, por tanto puedo afirmar que la hipótesis planteada es correcta de acuerdo al autor Jaime Suarez que, “la función principal de los subdrenes es disminuir las presiones de poros o impedir que estas aumenten. A menor presión de poros la resistencia del suelo es mayor”.

De acuerdo a la tabla N°08 de temperatura máxima media mensual; la estación Andahuaylas durante el periodo 1997-2017 registro una temperatura media anual de 20.20 °C, la temperatura mínima media anual registrada es de 18.36 °C y la temperatura máxima media anual alcanzo en valor de 21.80°C. La temperatura máxima media mensual vario entre 24.02 °C y 17.35°C. Consideramos que las mayores temperaturas se presentaron en el mes de octubre y noviembre, las menores temperaturas se presentaron en el mes de julio, se puede apreciar el comportamiento de la temperatura promedio a lo largo del año en la figura N°25; de acuerdo a la tabla N°09 de temperatura media mensual; la estación Andahuaylas registro una temperatura media anual de 13.30°C, la temperatura mínima media anual registrada es de 12.18°C y la temperatura máxima media anual alcanzo en valor de 14.34°C. La temperatura media mensual vario entre 16.11°C y 10.81°C. Según la tabla N°08 se registró una temperatura máxima media mensual de 24.02°C y se encuentra aproximadamente 8°C por encima de la temperatura media mensual a lo largo del año. La mayor temperatura media

presenta en el mes de octubre y noviembre, la menor temperatura media presenta en el mes de julio, se observa el comportamiento de la temperatura media mensual a lo largo del año en la figura N°26; según la tabla N°10 de la temperatura mínima media mensual; y la estación de Andahuaylas también registro una temperatura mínima media anual de 6.78°C, la temperatura máxima media anual registrada es de 7.65°C y la temperatura mínima media anual alcanzo un valor de 4.92°C. La temperatura mínima media mensual vario entre 10.68°C y 0.52 °C. Se registró una temperatura mínima media anual de 0.52°C y según la tabla N°09 se encuentra aproximadamente 10.2°C por debajo de la temperatura mínima mensual a lo largo del año, se aprecia el comportamiento de la temperatura mínima media mensual a lo largo del año en la figura N°27; para el diseño de los subdrenes se tomó en cuenta los estudios de temperatura máximas y mínimas que registró anualmente la estación de Andahuaylas, siendo así que influye directamente el balance del agua en relación al suelo, los meses de suelos secos se presentan en octubre y noviembre con temperaturas máximas de calor, meses donde el suelo pierde agua por evapotranspiración y que conlleva a la disminución el flujo sub superficial, el mes que presenta mínima temperatura es julio en donde el suelo tiene la capacidad de retención en función a sus características físicas, por tanto este escurrirá el agua superficialmente y sub superficialmente.

Según la tabla N°11 de precipitación; se analizó los datos de precipitación según la estación de Andahuaylas las máximas precipitaciones se dan entre los meses de octubre a marzo, durante dicho promedio la precipitación mensual máxima es de 251.50 mm en el mes de febrero del año 2010 y la precipitación anual máxima ascendió a 1034 mm en el año 2012. Las mínimas precipitaciones se dan entre los meses de marzo a setiembre, durante dicho promedio la precipitación mínima es de 0.0 mm en los meses de junio de 2005,2014 y julio de 2006. La precipitación anual mínima ascendió a 452.10 mm en el año 1998. Las mayores precipitaciones mensuales promedio se dan entre los meses de noviembre a marzo, dentro de ello la precipitación máxima mensual promedio ascendió a 136.48 mm. en el mes de enero y la precipitación mínima promedio es de 6.87 mm en el mes de junio. En un año promedio se registran precipitaciones de aproximadamente

707.31 mm totales al año. Según la figura N°28 observamos el comportamiento de la precipitación mensual a lo largo de un año promedio, por tanto, es importante definir para el diseño de los subdrenes en relación a la hidrología en la zona.

Después de haber obtenido y procesado los datos geológicos e hidrológicos del área de estudio, entonces, podemos definir el sistema de subdrén a instalar para evacuar aguas sub superficiales, sabiendo que, presenta un suelo limo arcilloso de baja permeabilidad y porte de flujo sub superficial características que se adaptan para la construcción de un sistema de subdrén de zanjas como se muestra e la figura N°30.

Se deduce que la hipótesis planteada es correcta en determinar el diseño adecuado como indica el libro de deslizamiento técnico de remediación tomo II, según el autor Jaime Suarez que: “los subdrenes de zanjas son excavaciones realizadas manualmente o con retroexcavadora, con el objetivo de captar y trasportar agua subterránea y de esa forma abatir el nivel freático, constituyen un sistema de tratamiento muy bueno para los deslizamientos poco profundos y con niveles freáticos superficiales, tienen una profundidad de 1 a 2 m y en ocasiones hasta 6 m, una de las desventajas es que a mayor profundidad el efecto es mayor pero su construcción es más difícil”.

También se puede afirmar según los resultados obtenidos, de acuerdo a Mónica, (2007), “Una metodología general para el diseño de sistema de sub drenaje en obras de estabilización, consiste en determinar en primera instancia, los requerimientos de drenaje y en segundo lugar, verificar que la solución propuesta tiene la capacidad de satisfacer las necesidades detectadas, con lo cual, se tendrá un sistema eficiente y un factor de seguridad satisfactorio para el caso de la obra por proteger”.

A su vez se relaciona con lo que propone Juan, (2020) que “los drenajes son una alternativa aplicable para contrarrestar los efectos negativos que produce la presencia de agua subterránea al interior del talud porque al lograr abatir el nivel freático, las presiones intersticiales se reducen y esto a su vez incide a la mejora de las propiedades del suelo, fundamentalmente en el incremento de su resistencia”

### **5.3 El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función a los suelos finos es el apropiado para evacuar aguas sub superficiales.**

En conformidad con el Artículo 18 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, se constituye este documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, según el cual se consideró y se realizó la aplicación del mismo para el cálculo del dimensionamiento de los subdrenes a instalar.

Las precipitaciones máximas en 24 horas como se muestra en la tabla N°18, nos indica el registro desde 1997 hasta el 2017, las cuales estos datos fueron reajustados como se muestra en la tabla N°19 obteniendo valores finales de precipitación de 24 horas para los diferentes periodos de retorno; según la figura N°33, se analiza y se observa que el log normal 3 parámetro presenta un menor ajuste estadístico a los datos históricos, es decir este valor se encuentra dentro del rango de valor promedio a comparación de las demás distribuciones estudiadas, dato con el cual sirve para cálculo de diseño de caudal como se muestra en la tabla N°20.

De acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje se considera que para obras de drenajes se debe considerar un periodo de retorno de 25 años, por tanto, según la tabla N°21 nuestro caudal de diseño será de 0.0853 m<sup>3</sup>/s. De acuerdo a la tabla N°15 según los autores de Terzaghi K. y Peck R. nos indica los rangos de permeabilidad relativos por cada tipo de suelo, en la cual se realizó (06) ensayos de permeabilidad para la obtención de datos directos del terreno en estudio y así se determinó que el suelo de estudio presenta una permeabilidad muy poco permeable: según la tabla N°16 mostramos los resultados de la obtención de las muestras de permeabilidad, de las cuales solo uno se hará uso para el cálculo del diseño del sub dren que es la C3-M3 con coeficiente de permeabilidad de  $1.6665 \times 10^{-5}$  con la necesidad de captar el caudal necesario para dicha eventualidad; en la tabla N°22 se resume el dimensionamiento del sub dren para aguas sub superficiales obteniendo como resultado una sección transversal de 0.60 x 0.60 m, determinándose luego el empleo de tubería de diámetro de 4" considerando la pendiente máxima de 3% debido a la topografía del terreno, asimismo, se instala un geotextil no tejido NP 3000 calculadas de acuerdo a los criterios que nos

exige la normativa de dicho manual en mención. Por otro lado, se colocará material de canto rodado como capa filtrante de un tamaño uniforme de 2", una de las condiciones del material filtrante según el manual nos indica que la cantidad de finos que pasan por la malla N° 200 no sea mayor que 5% por tanto la cantidad de finos del canto rodado a instalar es de 0.03 % el mismo como indica en el certificado de laboratorio adjuntado en el anexo N°08, Estos resultados obtenidos guarda relación con las características de los datos obtenidos para dimensionamiento de subdrenes, de acuerdo a Mónica, (2007), "El diseño de una obra de sub drenaje debe tener en cuenta las características físicas e hidrológicas propias del sitio en el cual será implantada, como: intensidad de la lluvia, coeficiente de permeabilidad, coeficiente de escorrentía, entre otras, dado que de ellos dependerá la determinación de la necesidad de drenaje, así como la selección del tipo de obra a implementar y su magnitud".

#### **5.4 El proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a los suelos finos cumple los parámetros estipulados por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para evacuar aguas sub superficiales**

Según la tabla N°23, concretamente se puede mencionar que los trabajos se ejecutaron con una adecuada programación entre las actividades de apertura de la excavación masiva para la conformación de las terrazas, excavación de zanjas para los subdrenes y luego continuando con el procedimiento de construcción de sub drenes propiamente dicha en todas sus etapas, con la finalidad de evitar que los materiales queden expuestos y con el menor tiempo posible. Se muestra la herramienta empleada Look head para el control del proceso constructivo, donde se genera información para la realización de la planificación en corto plazo. La programación de las actividades para la ejecución de la instalación de sub drenes en aguas sub superficiales, se programó para ejecutar las partidas en 18 días según la tabla N°22, las cuales las responsabilidades están a cargo del Ing. Residente e Ing. de producción, asumiendo los responsables para cada partida y considerando las restricciones que nos puede interferir durante el proceso constructivo.

También se puede afirmar en relación al proceso constructivo las medidas a tomar en cuenta con respecto a Hernán, (2018), “la aplicación de este tipo de drenaje permite el abatimiento de la napa freática garantizando el normal funcionamiento y durabilidad de la obra a construir “

Se considerar también en relación al agua drenado según Edwin (2019) que: “con el sistema de sub drenaje se garantiza la correcta canalización cuya agua es utilizada para fines de cultivo y canales de riego”



## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos de la presente investigación concluyó que, instalando los sub drenes de zanjas de aguas sub superficiales si existe una relación directa con los suelos finos y demuestro mediante el coeficiente de pirson que existe una relación positiva considerable, por tanto, los sub drenes de zanjas permitió estabilizar los suelos finos y logró evacuar las aguas sub superficiales en áreas del relleno sanitario de Andahuaylas
2. Aplicando el método de subdrenes de zanja a instalar en función a los suelos finos evacuo las aguas sub superficiales reduciendo asi las presiones de poros o impidiendo que estas aumenten en todas las terrazas del relleno sanitario de Andahuaylas
3. El pre dimensionamiento de los subdrenes de zanja está en función a la permeabilidad de los suelos finos y tiene una sección transversal de 0.60 m x 0.60 m y está conformado por geotextil NT3000, tuberías perforadas de 4", canto rodado de 2" y material propio, calculada con un caudal de diseño de 0.085 m<sup>3</sup>/s para un periodo de diseño de 25 años.
4. El proceso constructivo del método de subdrenes de zanja a instalar está en función a los suelos finos que evacuaran las aguas sub superficiales de acuerdo a lo estipulado en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, llevando a cabo con una programación de 18 días calendario para dicho procedimiento según los rendimientos estimados.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un mantenimiento continuo de las salidas de flujo de los subdrenes de aguas sub superficiales para evitar posibles colapsos.
2. Se recomienda tener en cuenta el diseño planteado de los subdrenes para la construcción de la segunda etapa del relleno sanitario de Andahuaylas que conformarían las terrazas N°05,06,07 08.
3. Es muy importante tener todos los estudios hidrológicos y geológicos bien detallados de la zona para poder definir y pre dimensionar los subdrenes a instalar.
4. Se recomienda seguir investigando sobre métodos y técnicas de sistemas de subdrenaje para considerar como alternativas de solución.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Barreto Atoc, Marlene J. (2004), "Control de erosión en obras de drenaje transversales de carreteras ubicados en zonas andinas", Lima-Perú.

Douglas A. Lind, William G. Marchal, Samuel A. Wathen (2012), "Estadística Aplicada a los Negocios y la Economía", México.

Hernán Flores Jorge G. y Bolaños Adriana (2011), "Drenaje para carretera-INVIAS", Colombia,

Hernández Sampieri, Roberto (2014), "Metodología de la Investigación", México.

Jaime Suarez (2009), "Deslizamientos: técnicas de remediación", Editorial U. Industrial de Santaner.

Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1992), "Mecánica de suelos". Tomo III. Grupo Noriega Editores México.

Manuel Ponce, Víctor (2018), "Drenaje de Carreteras", Lima – Perú.

Maccaferri, (2010) "Manual Técnico Criterios Generales para Proyectos, Especificaciones y Aplicaciones de Geo sintéticos".

Manual de Hidrología, Hidráulica, y drenaje (1996), Editorial Limosa S.A. de C.V, Lima – Perú.

Manual de diseño con Geosintéticos, (2012), 9na Edición, Bogotá – Colombia.

Monsalve Sáenz, German (1995), "Hidrología en la Ingeniería", 2da Edición.

Ordoñez Gálvez, Juan Julio (2011), "Cartilla técnica: Agua Subterránea y Acuífero", Lima – Perú.

Orozco Rivadeneira, Mónica M. (2007). “Sistema de sub drenaje en obras de estabilización”, Bogotá- Colombia.

Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera / orden circular, (2003), Madrid – España.

Régimen especial de monitoreo y gestión de uso de agua subterránea a cargo de las EPS, (2017), 1ra. Edición, Lima- Perú.

Tarambís Rodríguez, Juan Pablo (2020). “Modelamiento de la red de flujo para estabilidad de taludes en suelos cohesivos mediante sistema de drenaje horizontal”, Quito - Ecuador.

Tirado Bazán, Hernán (2018). “Sistema de drenaje en suelos saturados para la construcción de las algunas de estabilización en la localidad de San Pedro de Lloc - Provincia de Pacasmayo Región la Libertad”, Lima- Perú.

Vara Horna, Arístides Alfredo (2012), “7 Pasos para una tesis exitosa”, Lima – Perú.

Villón Béjar, Máximo (2002) “Hidrología General”, Lima – Perú.

Vite Cardoza, Edwin J. (2019). “Mejoramiento de capacidad de soporte del suelo de fundación por incorporación de sistema de sub drenaje en el KM 8+500 al KM 9+500 con problemas de filtraciones en la carretera Alto Chira”, Piura- Perú.

## **ANEXOS.**

## **ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

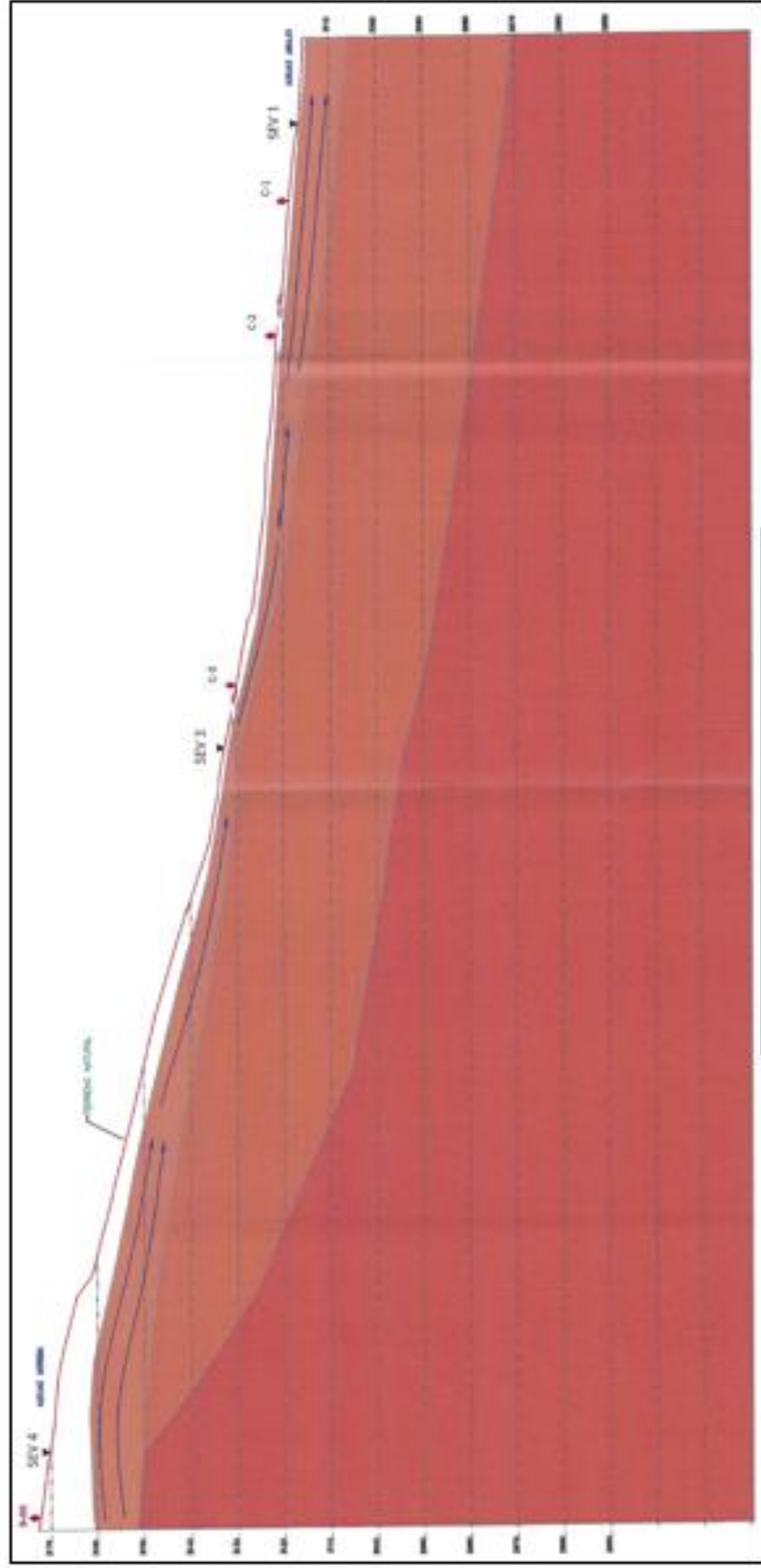
## ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### “EVALUACIÓN DE INSTALACIÓN DE SUBDRENES EN SUELOS FINOS PARA LA EVACUACIÓN DE AGUAS SUBSUPERFICIALES EN ÁREAS DE RELLENO SANITARIO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>¿Cuál es la relación que se da entre la instalación de subdrenes y los suelos finos durante la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. ¿Cuál es el método adecuado de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?</p> <p>2. ¿Cuáles son los resultados del cálculo del pre dimensionamiento de los subdrenes en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?</p> <p>3. ¿Cuál es el proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>Determinar la relación de la instalación de sub drenes entre los suelos finos para la evacuación de aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>1. Diseñar el método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales</p> <p>2. Calcular el pre dimensionamiento de los subdrenes en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales</p> <p>3. Determinar cuál es el proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos para evacuar aguas sub superficiales.</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La instalación de sub drenes de aguas sub superficiales se relacionó directamente con los suelos finos y logró evacuar las aguas sub superficiales en áreas de relleno sanitario Andahuaylas – Apurímac 2018.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b></p> <p>1. El diseño del método de subdrenes de zanja a instalar en función de suelos finos es el adecuado para evacuar aguas sub superficiales</p> <p>2. El cálculo de pre dimensionamiento de los subdrenes en función de suelos finos es el apropiado para evacuar aguas sub superficiales.</p> <p>3. El proceso constructivo del método de subdrenes a instalar en función a suelos finos cumple los parámetros estipulados por el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para evacuar aguas sub superficiales</p>	<p><b>VARIABLE X1:</b> Suelo finos</p> <p>-Dimensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades físicas y mecánicas</li> </ul> <p>-Sub dimensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría</li> <li>• Permeabilidad</li> <li>• Densidad</li> <li>• Límite líquido</li> <li>• Límite plástico</li> <li>• Índice de plasticidad</li> </ul> <p><b>VARIABLE Y1:</b> Subdrenes</p> <p>-Dimensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del sistema de subdrenes</li> <li>• Cálculo de dimensionamiento de los subdrenes</li> <li>• Proceso constructivo del sistema de subdrenes</li> </ul> <p>-Sub dimensión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de diseño</li> <li>• Longitud</li> <li>• Espesor</li> <li>• Diámetro</li> <li>• Cronograma de obra</li> </ul>	<p><b>METODO DE INVESTIGACION</b> Científico</p> <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> Aplicativo</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> Correlacional</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> No experimental</p>

## **ANEXO 02: ESTUDIO HIDROLÓGICO**





### LEYENDA

- Material limo arenoso (aguas arriba), limo arcilloso (aguas abajo)
- Material arcillo limoso saturado
- Material arcillo limoso ligeramente húmedo
- Basamento del betón de Arcohuaylas
- Calicatas excavadas
- SEV desarmados
- Flujos de agua

**ANEXO 03: INFORMACION METEREOLÓGICA  
PROCESADA**

**ESTACION ANDAHUAYLAS**

**ESTACIÓN:** ESTACIONANDAHUAYLAS

**ALT:** 2865 MSNM

**LONG:** 73° 22' 0"

**PARAMETRO:** TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)

**LAT:** 13° 38' 55"

**DPTO:** APURIMAC

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
'1997	S/D	18.94	19.78	19.74	19.39	20.81	20.58	19.47	20.89	21.99	21.97	21.78	18.78
'1998	21.12	21.17	21.36	21.95	22.95	20.84	21.14	21.2	22.12	22.25	23.03	21.55	21.72
'1999	20.57	19.05	18.65	19.25	20.12	20.54	19.65	21.21	20.54	20.79	23.09	21.61	20.42
'2000	19.53	18.83	18.63	20.21	21.07	19.35	19.63	19.89	22.23	20.43	23.37	21.52	20.39
'2001	18.35	19.23	18.85	20.66	20.79	19.75	19.67	20.22	21.51	21.88	22.69	22.48	20.51
'2002	21.84	19.54	19.86	20.28	20.19	19.05	17.35	18.94	19.67	20.2	20.73	20.97	19.89
'2003	20.32	19.76	18.66	19.05	19.17	19.43	18.87	18.61	19.67	21.91	22.56	20.48	19.87
'2004	20.03	19.43	19.94	20.32	20.65	18.5	18.3	18.45	19.13	20.54	22.3	20.58	19.85
'2005	21.34	20.27	19.61	20.73	21.39	19.45	19.5	20.13	19.78	19.98	21.73	20.44	20.36
'2006	19.39	19.87	19.06	19.35	19.77	19.29	19.42	19.26	20.44	21.37	20.15	21.2	19.88
'2007	19.88	19.58	18.71	19.1	20.05	19.76	18.22	19.47	19.03	21.09	21.91	20.66	19.79
'2008	18.64	19.56	19.32	19.59	19.57	19.37	18.87	20.38	20.69	20.77	22.39	20.99	20.01
'2009	19.17	19.39	19.28	19.54	19.81	19.87	18.92	20.74	21.37	22.77	21.86	20.82	20.30
'2010	19.61	20.61	20.28	21.05	20.77	19.91	20.68	20.98	21.28	21.55	22.67	20.48	20.82
'2011	19.63	18.4	18.87	19.24	19.83	19.5	18.68	20.03	19.39	21.11	22.8	20.12	19.80
'2012	19.83	18.9	19.08	19.19	19.22	18.55	S/D	20.17	20.92	22.52	22.45	19.52	18.36
'2013	20.28	19.72	20.07	21.07	20.21	17.94	18.28	20.26	20.89	21.03	22.7	20.75	20.27
'2014	19.88	20.33	19.86	20.23	19.17	20.49	18.95	19.95	20.32	21.26	23.59	21.51	20.46
'2015	19.94	20.09	19.69	18.46	19.41	19.27	19.83	20.7	21.95	22.3	22.7	21.52	20.49
'2016	23.34	21.1	22.37	21.87	21.52	20.42	20.7	20.22	22.59	21.95	24.02	21.54	21.80
'2017	19.98	20.41	19.67	19.75	19.51	20.3	19.87	20.79	20.03	21.96	22.18	21.52	20.50
<b>T. Media</b>	<b>19.17</b>	<b>19.72</b>	<b>19.60</b>	<b>20.03</b>	<b>20.22</b>	<b>19.64</b>	<b>18.43</b>	<b>20.05</b>	<b>20.69</b>	<b>21.41</b>	<b>22.42</b>	<b>21.05</b>	<b>20.20</b>
<b>T. Máxima</b>	<b>23.34</b>	<b>21.17</b>	<b>22.37</b>	<b>21.95</b>	<b>22.95</b>	<b>20.84</b>	<b>21.14</b>	<b>21.21</b>	<b>22.59</b>	<b>22.77</b>	<b>24.02</b>	<b>22.48</b>	<b>21.80</b>
<b>T. Mínima</b>	<b>18.35</b>	<b>18.40</b>	<b>18.63</b>	<b>18.46</b>	<b>19.17</b>	<b>17.94</b>	<b>17.35</b>	<b>18.45</b>	<b>19.03</b>	<b>19.98</b>	<b>20.15</b>	<b>19.52</b>	<b>18.36</b>

**ESTACION ANDAHUAYLAS**

**ESTACIÓN:** ESTACIONANDAHUAYLAS  
**PARAMETRO:** TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

**ALT:** 2865 MSNM  
**LAT:** 13° 38' 55"

**LONG:** 73° 22' 0"  
**DPTO:** APURIMAC

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
'1997	S/D	13.51	13.65	13.25	12.03	11.1	11.36	12.06	13.72	15.13	15.08	15.25	12.18
'1998	15.4	15.6	15.7	14.92	13.48	12.58	12.15	13.29	14.22	14.66	15.11	14.69	14.32
'1999	14.55	13.64	13.1	13.02	12.39	11.41	11.09	12.09	13.21	14.09	14.93	14.6	13.18
'2000	13.65	13.5	13.07	13.4	12.82	11.18	10.85	12.14	13.96	13.68	15.62	14.59	13.21
'2001	13.14	13.72	13.17	13.23	12.34	11.13	11.32	11.73	13.5	14.92	15.52	15.02	13.23
'2002	14.7	13.82	13.94	13.52	12.26	11.95	11.11	11.83	12.7	14.11	14.5	14.87	13.28
'2003	14.49	14.18	13.7	13.01	12.19	11.98	11.13	11.72	12.73	14.89	15.48	14.55	13.34
'2004	14.35	14.04	14.04	13.64	12.5	11.06	10.81	11.16	12.63	14	15.25	14.38	13.16
'2005	14.92	14.9	14.02	14.02	12.71	11.62	11.51	12.29	13.48	14.13	15.01	14.84	13.62
'2006	14.02	14.47	13.75	13.2	11.55	11.61	11.18	12.27	13.54	14.75	14.53	14.94	13.32
'2007	14.46	14.27	13.77	13.53	12.91	11.95	11.04	12.21	12.88	14.4	14.75	14.33	13.38
'2008	13.72	13.88	13.59	12.62	11.92	11.69	11.24	12.87	13.64	14.53	15.76	14.8	13.36
'2009	14.08	S/D	13.9	13.8	12.24	11.72	11.38	13.28	13.94	15.03	14.98	14.82	12.43
'2010	14.26	14.72	14.43	14.22	13.28	12.25	12.12	12.64	14.56	14.62	15.47	14.55	13.93
'2011	14.15	13.41	13.62	13.62	12.57	11.71	11.19	S/D	12.89	14.47	16.11	14.07	12.32
'2012	13.9	13.27	13.46	13.2	12.39	11.11	S/D	12.1	13.52	14.98	15.79	13.98	12.31
'2013	14.18	14.15	14.17	13.66	12.71	10.98	10.88	12.22	13.54	14.56	15.82	14.62	13.46
'2014	14.06	14.63	14	13.44	12.31	12.33	11.58	12.15	13.24	14.54	15.9	15.22	13.62
'2015	14.01	14.15	13.95	12.91	12.81	12.06	11.5	12.95	14.39	15.23	15.53	14.96	13.70
'2016	16.06	15.37	15.51	14.82	13.17	12.03	12.16	13.16	14.29	14.77	15.52	15.21	14.34
'2017	14.14	14.2	13.76	13.49	12.73	12.31	12.04	13.06	13.3	14.6	15.08	14.98	13.64
<b>T. Media</b>	<b>13.63</b>	<b>13.50</b>	<b>13.92</b>	<b>13.55</b>	<b>12.54</b>	<b>11.70</b>	<b>10.84</b>	<b>11.77</b>	<b>13.52</b>	<b>14.58</b>	<b>15.32</b>	<b>14.73</b>	<b>13.30</b>
<b>T. Máxima</b>	<b>16.06</b>	<b>15.60</b>	<b>15.51</b>	<b>14.92</b>	<b>13.48</b>	<b>12.58</b>	<b>12.16</b>	<b>13.29</b>	<b>14.56</b>	<b>15.23</b>	<b>16.11</b>	<b>15.25</b>	<b>14.34</b>
<b>T. Mínima</b>	<b>13.14</b>	<b>13.27</b>	<b>13.07</b>	<b>12.62</b>	<b>11.55</b>	<b>10.98</b>	<b>10.81</b>	<b>11.16</b>	<b>12.63</b>	<b>13.68</b>	<b>14.50</b>	<b>13.98</b>	<b>12.18</b>

### ESTACION ANDAHUAYLAS

ESTACIÓN: ESTACION ANDAHUAYLAS  
 PARAMETRO: TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)

ALT: 2865 MSNM  
 LAT: 13° 38' 55"

LONG: 73° 22' 0"  
 DPTO: APURIMAC

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
1997	S/D	8.57	7.65	6.04	4.64	1.25	2.39	4.67	6.17	7.28	8.26	9.35	5.52
1998	10.65	10.66	10.19	7.95	3.68	3.19	1.75	4.52	5.21	7.3	6.2	7.87	6.60
1999	8.96	8.76	7.9	7.27	4.39	1.65	0.52	1.55	5.01	5.63	5.55	6.73	5.33
2000	7.75	8.03	7.46	5.95	3.92	1.9	1.21	3.25	4.21	5.47	3.96	5.95	4.92
2001	7.42	8.01	7.09	4.13	2.29	0.87	1.77	3.28	5.94	7.67	8.44	7.86	5.40
2002	8.53	9.49	9.31	7.53	4.03	5.05	4.92	4.64	7.04	8.55	8.75	9.08	7.24
2003	9.65	9.7	9.31	7.33	5.63	4.5	3.85	5.48	5.99	7.68	8.05	9.35	7.21
2004	9.63	9.33	8.64	6.85	5.09	3.73	4.08	4.43	6.5	7.86	7.95	8.64	6.89
2005	9.05	9.52	9.17	7.38	4.39	3.3	4.04	4.53	7.29	7.82	7.81	9.52	6.99
2006	9.13	9.69	9.45	8.02	3.72	4.65	2.77	6.21	6.61	7.35	8.89	9.03	7.13
2007	9.69	8.86	9.65	7.74	5.28	3.45	3.29	4.48	6.49	7.39	7.18	8.38	6.82
2008	9.75	8.88	8.43	5.7	3.99	3.54	3.47	5.07	6.86	8.77	8.99	9.2	6.89
2009	9.55	9.69	9.61	8.44	4.83	3.55	3.67	5.42	6.66	8.08	9.09	9.89	7.37
2010	10.35	9.71	9.69	8.27	5.9	5.22	3.54	4.83	7.33	7.85	7.42	9.26	7.45
2011	9.37	9.46	9.69	8.65	5.33	4.09	3.21	4.95	7.1	7.66	9.39	9.43	7.36
2012	8.74	8.84	8.88	8.01	5.19	3.6	S/D	3.85	6.48	7.94	8.93	10.03	6.71
2013	8.89	9.87	9.34	6.81	5.84	4.37	3.32	4.55	6.36	7.95	8.21	9.31	7.07
2014	8.85	9.58	8.9	7.26	5.75	4.31	3.74	4.41	6.93	8.34	8.35	10.01	7.20
2015	9.09	9.57	8.94	7.77	6.15	4.85	2.7	4.89	7.66	8.05	9.03	9	7.31
2016	9.81	10.68	10	8.67	4.9	3.75	3.37	5.58	7.31	8.18	6.91	9.06	7.35
2017	10.1	9.36	9.28	8.16	6.21	4.43	4.33	5.61	7.78	7.94	8.87	9.72	7.65
<b>T. Promedio</b>	<b>8.81</b>	<b>9.35</b>	<b>8.98</b>	<b>7.33</b>	<b>4.82</b>	<b>3.58</b>	<b>2.95</b>	<b>4.58</b>	<b>6.52</b>	<b>7.66</b>	<b>7.92</b>	<b>8.89</b>	<b>6.78</b>
<b>T. Máxima</b>	<b>10.65</b>	<b>10.68</b>	<b>10.19</b>	<b>8.67</b>	<b>6.21</b>	<b>5.22</b>	<b>4.92</b>	<b>6.21</b>	<b>7.78</b>	<b>8.77</b>	<b>9.39</b>	<b>10.03</b>	<b>7.65</b>
<b>T. Mínima</b>	<b>7.42</b>	<b>8.01</b>	<b>7.09</b>	<b>4.13</b>	<b>3.68</b>	<b>0.87</b>	<b>0.52</b>	<b>1.55</b>	<b>4.21</b>	<b>5.47</b>	<b>3.96</b>	<b>5.95</b>	<b>4.92</b>

### ESTACION ANDAHUAYLAS

**ESTACIÓN:** ESTACIONANDAHUAYLAS/000669/DZ12

**ALT:** 2865 MSNM

**LONG:** 73° 22' 0"

**PARAMETRO:** PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

**LAT:** 13° 38' 55"

**DPTO:** APURIMAC

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
'1997	S/D	143.7	110.4	39.5	14.5	2.2	2.8	53.7	33.3	32.9	84.2	53.5	570.7
'1998	160.1	82.4	79.5	51	0.1	6	0.5	1.2	3.2	42.4	47.5	67.5	541.4
'1999	112.6	148.6	126.2	46	7.2	3.5	13.5	0.5	84.6	34.6	37.4	85.6	700.3
'2000	127.3	196.8	122	20.7	5.8	23.5	20	17.1	21.4	112.3	40.2	97.4	804.5
'2001	199.7	109.1	153.4	28.3	73.1	10.2	19.5	30	30.8	37	59.1	98.9	849.1
'2002	74	124.6	126.1	38.8	29	3.9	30.9	21.3	48.2	S/D	61.2	99.7	657.7
'2003	109.1	145	142	59.5	16.6	11.2	4.3	36.7	50	24.7	28.8	93.9	721.8
'2004	99.8	129.3	70.8	54.5	10.2	11.9	39.4	17.6	38.1	31.7	54.5	113.1	670.9
'2005	83.8	71.3	112.5	18.5	3.3	0	12.3	6.8	26	91.8	64.7	106.1	597.1
'2006	194.4	97.2	138.5	22.2	3.4	7.3	0	5	27.2	45.5	104.8	69.4	714.9
'2007	102.2	89	135.7	38.5	18.7	0	17.8	10.8	9.9	59.4	47.8	156.7	686.5
'2008	152.1	111.1	79.9	44.6	20.8	9.3	1	5.2	17.1	46.9	43.3	89.4	620.7
'2009	133.9	120.5	84.8	61.6	14.3	0	20.5	3.7	5.7	30.1	75.4	83.7	634.2
'2010	159.9	106.4	72.1	38.6	24.9	0.7	1.2	16.3	33.4	51.7	31.2	103.3	639.7
'2011	218.8	205.6	112.7	39	11.2	6.9	8.6	9.5	41.4	41.8	72.6	86.4	854.5
'2012	181	251.5	151.4	59.2	16.5	11.8	S/D	10	37.9	50.7	32.2	231.8	1034
'2013	146.6	162.4	98.3	8.9	6.3	23.7	27.8	50.6	26.5	38.9	34	114.5	738.5
'2014	227.4	104.4	120.7	36.2	57.5	0	10.2	3.9	54.7	52.1	26	92.3	785.4
'2015	137.1	146	138.5	35.8	20.6	2.7	12.6	36.4	11.8	54.3	60.1	122.5	778.4
'2016	43	177.4	25.6	37.2	0.6	8.6	10.8	15.3	3.6	46.3	41.2	42.5	452.1
'2017	203.3	133.1	126	54.8	30.9	0.8	3	5.1	37	56	50.6	100.5	801.1
<b>PROMEDIO</b>	<b>136.48</b>	<b>135.97</b>	<b>110.81</b>	<b>39.69</b>	<b>18.36</b>	<b>6.87</b>	<b>12.22</b>	<b>16.99</b>	<b>30.56</b>	<b>46.72</b>	<b>52.23</b>	<b>100.41</b>	<b>707.31</b>
<b>MÁXIMA</b>	<b>227.40</b>	<b>251.50</b>	<b>153.40</b>	<b>61.60</b>	<b>73.10</b>	<b>23.70</b>	<b>39.40</b>	<b>53.70</b>	<b>84.60</b>	<b>112.30</b>	<b>104.80</b>	<b>231.80</b>	<b>1034.00</b>
<b>MÍNIMA</b>	<b>43.00</b>	<b>82.40</b>	<b>25.60</b>	<b>8.90</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.50</b>	<b>3.20</b>	<b>24.70</b>	<b>26.00</b>	<b>42.50</b>	<b>452.10</b>

### ESTACION ANDAHUAYLAS

ESTACION  
 ESTACIÓN: ANDAHUAYLAS  
 PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

ALT: 2865 MSNM  
 LAT: 13° 38' 55"

LONG: 73° 22' 0"  
 DPTO: APURIMAC

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1997	S/D	17.9	22.2	8.4	4.5	2.2	2.8	21	12.7	9.5	13.2	14.1	22.2
1998	32.7	14.7	17.1	13.6	0.1	2.8	0.5	0.9	1.8	11	9.9	16.5	32.7
1999	16.4	22.8	20.9	9.2	3.2	3.5	13	0.5	16.7	8.2	12	23.8	23.8
2000	27.3	30.5	12.6	6.4	3.2	9.4	12.8	6.6	17.7	24.4	14.6	24	30.5
2001	24.8	12	25.8	9.9	21.4	2.9	7.5	14.4	12.8	10.2	12.3	19.2	25.8
2002	11.6	12.2	15.5	6.2	9.5	1.6	7.2	7.1	11.3	S/D	17	24.8	24.8
2003	25.7	18.3	24.2	15	6.3	5.8	3	13.8	15.8	7.4	7.2	16.5	25.7
2004	17.9	19.9	13	18.2	8.5	3.8	15.9	14	16	13.2	9.2	18	19.9
2005	20.7	20.5	20.7	11.5	1.9	0	9.6	3.4	9.1	20.5	35.3	24.1	35.3
2006	24.1	21.5	43.3	6.4	2.7	4.4	0	1.5	9.7	17.3	16.6	11.6	43.3
2007	12.5	17.8	21.8	7.5	5.6	0	9.9	4.3	3.9	15.1	16.2	29.2	29.2
2008	16.1	15.7	23.5	11.2	9.8	4.6	1	4.4	14.8	13.1	8	12.6	23.5
2009	22.2	19	16.8	16	7.4	0	9.7	2.5	2.2	7.8	9.6	17.2	22.2
2010	36.3	17.2	8.4	12.2	14.5	0.4	1.2	8	12.2	7.6	7.2	18	36.3
2011	28.1	21.4	18.1	13.6	7	5.5	4.7	4.2	9.4	8.3	14.8	23.5	28.1
2012	25.9	21.8	26	14.5	11.7	8.8	S/D	5.4	14.6	26.7	13.6	29.3	29.3
2013	40.2	15.9	18.9	4.6	2.9	11.3	10.3	25.9	12.1	9	8.8	33	40.2
2014	31.3	18.1	22.2	15.6	16.6	0	4.4	1.7	18.8	11.8	7	10.4	31.3
2015	18.1	17.4	18.2	6.4	8.6	2.7	10.2	13.7	9.4	17	19.9	16.8	19.9
2016	6.6	30.8	6.5	12.8	0.6	7	8.3	11.8	1.6	12.8	9.1	11.6	30.8
2017	31.8	19.3	16.7	15.4	9.3	0.8	3	5	11.1	12.4	15.4	17.2	31.8

**ANEXO 04: CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE LOS  
PARAMETROS DE LA ESTACION DE ANDAHUYALAS**



---

**TESISTA KATHERIN PEREZ TORIBIO**

---

**De :** Luis Felipe Gamarra Chávary (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe>    mié, 17 de jun de 2020 18:17  
**Asunto :** TESISTA KATHERIN PEREZ TORIBIO    1 ficheros adjuntos  
**Para :** lumtika1525@gmail.com, Manuel Jesús Valverde Bocanegra (UACGD)  
         <mvalverde@senamhi.gob.pe>  
**Para o CC :** Milagros Del Pilar Martínez Tabraj (UACGD) <sg5@senamhi.gob.pe>

**TESISTA KATHERIN PEREZ TORIBIO:**

Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERU - SENAMHI, a fin de remitirle los datos mensuales de la estación climatológica ANDAHUAYLAS, solicitada según el expediente N° 2512; cabe indicarle que bajo la modalidad de servicio gratuito es por una sola vez. A la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su tesis hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Exp. 2512

--




Luis Felipe Gamarra Chavarry  
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO, COORDINACION Y  
CONTROL  
GERENCIA GENERAL  
SENAMHI - PERÚ

**D:** Jr. Cahui de 785, Jesús María - Lima  
**T:** 01 6141414 Anexo -  
**C:** -  
**E:** lgamarra@senamhi.gob.pe  
**W:** [www.senamhi.gob.pe](http://www.senamhi.gob.pe)

SENAMHI es una institución responsable con el medio ambiente. Le pedimos no imprimir este correo a menos que sea absolutamente necesario. Reduzca - Reuse - Recicle

---

 **ANDAHUAYLAS\_M\_1997-2017.xlsx**  
22 KB

---

## **ANEXO 05: ANALISIS PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS**

## Resultados

### Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Serie de datos X:

N°	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0790	0.0829	0.0375
2	19.9	0.0909	0.0790	0.0829	0.0080
3	22.2	0.1364	0.1467	0.1513	0.0149
4	22.2	0.1818	0.1467	0.1513	0.0305
5	23.5	0.2273	0.1987	0.2031	0.0242
6	23.8	0.2727	0.2121	0.2164	0.0563
7	24.8	0.3182	0.2604	0.2643	0.0539
8	25.7	0.3636	0.3083	0.3116	0.0520
9	25.8	0.4091	0.3139	0.3171	0.0920
10	28.1	0.4545	0.4509	0.4518	0.0028
11	29.2	0.5000	0.5197	0.5193	0.0193
12	29.3	0.5455	0.5260	0.5255	0.0200
13	30.5	0.5909	0.6001	0.5983	0.0074
14	30.8	0.6364	0.6182	0.6161	0.0203
15	31.3	0.6818	0.6478	0.6452	0.0367
16	31.8	0.7273	0.6765	0.6734	0.0538
17	32.7	0.7727	0.7255	0.7218	0.0509
18	35.3	0.8182	0.8432	0.8387	0.0205
19	36.3	0.8636	0.8780	0.8736	0.0099
20	40.2	0.9091	0.9623	0.9595	0.0504
21	43.3	0.9545	0.9882	0.9869	0.0323

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.0920, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de la distribución normal:  
-----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización ( $X_m$ )= 28.8857

Parámetro de escala (S)= 6.3641

Con momentos lineales:

Media lineal ( $X_l$ )= 28.8857

Desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 6.4846  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 34.34

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 37.20

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 40.24

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 42.21

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 43.97

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 45.59

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 47.55

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 48.93

### Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Serie de datos X:

Nº	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

-----  
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:  
-----

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	19.9	0.0455	-1.6702	0.0474	0.0020
2	19.9	0.0909	-1.6702	0.0474	0.0435
3	22.2	0.1364	-1.1405	0.1270	0.0093
4	22.2	0.1818	-1.1405	0.1270	0.0548

5	23.5	0.2273	-0.8670	0.1930	0.0343
6	23.8	0.2727	-0.8062	0.2101	0.0627
7	24.8	0.3182	-0.6095	0.2711	0.0471
8	25.7	0.3636	-0.4396	0.3301	0.0335
9	25.8	0.4091	-0.4211	0.3368	0.0723
10	28.1	0.4545	-0.0163	0.4935	0.0390
11	29.2	0.5000	0.1650	0.5655	0.0655
12	29.3	0.5455	0.1811	0.5719	0.0264
13	30.5	0.5909	0.3700	0.6443	0.0534
14	30.8	0.6364	0.4160	0.6613	0.0249
15	31.3	0.6818	0.4916	0.6885	0.0067
16	31.8	0.7273	0.5659	0.7143	0.0130
17	32.7	0.7727	0.6966	0.7570	0.0158
18	35.3	0.8182	1.0538	0.8540	0.0358
19	36.3	0.8636	1.1838	0.8817	0.0181
20	40.2	0.9091	1.6571	0.9513	0.0422
21	43.3	0.9545	2.0002	0.9773	0.0227

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

Como el delta teórico 0.0723, es menor que el delta tabular 0.2968. 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 ( $x_0$ )= 1.8812

Parámetro de escala ( $\mu_y$ )= 3.2702

Parámetro de forma ( $S_y$ )= 0.2268  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.73

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 37.07

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 41.03

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 43.81

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 46.48

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 49.08

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 52.43

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 54.92

## Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Serie de datos X:  
-----

N°	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5

13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

-----  
 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:  
 -----

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0532	0.0592	0.0138
2	19.9	0.0909	0.0532	0.0592	0.0317
3	22.2	0.1364	0.1334	0.1415	0.0051
4	22.2	0.1818	0.1334	0.1415	0.0403
5	23.5	0.2273	0.1983	0.2062	0.0211
6	23.8	0.2727	0.2150	0.2227	0.0501
7	24.8	0.3182	0.2744	0.2811	0.0371
8	25.7	0.3636	0.3318	0.3370	0.0266
9	25.8	0.4091	0.3383	0.3434	0.0657
10	28.1	0.4545	0.4907	0.4910	0.0365
11	29.2	0.5000	0.5611	0.5591	0.0591
12	29.3	0.5455	0.5674	0.5651	0.0197
13	30.5	0.5909	0.6386	0.6342	0.0433
14	30.8	0.6364	0.6554	0.6505	0.0142
15	31.3	0.6818	0.6823	0.6767	0.0051
16	31.8	0.7273	0.7079	0.7017	0.0256
17	32.7	0.7727	0.7505	0.7433	0.0294
18	35.3	0.8182	0.8482	0.8401	0.0219
19	36.3	0.8636	0.8765	0.8685	0.0049
20	40.2	0.9091	0.9483	0.9423	0.0332
21	43.3	0.9545	0.9756	0.9717	0.0171

-----  
 Ajuste con momentos lineales:  
 -----

Como el delta teórico 0.0657, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
 Parámetros de la distribución logNormal:  
 -----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de escala ( $\mu_y$ )= 3.3408

Parámetro de forma ( $S_y$ )= 0.2168

Con momentos lineales:

Parámetro de escala ( $\mu_{yl}$ )= 3.3408

Parámetro de forma ( $S_{yl}$ )= 0.2242  
 -----

Caudal de diseño:  
 -----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 34.11

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 37.64

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 41.82

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 44.76

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 47.58

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 50.32

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 53.85

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 56.47

## Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

N°	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0116	0.0219	0.0236
2	19.9	0.0909	0.0116	0.0219	0.0691
3	22.2	0.1364	0.0971	0.1225	0.0139
4	22.2	0.1818	0.0971	0.1225	0.0593
5	23.5	0.2273	0.1891	0.2150	0.0123
6	23.8	0.2727	0.2133	0.2384	0.0344
7	24.8	0.3182	0.2978	0.3184	0.0002
8	25.7	0.3636	0.3750	0.3901	0.0265
9	25.8	0.4091	0.3834	0.3979	0.0112
10	28.1	0.4545	0.5608	0.5615	0.1069
11	29.2	0.5000	0.6307	0.6265	0.1265
12	29.3	0.5455	0.6366	0.6319	0.0865
13	30.5	0.5909	0.7003	0.6919	0.1010
14	30.8	0.6364	0.7145	0.7053	0.0689
15	31.3	0.6818	0.7367	0.7264	0.0446
16	31.8	0.7273	0.7571	0.7460	0.0187
17	32.7	0.7727	0.7898	0.7776	0.0049
18	35.3	0.8182	0.8607	0.8476	0.0294
19	36.3	0.8636	0.8806	0.8677	0.0041
20	40.2	0.9091	0.9328	0.9221	0.0130
21	43.3	0.9545	0.9562	0.9474	0.0071

Ajuste con momentos lineales:

Como el delta teórico 0.1265, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a

la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

-----  
 Parámetros de la distribución logGumbel:  
 -----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 3.2432

Parámetro de escala (alfa)= 0.169

Con momentos lineales:

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 3.2355

Parámetro de escala (alfal)= 0.1825  
 -----

Caudal de diseño:  
 -----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.42

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 38.33

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 45.57

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 51.81

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 58.85

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 66.82

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 79.00

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 89.66

### Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

Nº	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

-----  
 Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:  
 -----

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0116	0.0219	0.0236
2	19.9	0.0909	0.0116	0.0219	0.0691
3	22.2	0.1364	0.0971	0.1225	0.0139
4	22.2	0.1818	0.0971	0.1225	0.0593



5	23.5	0.2273	0.1891	0.2150	0.0123
6	23.8	0.2727	0.2133	0.2384	0.0344
7	24.8	0.3182	0.2978	0.3184	0.0002
8	25.7	0.3636	0.3750	0.3901	0.0265
9	25.8	0.4091	0.3834	0.3979	0.0112
10	28.1	0.4545	0.5608	0.5615	0.1069
11	29.2	0.5000	0.6307	0.6265	0.1265
12	29.3	0.5455	0.6366	0.6319	0.0865
13	30.5	0.5909	0.7003	0.6919	0.1010
14	30.8	0.6364	0.7145	0.7053	0.0689
15	31.3	0.6818	0.7367	0.7264	0.0446
16	31.8	0.7273	0.7571	0.7460	0.0187
17	32.7	0.7727	0.7898	0.7776	0.0049
18	35.3	0.8182	0.8607	0.8476	0.0294
19	36.3	0.8636	0.8806	0.8677	0.0041
20	40.2	0.9091	0.9328	0.9221	0.0130
21	43.3	0.9545	0.9562	0.9474	0.0071

-----  
Ajuste con momentos lineales:  
-----

Como el delta teórico 0.1265, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de la distribución logGumbel:  
-----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 3.2432

Parámetro de escala (alfa)= 0.169

Con momentos lineales:

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 3.2355

Parámetro de escala (alfal)= 0.1825  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.42

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 38.33

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 45.57

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 51.81

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 58.85

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 66.82

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 79.00

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 89.66

## Resultados

### Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Serie de datos X:  
-----

N°	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3

10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

-----  
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:  
-----

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0323	0.0459	0.0005
2	19.9	0.0909	0.0323	0.0459	0.0450
3	22.2	0.1364	0.1153	0.1363	0.0000
4	22.2	0.1818	0.1153	0.1363	0.0455
5	23.5	0.2273	0.1897	0.2106	0.0166
6	23.8	0.2727	0.2092	0.2296	0.0432
7	24.8	0.3182	0.2783	0.2959	0.0222
8	25.7	0.3636	0.3441	0.3582	0.0054
9	25.8	0.4091	0.3515	0.3652	0.0439
10	28.1	0.4545	0.5180	0.5212	0.0667
11	29.2	0.5000	0.5904	0.5892	0.0892
12	29.3	0.5455	0.5966	0.5951	0.0496
13	30.5	0.5909	0.6666	0.6613	0.0704
14	30.8	0.6364	0.6827	0.6766	0.0402
15	31.3	0.6818	0.7081	0.7009	0.0191
16	31.8	0.7273	0.7319	0.7238	0.0035
17	32.7	0.7727	0.7708	0.7614	0.0113
18	35.3	0.8182	0.8571	0.8466	0.0284
19	36.3	0.8636	0.8816	0.8713	0.0076
20	40.2	0.9091	0.9442	0.9363	0.0272
21	43.3	0.9545	0.9697	0.9641	0.0095

-----  
Ajuste con momentos lineales:  
-----

Como el delta teórico 0.0892, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de la distribución Gumbel:  
-----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 26.0215

Parámetro de escala (alfa)= 4.9621

Con momentos lineales:

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 25.8391

Parámetro de escala (alfal)= 5.2782  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.76

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 37.72

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 42.72

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 46.43

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 50.12  
 El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 53.79  
 El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 58.64  
 El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 62.30

### Resultados

#### Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Serie de datos X:

Nº	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	19.9	0.0455	0.0564	0.1565	0.0109
2	19.9	0.0909	0.0564	0.1565	0.0346
3	22.2	0.1364	0.1313	0.2433	0.0051
4	22.2	0.1818	0.1313	0.2433	0.0505
5	23.5	0.2273	0.1918	0.2986	0.0355
6	23.8	0.2727	0.2075	0.3118	0.0653
7	24.8	0.3182	0.2638	0.3567	0.0544
8	25.7	0.3636	0.3189	0.3978	0.0447
9	25.8	0.4091	0.3253	0.4024	0.0838
10	28.1	0.4545	0.4765	0.5071	0.0219
11	29.2	0.5000	0.5485	0.5554	0.0485
12	29.3	0.5455	0.5549	0.5597	0.0094
13	30.5	0.5909	0.6292	0.6099	0.0383
14	30.8	0.6364	0.6469	0.6221	0.0105
15	31.3	0.6818	0.6754	0.6418	0.0065
16	31.8	0.7273	0.7026	0.6610	0.0247
17	32.7	0.7727	0.7481	0.6939	0.0246
18	35.3	0.8182	0.8532	0.7775	0.0350
19	36.3	0.8636	0.8834	0.8048	0.0197
20	40.2	0.9091	0.9575	0.8879	0.0484
21	43.3	0.9545	0.9830	0.9310	0.0285

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

Como el delta teórico 0.0838, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Los 2 parámetros de la distribución Gamma:  
-----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de forma (gamma)= 22.3511

Parámetro de escala (beta)= 1.2924

Con momentos lineales:

Parámetro de forma (gammal)= 10.1365

Parámetro de escala (betal)= 2.8497  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.86

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 36.94

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 40.41

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 42.77

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 44.95

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 47.01

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 49.56

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 51.37

## Resultados

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

Serie de datos X:  
-----

Nº	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

-----  
Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:  
-----

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
---	---	------	----------------	-----------------	-------

-----

1	19.9	0.0455	0.0578	0.0574	0.0123
2	19.9	0.0909	0.0578	0.0574	0.0331
3	22.2	0.1364	0.1394	0.1466	0.0031
4	22.2	0.1818	0.1394	0.1466	0.0424
5	23.5	0.2273	0.2037	0.2152	0.0236
6	23.8	0.2727	0.2202	0.2324	0.0526
7	24.8	0.3182	0.2784	0.2928	0.0397
8	25.7	0.3636	0.3344	0.3498	0.0292
9	25.8	0.4091	0.3408	0.3562	0.0683
10	28.1	0.4545	0.4896	0.5029	0.0350
11	29.2	0.5000	0.5587	0.5694	0.0587
12	29.3	0.5455	0.5648	0.5752	0.0193
13	30.5	0.5909	0.6352	0.6421	0.0443
14	30.8	0.6364	0.6518	0.6578	0.0154
15	31.3	0.6818	0.6786	0.6830	0.0032
16	31.8	0.7273	0.7041	0.7070	0.0231
17	32.7	0.7727	0.7468	0.7471	0.0259
18	35.3	0.8182	0.8458	0.8404	0.0276
19	36.3	0.8636	0.8748	0.8680	0.0111
20	40.2	0.9091	0.9487	0.9407	0.0396
21	43.3	0.9545	0.9767	0.9704	0.0222

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

Como el delta teórico 0.06831, es menor que el delta tabular 0.2968. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Los 3 parámetros de la distribución Gamma:  
-----

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización ( $X_0$ )= 7.3245

Parámetro de forma (gamma)= 11.4781

Parámetro de escala (beta)= 1.8785

Con momentos lineales:

Parámetro de localización ( $X_0$ )= 11.5946

Parámetro de forma (gamma)= 6.8557

Parámetro de escala (beta)= 2.5222  
-----

Caudal de diseño:  
-----

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 33.98

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 37.34

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 41.20

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 43.86

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 46.36

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 200 años, es 48.73

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 51.70

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 1000 años, es 53.83

## **ANEXO 06: CALCULO DE CAUDAL - METODO RACIONAL**

## METODO RACIONAL

$$Q_{INF} = 0.278 * C * I * A$$

Según la información disponible de las precipitaciones máximas en 24 horas

$$\begin{aligned} \text{FC por lectura} &= 1.13 \\ \text{FC por área} &= 1.00 \\ D &= 12 \text{ min} \\ C &= 0.5 \\ A &= 0.0088 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Se emplea la fórmula de Dick y Peshcke:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

Pd= Precipitación total para la duración D (mm)

Calculo de Intensidad de la Precipitación (mm/h):

$$I = \frac{P_d}{D}$$

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	Pmax. En 24h (mm)	Pmax de diseño	Pd (mm)	I (mm/hora)	Q diseño (m3/seg)
5.0	33.73	38.11	11.51	57.26	0.0700
10.0	37.07	41.89	12.66	62.99	0.0770
25.0	41.03	46.36	14.01	69.70	0.0853
50.0	43.81	49.51	14.96	74.43	0.0910
100.0	46.48	52.52	15.87	78.96	0.0966
200.0	49.08	55.46	16.76	83.38	0.1020
500.0	52.43	59.25	17.90	89.05	0.1089
1000.0	54.92	62.06	18.75	93.28	0.1141

## **ANEXO 07: CALCULO DE IDF**



## Resultados

Calcular la ecuación de  $I_{m\acute{a}x}$  a partir de datos  $m\acute{a}x$  diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido como de Dyck y Peschke

Serie de datos X:

Nº	X
1	22.2
2	32.7
3	23.8
4	30.5
5	25.8
6	24.8
7	25.7
8	19.9
9	35.3
10	43.3
11	29.2
12	23.5
13	22.2
14	36.3
15	28.1
16	29.3
17	40.2
18	31.3
19	19.9
20	30.8
21	31.8

Lluvia máxima para diferentes duraciones:

	Duración					
	P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min
22.2	7.62	8.43	10.03	11.93	13.20	14.18
32.7	11.23	12.42	14.77	17.57	19.44	20.89
23.8	8.17	9.04	10.75	12.79	14.15	15.21
30.5	10.47	11.59	13.78	16.39	18.14	19.49
25.8	8.86	9.80	11.66	13.86	15.34	16.48
24.8	8.51	9.42	11.20	13.32	14.75	15.85
25.7	8.82	9.76	11.61	13.81	15.28	16.42
19.9	6.83	7.56	8.99	10.69	11.83	12.71
35.3	12.12	13.41	15.95	18.97	20.99	22.55
43.3	14.86	16.45	19.56	23.26	25.75	27.67
29.2	10.02	11.09	13.19	15.69	17.36	18.66
23.5	8.07	8.93	10.62	12.63	13.97	15.02
22.2	7.62	8.43	10.03	11.93	13.20	14.18
36.3	12.46	13.79	16.40	19.50	21.58	23.19
28.1	9.65	10.68	12.70	15.10	16.71	17.95
29.3	10.06	11.13	13.24	15.74	17.42	18.72
40.2	13.80	15.27	18.16	21.60	23.90	25.69
31.3	10.75	11.89	14.14	16.82	18.61	20.00
19.9	6.83	7.56	8.99	10.69	11.83	12.71
30.8	10.57	11.70	13.92	16.55	18.31	19.68
31.8	10.92	12.08	14.37	17.09	18.91	20.32

Intensidades máximas para diferentes duraciones:

Duración						
Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	22.86	16.87	10.03	5.96	4.40	3.55
2	33.68	24.85	14.77	8.78	6.48	5.22
3	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.80
4	31.41	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
5	26.57	19.60	11.66	6.93	5.11	4.12
6	25.54	18.84	11.20	6.66	4.92	3.96
7	26.47	19.53	11.61	6.90	5.09	4.11
8	20.49	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18
9	36.35	26.82	15.95	9.48	7.00	5.64
10	44.59	32.90	19.56	11.63	8.58	6.92
11	30.07	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
12	24.20	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
13	22.86	16.87	10.03	5.96	4.40	3.55
14	37.38	27.58	16.40	9.75	7.19	5.80
15	28.94	21.35	12.70	7.55	5.57	4.49
16	30.18	22.26	13.24	7.87	5.81	4.68
17	41.40	30.55	18.16	10.80	7.97	6.42
18	32.24	23.78	14.14	8.41	6.20	5.00
19	20.49	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18
20	31.72	23.40	13.92	8.27	6.10	4.92
21	32.75	24.16	14.37	8.54	6.30	5.08

Intensidades máximas para diferentes duraciones y periodos de retorno:

Duración						
T (años)	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
22.00	44.59	32.90	19.56	11.63	8.58	6.92
11.00	41.40	30.55	18.16	10.80	7.97	6.42
7.33	37.38	27.58	16.40	9.75	7.19	5.80
5.50	36.35	26.82	15.95	9.48	7.00	5.64
4.40	33.68	24.85	14.77	8.78	6.48	5.22
3.67	32.75	24.16	14.37	8.54	6.30	5.08
3.14	32.24	23.78	14.14	8.41	6.20	5.00
2.75	31.72	23.40	13.92	8.27	6.10	4.92
2.44	31.41	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
2.20	30.18	22.26	13.24	7.87	5.81	4.68
2.00	30.07	22.19	13.19	7.84	5.79	4.66
1.83	28.94	21.35	12.70	7.55	5.57	4.49
1.69	26.57	19.60	11.66	6.93	5.11	4.12
1.57	26.47	19.53	11.61	6.90	5.09	4.11
1.47	25.54	18.84	11.20	6.66	4.92	3.96
1.38	24.51	18.08	10.75	6.39	4.72	3.80
1.29	24.20	17.86	10.62	6.31	4.66	3.75
1.22	22.86	16.87	10.03	5.96	4.40	3.55
1.16	22.86	16.87	10.03	5.96	4.40	3.55
1.10	20.49	15.12	8.99	5.35	3.94	3.18

1.05      20.49      15.12      8.99      5.35      3.94      3.18

---

-----  
 Ecuación de ajuste para I - D - T:  
 -----

Ecuación:  $I_{m\acute{a}x} = 217.6276 * T^{(0.2519)} * D^{(-0.7500)}$

R : 0.9957

R<sup>2</sup> : 0.9914

Se : 1.1255

-----  
 Imax de diseno para los valores de T y D dados:  
 -----

Para T: 10 años

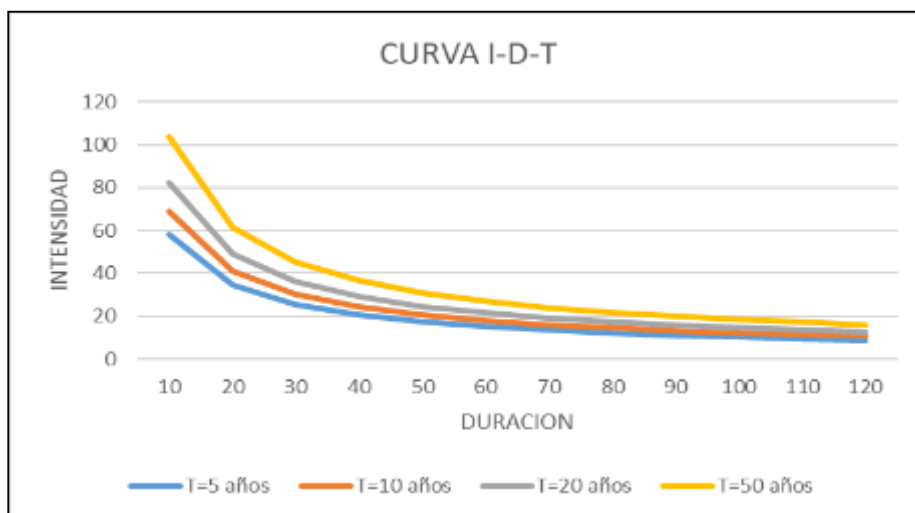
Para D : 20 min

Imax : 41.10 mm/hr

-----  
 Valores de Imax, para diferentes D en min y para T = 5, 10, 20 y 50 años

Duración D	T = 5 años	T = 10 años	T = 20 años	T = 50 años
10	58.05	69.12	82.30	103.67
20	34.51	41.10	48.94	61.64
30	25.46	30.32	36.11	45.48
40	20.52	24.44	29.10	36.65
50	17.36	20.67	24.61	31.00
60	15.14	18.03	21.47	27.04
70	13.49	16.06	19.12	24.09
80	12.20	14.53	17.30	21.79
90	11.17	13.30	15.84	19.95
100	10.32	12.29	14.64	18.44
110	9.61	11.44	13.63	17.16
120	9.00	10.72	12.77	16.08

-----  
 Curva de I-D-T.:



CURVA DE INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA.

## **ANEXO 08 ESTUDIO DE SUELO Y CANTO RODADO**

INFORME CLG-LMS 025/2018

---

SOLICITANTE : BACH. KATHERIN PÉREZ TORIBO  
 PROYECTO : SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS  
 UBICACIÓN : SECTOR SAN JOSÉ, DISTRITO DE ANDAHUAYLAS  
 PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC  
 MUESTRA : C-1 M-1  
 PROFUNDIDAD : 2.00 m  
 FECHA : ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

---

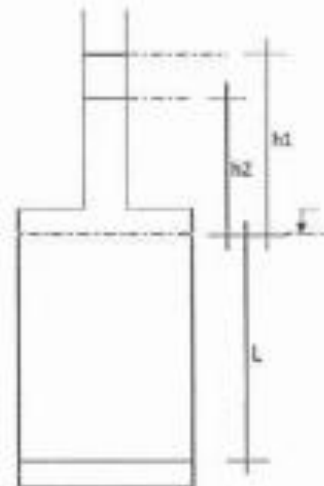
**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

Fecha de Ensayo : 23-02-2018  
 Lect. Inicial : 1.900 cm  
 Lect. Final : 1.400 cm  
 Tiempo : 610 seg  
 Diámetro de Muestra : 10.15 cm  
 Altura de Muestra : 10.15 cm  
 Densidad Seca : 1.67 gr/cm<sub>3</sub>  
 Humedad : 31.20 %


$$K_{20} = 2.303 \times \frac{\alpha}{A} \times \frac{L}{t} \times \log \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times ft$$

$$K_{20} = 3.6854 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$$

Observación: Espécimen remoldeado a densidad proporcionado por Solicitante



J.C.H.R.  
 Téc. Mec. de Suelos

  
 ARMANDO ESTEBAN FORTUN PAZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 75588

Ing. Armando Esteban Fortun Paz  
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos

INFORME CLG-LMS 025/2018

SOLICITANTE : BACH. KATHERIN PÉREZ TORIBIO  
 PROYECTO : SUBDRENAJE EN RELLENO SANTARIO ANDAHUAYLAS  
 UBICACIÓN : SECTOR SAN JOSÉ, DISTRITO DE ANDAHUAYLAS  
 PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC  
 MUESTRA : **C-2 M-2**  
 PROFUNDIDAD : 10.00 m  
 FECHA : ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

Fecha de Ensayo : 23-02-2018  
 Lect. Inicial : 1.980 cm  
 Lect. Final : 1.480 cm  
 Tiempo : 602 seg  
 Diámetro de Muestra : 10.16 cm  
 Altura de Muestra : 10.16 cm  
 Densidad Seca : 1.58 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad : 24.50 %



$$K_{20} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \log \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times R_c$$

$$K_{20} = 7.9988 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$$

Observación: Especimen remoldeado a densidad proporcionado por Solicitante

J.C.H.R.  
Téc. Mec. de Suelos

  
**ARMANDO ESTEBAN PORTUN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 75938  
 Ing. Armandito Esteban Portun Paz  
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos

INFORME OLG-LMS 025/2018

SOLICITANTE	:	BACH. KATHERIN PEREZ TORBIO
PROYECTO	:	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS
UBICACIÓN	:	SECTOR SAN JOSE, DISTRITO DE ANDAHUAYLAS PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC
MUESTRA	:	C3 M-2
PROFUNDIDAD	:	3.00 m
FECHA	:	ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

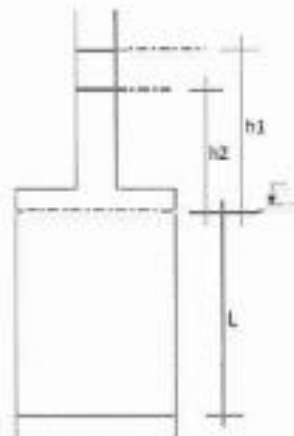
**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

Fecha de Ensayo	:	23-02-2018
Lect. Inicial	:	1.990 cm
Lect. Final	:	1.490 cm
Tiempo	:	512 seg
Dámetro de Muestra	:	10.16 cm
Altura de Muestra	:	10.16 cm
Densidad Seca	:	1.55 gr/cm
Humedad	:	32.80 %

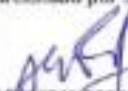
$$K_{20} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \text{Log} \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times Rr$$

$$K_{20} = 1.1432 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

Observación: Especimen remoldeado a densidad proporcionado por Solicitante



J.C.H.R.  
Téc. Mec. de Suelos

  
**ARMANDO ESTEBAN FORTUN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 75554

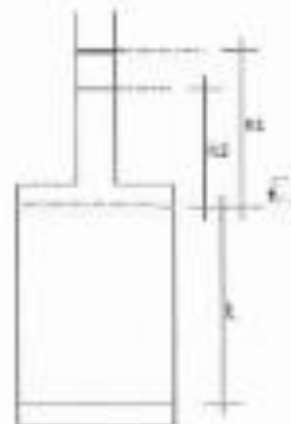
**Ing. Armando Esteban Fortun Paz**  
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos

INFORME C.C.L.045 02/2018

SOLIDANTE	:	BADU, KATHERIN PÉREZ TORRES
PROYECTO	:	SUBESTACION EN RELLENO SANFARDO ANDAHUAYLAS
UBICACION	:	SECTOR SAN JOSE DETRÁS DE ANDAHUAYLAS PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGION APUÍMAC
MUESTRA	:	C-3 M-1
PROFUNDIDAD	:	2.00 m
FECHA	:	ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

Fecha de Ensayo	:	23/02/2018
Uel. Inicial	:	2.010 cm
Uel. Final	:	1.510 cm
Tamaño	:	500 cc
Diámetro de Muestra	:	15.76 cm
Área de Muestra	:	15.76 cm
Densidad Seca	:	1.60 g/cm <sup>3</sup>
Humedad	:	24.80 %



$$K_{cv} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \log \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] = K_v$$

$$K_v = 9.8275 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

Observación: Experimento re-efectuado e densidad proporcionada por Solicitante

J.L.N.R.  
Téc. Mec. de Suelos

  
**ARMANDO ESTEBAN PARIBAN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CP 477888  
 Ing. Armando Esteban Pariban Paz  
 Téc. Sub. Mecánica de Suelos



INFORME CLG-LMS 025/2018

SOLICITANTE	:	BACH. KATHERIN PÉREZ TORIBIO
PROYECTO	:	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS
UBICACIÓN	:	SECTOR SAN JOSÉ, DISTRITO DE ANDAHUAYLAS PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC
MUESTRA	:	C-3 M-3
PROFUNDIDAD	:	10.00 m
FECHA	:	ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**


Fecha de Ensayo	:	23-02-2018
Lect. Inicial	:	2.000 cm
Lect. Final	:	1.650 cm
Tiempo	:	495 seg
Diámetro de Muestra	:	10.16 cm
Altura de Muestra	:	10.16 cm
Densidad Seca	:	1.59 gr / cm <sup>3</sup>
Humedad	:	29.98 %

$$K_{20^{\circ}} = 2.303 \times \frac{\alpha}{A} \times \frac{L}{t} \times \text{Log} \left[ \frac{h_1}{h_2} \right] \times Rt$$

$$K_{20^{\circ}} = 1.6665 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

**Observación:** Espécimen remoldeado a densidad proporcionado por Solicitante

J.CH.R.  
Téc. Mec. de Suelos

  
**ARMANDO ESTEBAN FORTUN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 75506

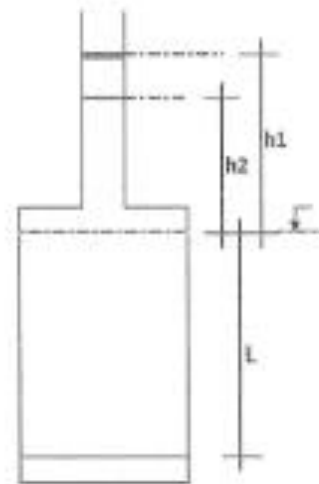
Ing. Armando Esteban Fortun Paz  
Jefe Lab. Mecánica de Suelos

INFORME CLC-LMS 025/2018

SOLICITANTE : BACH. KATHERIN PÉREZ TORRIBO  
 PROYECTO : SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS  
 UBICACIÓN : SECTOR SAN JOSÉ, DISTRITO DE ANDAHUAYLAS  
 PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC  
 MUESTRA : C-2 M-1  
 PROFUNDIDAD : 3.00 m  
 FECHA : ANDAHUAYLAS, 23 DE FEBRERO DEL 2018

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD CARGA VARIABLE**

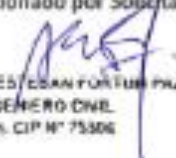
Fecha de Ensayo : 23-02-2018  
 Lect. Inicial : 1.920 cm  
 Lect. Final : 1.670 cm  
 Tiempo : 615 seg  
 Diámetro de Muestra : 10.16 cm  
 Altura de Muestra : 10.16 cm  
 Densidad Seca : 1.62 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad : 31.05 %



$$K_{20} = 2.303 \times \frac{a}{A} \times \frac{L}{t} \times \text{Log} \left[ \frac{h1}{h2} \right] \times R_t$$

$$K_{20} = 9.7269 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

Observación: Especímen remoldeado a densidad proporcionado por Solicitante

  
**ARMANDO ESTEBAN FORTUN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 75306

I.C.H.R.  
 Téc. Mec. de Suelos

Ing. Armando Esteban Fortun Paz  
 Jefe Lab. Mecánica de Suelos

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

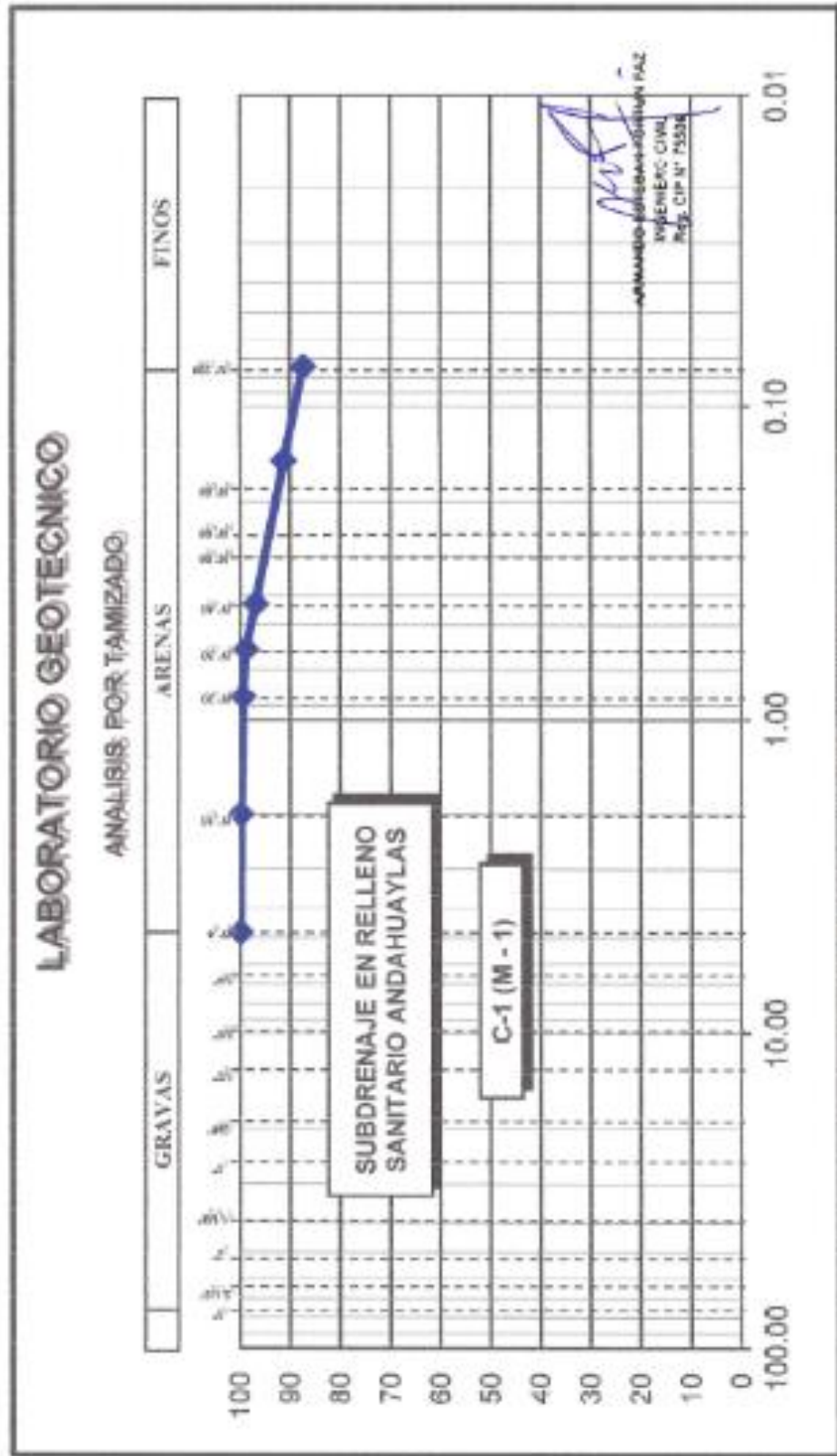
PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS	FECHA:	FEBRERO 2018
SÓLICITADO	BACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO	RESPONSABLE	ING. A. FORTUN
UBICACIÓN	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS.	HECHO POR	JCHR/AZ
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.		
CALICATA	C-1	MUESTRA:	M - 1
		PROFUNDIDAD (m.)	2.00
		INDICE PLASTICIDAD(%)	37.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%) :		LIMITE LIQUIDO(%)	70.50
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr) :	31.200	LIMITE PLASTICO(%)	33.50
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr) :	1190.000	CLASIF. SUCS	CH
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr) :	145.000	CLASIF. AASHTO:	<b>A-7-5(38)</b>
	1005.000		Arcilla Inorganica de Alta Plasticidad.

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
N° 4	4.760				100.00
N° 10	2.000	1.00	0.09	0.09	99.91
N° 20	0.840	5.00	0.43	0.52	99.48
N° 30	0.595	7.00	0.61	1.13	98.87
N° 40	0.426	22.00	1.91	3.04	96.96
N° 100	0.148	65.00	5.65	8.70	91.30
N° 200	0.074	45.00	3.91	12.61	87.39
FONDO		0.00	0.00	12.61	87.39
Linos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	-
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	12.61
Finos	87.39

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.09
Media	1.04
Fina	11.40



VICENTE ANGLUO 360 - SANTA LUZBELLA - COMAS  
 Jr. Pedro Remy 194 - Urb. Ingeniería - San Martín De Porres (Laboratorio)  
 T: 01 462-9126 - 989053236 - 98976196

[garudhangenieros@gmail.com](mailto:garudhangenieros@gmail.com) - [lakshmi.garudha.corp@gmail.com](mailto:lakshmi.garudha.corp@gmail.com) - [garudha.lac@gmail.com](mailto:garudha.lac@gmail.com)

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS	FECHA:	FEBRERO 2018
SOLICITADO	BACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO	RESPONSABLE	ING. A. FORTUN
UBICACION	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS	HECHO POR	JCH/RAZ
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.		
CALICATA	C-2	MUESTRA:	M - 1
		PROFUNDIDAD (m.)	3.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)		INDICE PLASTICIDAD(%)	26.14
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)		LIMITE LIQUIDO(%)	57.39
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)		LIMITE PLACTICO(%)	31.25
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)		CLASIF. SUCS	MH
			Limo Inorganico de Alta Plasticidad.

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PEGO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA(%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.750	10.50	1.11	1.11	98.89
N° 10	2.000	15.00	1.58	2.68	97.32
N° 20	0.840	46.00	4.84	7.53	92.47
N° 30	0.595	25.50	2.68	10.21	89.79
N° 40	0.426	42.50	4.47	14.68	85.32
N° 100	0.148	60.00	6.32	21.00	79.00
N° 200	0.074	130.00	11.58	32.58	67.42
FONDO		0.00	0.00	32.58	67.42
Limos 0.074mm-0.005mm.					
Arcillas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

D60	-	Gravas	1.11	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	1.11
D10	-			Gruesa	1.58
Cu	-	Arenas	31.47	Media	7.53
Cc	-	Finos	67.42	Fina	22.37





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS	FECHA:	FEBRERO 2018
SOLICITADO	SACH KATHERIN PEREZ TORIBO	RESPONSABLE	ING. A. FORTUNA
UBICACIÓN	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS	HECHO POR	JCHURAZ
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APUHIMAC.		
CALICATA	C-2 MUESTRA:	M - 2	PROFUNDIDAD (m): 10.00
			ÍNDICE PLASTICIDAD(%): 12.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%):		24.90	LÍMITE LÍQUIDO(%): 33.50
PESO DE LA MUESTRA SECA (kg):		1300.500	LÍMITE PLÁSTICO(%): 21.50
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (g):		360.810	CLASE SUCE: CL
PESOS DE FINES LAVADOS (g):		915.100	CLASE AMETHO: A-6(7)
			Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad.

TAMICES ACTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
2"	75.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.500				
3/8"	9.525				100.00
N° 4	4.750	1.30	0.10	0.10	99.90
N° 10	2.000	0.25	0.02	0.12	99.88
N° 20	0.840	0.40	0.03	0.15	99.85
N° 30	0.595	0.30	0.02	0.17	99.83
N° 40	0.425	99.10	7.62	7.80	92.20
N° 100	0.149	200.90	17.70	25.50	74.50
N° 200	0.074	60.36	3.87	29.37	70.63
FONDO					
Límite 0.074mm-0.005mm					
Arcilla < 0.005mm					
Coloides < 0.001mm					

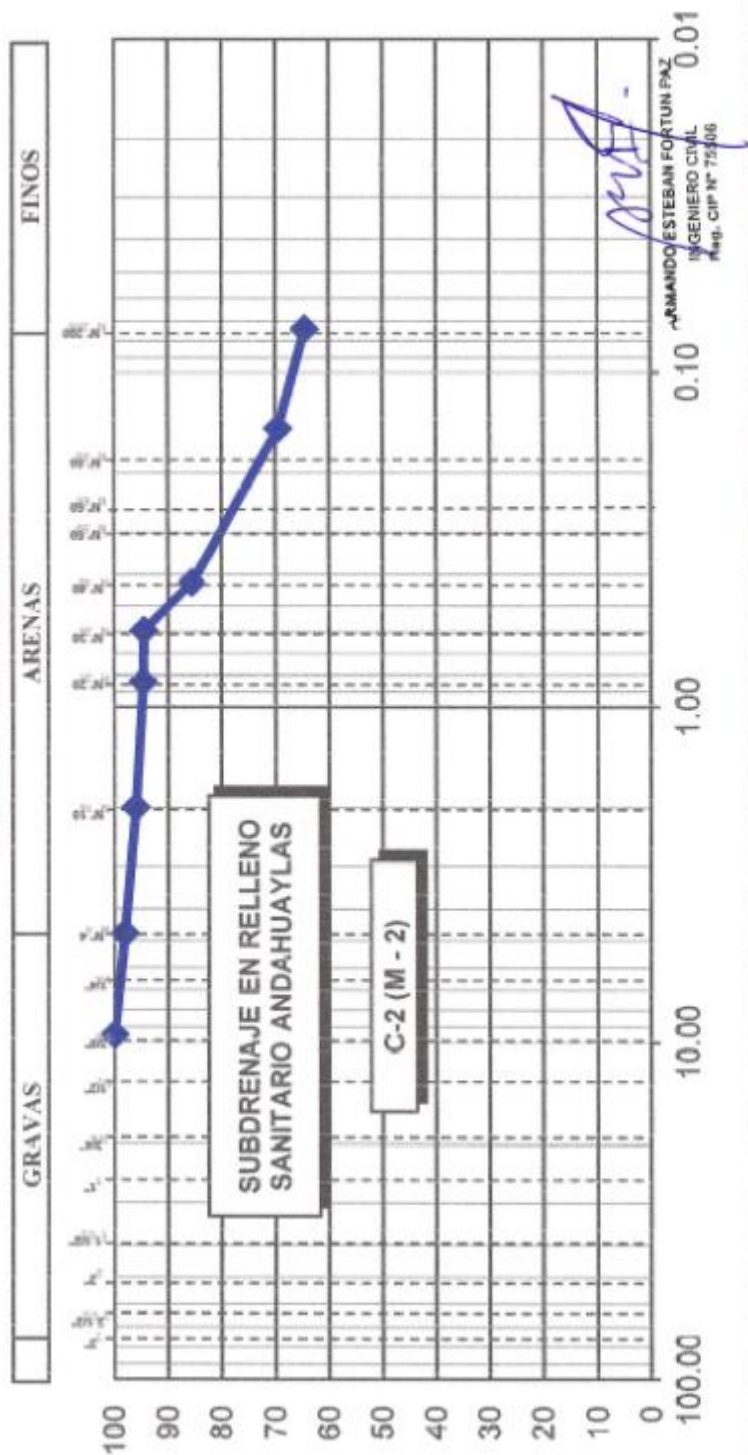
D60	-
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.10
Arenas	29.27
Finos	70.63

Gruesa	0.00
Fina	0.10
Gruesa	0.02
Medio	0.05
Fino	20.20

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ANALISIS POR TAMIZADO



VICENTE ANGLULO 960 - SANTA LUZMILA - COMAS  
 Jr. Pedro Remy 198 - Urb. Ingeniería - San Martín De Porres (Laboratorio)  
 If. 01 482-9956 - 989053236 - 98975466

garudhaingenieros@gmail.com - lakshmi.garudha.corp@gmail.com - garudha.lak@gmail.com - garudha.lak@gmail.com



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS		FECHA:	FEBRERO 2018	
SOLICITADO	SACH. KATHERIN PEREZ TORIBIO		RESPONSABLE	ING. A. FORTUN	
UBICACIÓN	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS.		HECHO POR	JCHRAZ	
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.				
CALICATA	C-3	MUESTRA:	M - 1	PROFUNDIDAD (m)	2.00
				ÍNDICE PLASTICIDAD(%)	30.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)			34.800	LÍMITE LÍQUIDO(%)	59.50
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)			1588.800	LÍMITE PLÁSTICO(%)	59.50
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (g)			305.300	CLASIF. UCC	CH
PESOS DE FINOS LAVADOS (g)			983.700	CLASIF. AASTHO	A-7-6(25)
				Arcilla inorgánica de Alta Plasticidad.	

TAMICES ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				100.00
3/8"	9.525	65.00	5.90	5.00	95.00
N° 4	4.750	40.00	3.98	8.98	91.02
N° 10	2.000	24.30	1.87	9.85	90.15
N° 20	0.840	10.00	0.77	10.62	89.38
N° 30	0.595	5.00	0.38	11.00	88.90
N° 40	0.420	3.00	0.23	11.23	88.67
N° 100	0.148	0.00	0.00	12.02	87.98
N° 200	0.074	100.00	11.54	23.56	76.44
FINO		0.00	0.00	23.56	76.44
Líneas 0.074mm-0.005mm					
Arenas < 0.005mm.					
Coloides < 0.001mm.					

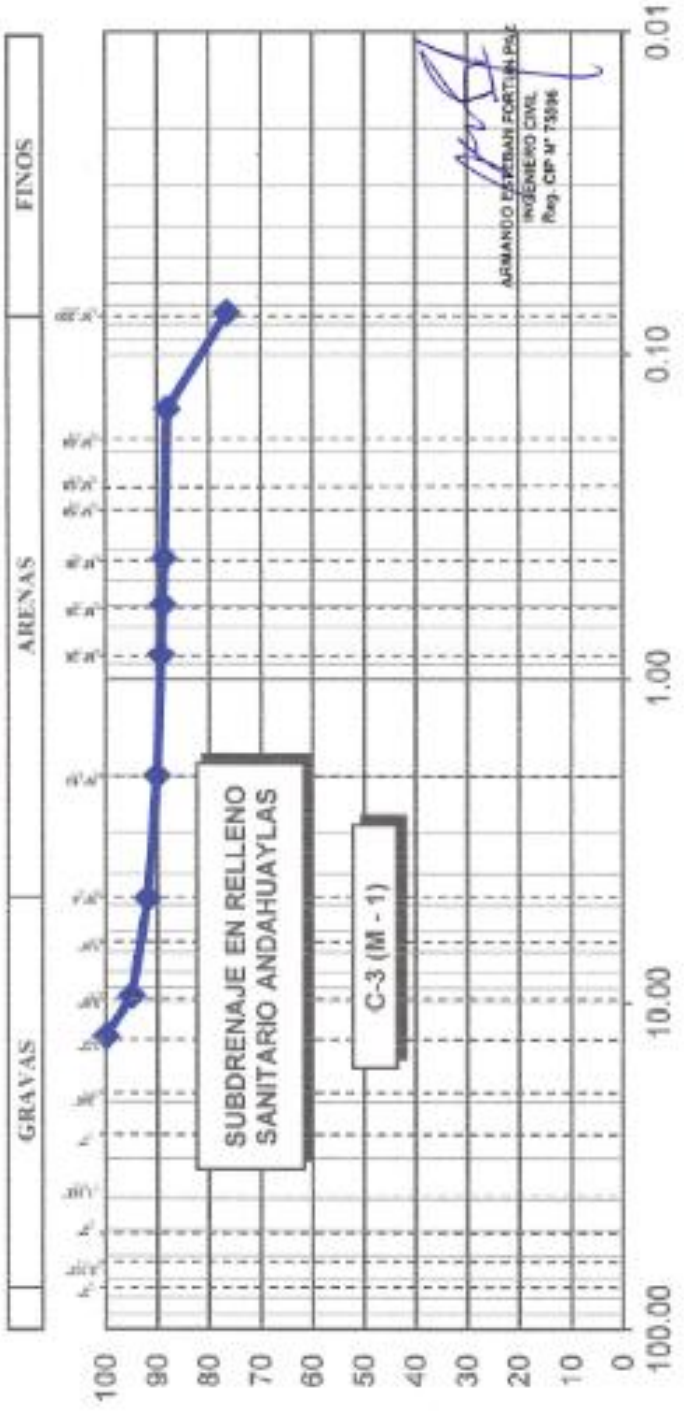
D90	-
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	15.48
Finos	76.44

Gruesa	0.00
Fina	8.08
Gruesa	1.87
Medio	1.15
Fina	12.48

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ANÁLISIS POR TAMIZADO



SUBDRENAJE EN RELLENO  
SANITARIO ANDAHUAYLAS

C-3 (M - 1)

  
 ARMANDO ESTEBAN FORTÍN PSIC.  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 73396

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS		FECHA	FEBRERO 2018
SOLICITADO	BACH. KATHERIN PEREZ TORRES		RESPONSABLE	ING. A. FORTUN
UBICACIÓN	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS		HECHO POR	JORJIAZ
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC.			
CALICATA	C-3	MUESTRA	M-2	PROFUNDIDAD (m.)
				3.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)				INDICE PLASTICIDAD (%)
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)			30.90	LIMITE LIQUIDO (%)
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y REGADA (g)			100.60	LIMITE PLASTICO (%)
PESO DE FINOS LAVADA Y REGADA (g)			29.90	CLASIF. LIQS.
PESO DE FINOS LAVADA (g)			193.100	CLASIF. AASTHO
				<b>CL</b>
				<b>A-6(13)</b>
				Arcilla Inorgánica de Baja Plasticidad.

TAMICES ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASA (%)
2"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
N° 4	4.750				
N° 10	2.000				100.00
N° 20	0.840	0.10	0.70	0.70	99.30
N° 30	0.600	5.26	0.41	1.11	98.90
N° 40	0.425	3.15	0.24	1.35	98.65
N° 100	0.149	109.50	0.42	0.77	90.23
N° 200	0.074	430.60	10.70	20.50	79.47
FONDO		0.00	0.00	20.50	79.47
Limas < 0.075mm < 0.060mm.					
Arcillas < 0.002mm					
Coloides < 0.001mm.					

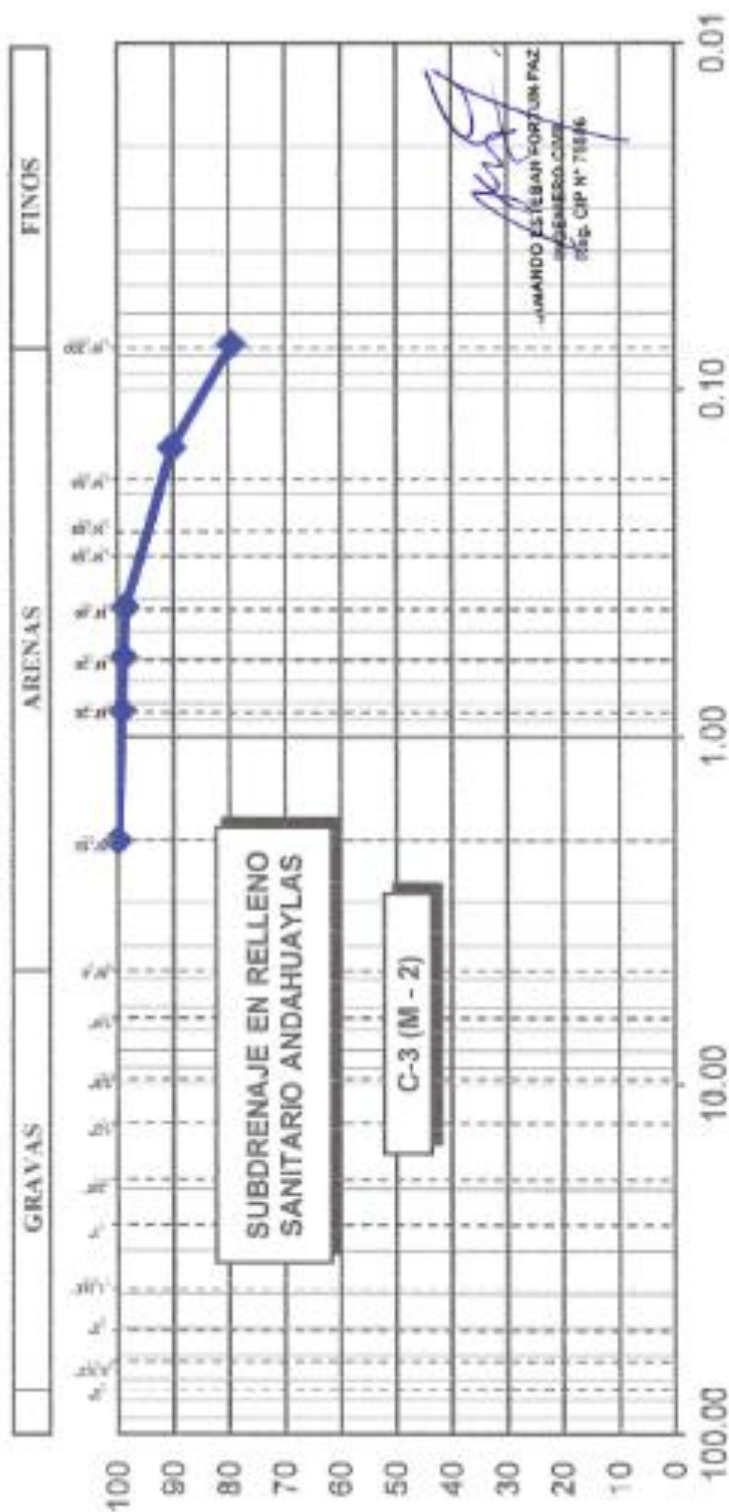
D60	-
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	20.53
Finos	79.47

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.00
Meda	1.11
Fina	19.42

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ANÁLISIS POR TAMIZADO



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422**

PROYECTO	SUBDRENAJE EN RELLENO SANITARIO ANDAHUAYLAS	FECHA	FEBRERO 2018
SOLICITADO	SACH KATHERIN PEREZ TORIBO	RESPONSABLE	ING. A. FORTUN
UBICACIÓN	SECTOR SAN JOSE, DIST. ANDAHUAYLAS	HECHO POR	JCHWALZ
	PROV. ANDAHUAYLAS, REGION APURIMAC,		
CALCATA	0-3 MUESTRA	M - 3	PROFUNDIDAD (m.)
			10.00
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)		31.700	ÍNDICE PLÁSTICO (%)
PESO DE LA MUESTRA MOJA (g)		100.000	LÍMITE LÍQUIDO (%)
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)		100.000	LÍMITE PLÁSTICO (%)
PESO DE FMS LAVADOS (g)		40.000	CLASE - SUCS
			MH
			A-7-5(14)
			Líneo Inorgánico de Alta Plasticidad

TAMOS ASTM	DESCRIPCIÓN ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL SIF (PM10) (%)	PORCENTAJE ACUMULADO	
				RETENIDO (%)	PASADO (%)
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	18.750				
1/2"	12.500				
3/8"	9.375				
Nº 4	4.750				
Nº 10	2.000				
Nº 20	0.850				
Nº 30	0.600				100.00
Nº 40	0.425	20.30	4.35	4.35	95.65
Nº 100	0.149	30.30	4.65	9.00	91.00
Nº 200	0.074	139.60	20.04	29.04	70.92
FINDO		0.00	0.00	29.04	70.92
Limos < 0.075mm < 0.004mm					
Arcillas < 0.005mm					
Céculas < 0.0075mm					

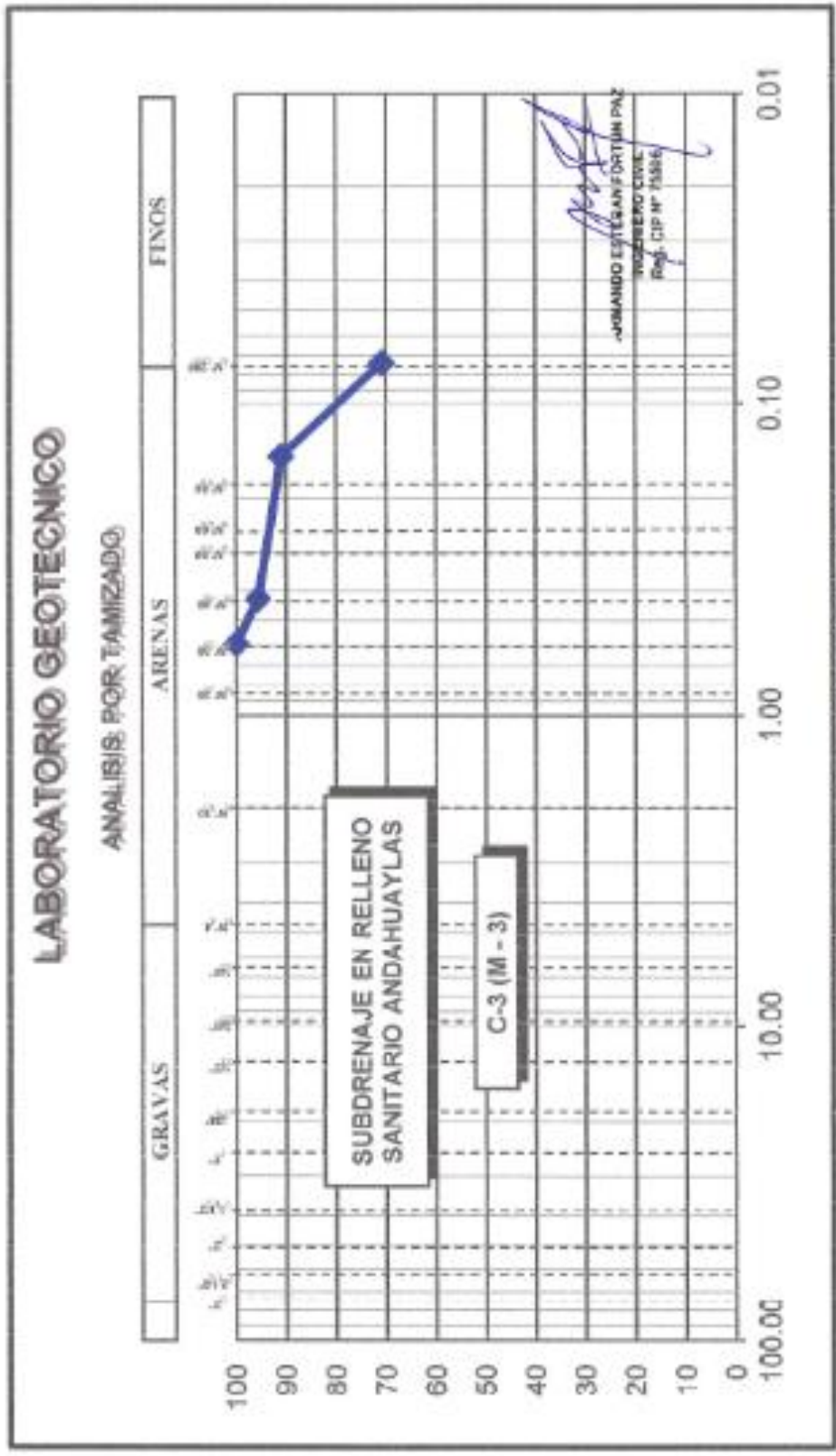
D60	-
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	29.08
Finos	70.92

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.00
Medía	0.00
Fina	29.08

  
**ARMANDO ESTEBAN FORTUN PAZ**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 73996





N° DE INFORME P12-LEM1711/37

**ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)  
NORMA ASTM D 2487**

**NOMBRE CLIENTE:** BOC **DIRECCIÓN CLIENTE:** \_\_\_\_\_  
**NOMBRE PROYECTO:** CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA DEL RESERVO SANITARIO PARA LAS COMUNIDADES DE ANDETRAYLAS, SAN JERÓNIMO Y TAJATELA, PROVINCIA DE ANQUIBAYLAS, PUEBLO AUTÓNOMO **FECHA RECEPCIÓN:** 21/01/2007  
**DIRECCIÓN PROYECTO:** CARRERA SAN JOSÉ - INSTITUTO SAN JERÓNIMO **FECHA EMISIÓN:** 22/01/2007

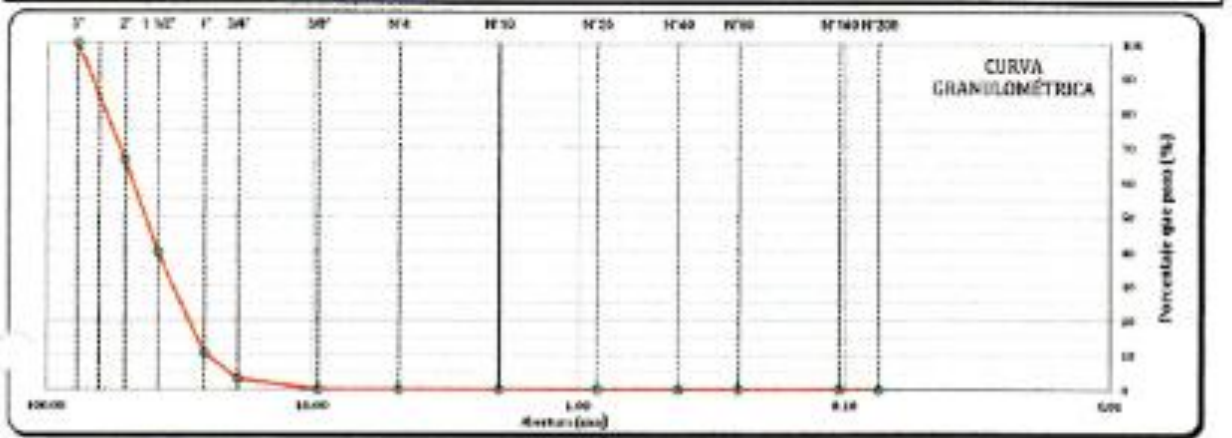
**DATOS DE LABORATORIO**

**MUESTRA:** GRAVA (ANTI GLASADO DE 1° - 2° CANTERA ENCOMENDAS **PROFUNDIDAD:** \_\_\_\_\_  
**PROVENIENCIA:** CANTERA DE PAMPAS **N° DE SOLICITUD:** P12-LEM-1711/07  
**LADO/PROGRESA:** \_\_\_\_\_ **FECHA DE ENSAYO:** 20/01/2007

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO															CONTENIDO HUMEDAD: 0.2 %
TAMIZO	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.:		
ABERTURA (mm.)	76.2	42.5	30.0	20.0	15.0	4.75	2.00	0.85	0.425	0.25	0.150	0.075	NOMBRE DE GRUPO (S.U.C.S.)		
% QUE PASA	100.0	90.0	66.9	38.7	18.0	3.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-		
GRAVA RETENIDA HASTA 1"			63.1 %			ARENA					0.94 %		FINOS		0.96 %

DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULAS (mm)				
Grava Gruesa < 75 mm (3") y >= 19 mm (3/4")	63.1 %	Grava Fina < 19 mm y >= 4.75 mm (N° 4)	3.1 %	
Grava Mediana < 4.75 mm y >= 2.00 mm (N° 10)	0.0 %	Grava Fina < 4.75 mm y >= 0.075 mm (N° 200)	0.0 %	
		% Línea y Arcillo < 0.075 mm		0.0 %

D <sub>10</sub> : 240.000	D <sub>30</sub> : 55.000	D <sub>60</sub> : 17.000	Coefficiente de Uniformidad: 1.4000	Coefficiente de Curvatura: 0.0000
---------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------



LÍMITES DE ATERRERG	
LÍMITE LÍQUIDO (LL)	N.L.
LÍMITE PLÁSTICO (LP)	N.P.
ÍNDICE PLÁSTICO (IP)	N.P.
PRUEBA DE LÍMITE LÍQUIDO	
MÉTODO MULTIPUNTO	-
MÉTODO DE PUNTO	-

- NORMAS REFERENCIALES**
- ASTM D 422 : Análisis Granulométrico por Tamizado de los Suelos
  - ASTM D 4310 : Límites Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad
  - ASTM D 2216 : Contenido de Humedad de Suelos y Rocas
  - ASTM D 2487 : Sistema de Clasificación del Suelo Unificado (S.U.C.S.)
  - ASTM D 2889 : Descripción e Identificación de Suelos



**Observaciones:** \_\_\_\_\_  
**Alex Jairo HUARTEZ PAST**  
 ING. CIVIL  
 REG. CIP 72208

**BORIS MAN SULLÓN REYES**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N. 164204

Los Resultados de los Ensayos no deben ser utilizados como una Certificación de Conformidad con Normas de Producto o como Certificado del Sistema de Calidad.

## **ANEXO 09: CUADRO DE GEOTEXTILES NO TEJIDOS**



## ANEXO N°02: CUADRO DE GEOTEXILES NO TEJIDOS

PROPIEDADES MECANICAS	NORMA	UNIDAD	NT 1600	NT 1800	NT 2000	NT 2500	NT 3000	NT 4000	NT 5000	NT 6000	NT 7000	HEPAV 400	REPAV 450
Módulo <del>Coef.</del> Resistencia a la tracción elongación	ASTM D4632	N(b) %	400(90) >50	470(106) >50	500(113) >50	700(158) >50	700(158) 50	900(202) 50	1105(242) >50	1310(295) >50	1350(304) >50	470(106) >50	550(124) >50
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4033	N(lb)	200(45)	265 (60)	320 (72)	350 (79)	400 (90)	520(118)	650(146)	750(169)	890(200)	270(61)	280 (63)
Módulo CBR Resistencia al punzonamiento	ASTM D6241	kg	1.2	1.3	1.5	2.1	2.1	2.8	3.3	4.0	4.6	N.A.	N.A.
Resistencia al rasgado longitudinal	ASTM D4533	N (lb)	164(37)	210(47)	185 (42)	260(59)	295 (66)	350(79)	400 (90)	470(106)	570(128)	200 (45)	230 (52)
Módulo Modulo Subst. Resistencia al estirado	ASTM D3786	kgPa (pdl)	1130(185)	1300(290)	1650(240)	1794(260)	2070(290)	2404(360)	3036(440)	359(510)	4554(660)	1300(290)	1500(220)
<b>PROPIEDADES HIDRAULICAS</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>NT 1600</b>	<b>NT 1800</b>	<b>NT 2000</b>	<b>NT 2500</b>	<b>NT 3000</b>	<b>NT 4000</b>	<b>NT 5000</b>	<b>NT 6000</b>	<b>NT 7000</b>	<b>HEPAV 400</b>	<b>REPAV 450</b>
Tamaño de abertura aparente	ASTM D4751	mm (N"Square)	0.212(70)	0.180(80)	0.160(80)	0.150(100)	0.150(100)	0.166(140)	0.125(120)	0.166(140)	0.090(170)	N.A.	N.A.
Permeabilidad	ASTM D4491	Cm/s	26x10 <sup>-3</sup>	27x10 <sup>-3</sup>	29x10 <sup>-3</sup>	26x10 <sup>-3</sup>	27x10 <sup>-3</sup>	26x10 <sup>-3</sup>	22x10 <sup>-3</sup>	17x10 <sup>-3</sup>	12x10 <sup>-3</sup>	N.A.	N.A.
Porosidad	ASTM D4491	%	2.0	1.9	1.7	1.7	1.0	1.0	1.0	0.6	0.4	N.A.	N.A.
Tasa de flujo	ASTM D4491	L/min/m <sup>2</sup>	55.30	54.00	47.50	40.00	44.00	29.00	27.00	19.20	12.00	N.A.	N.A.
Retención de asfalto	ASTM D6140	L/m	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0.9	1.0
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>NT 1600</b>	<b>NT 1800</b>	<b>NT 2000</b>	<b>NT 2500</b>	<b>NT 3000</b>	<b>NT 4000</b>	<b>NT 5000</b>	<b>NT 6000</b>	<b>NT 7000</b>	<b>HEPAV 400</b>	<b>REPEV 450</b>
Espesor	ASTM D5199	mm	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.8	2.9	1.3	1.4
Resistencia UV	ASTM D4335	%	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70	>70
Punto de fusión	ASTM D276	°C	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	150	150
Rolls ancho	Módulo	m	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	35-30.40	3.0	3.0
Rolls largo	Módulo	m	160	150	130	120	120	130	120	100	80	100	150
Rolls área	Calculada	m <sup>2</sup>	560160.54 0	525270.00 0	455494.52 0	420456.00 0	420456.00 0	455494.52 0	420456.00 0	350300.00 0	280304.32 0	604	570
<b>FUNCION DEL GEOTEXTIL</b>	<b>NORMA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>NT 1600</b>	<b>NT 1800</b>	<b>NT 2000</b>	<b>NT 2500</b>	<b>NT 3000</b>	<b>NT 4000</b>	<b>NT 5000</b>	<b>NT 6000</b>	<b>NT 7000</b>	<b>HEPAV 400</b>	<b>REPAV 450</b>
Filtración			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
Drenaje			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
Protección			Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
Separación				Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
Estabilización					Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y		
Reparación/curado													

## **ANEXO 10: PROTOCOLOS DE PROCESO CONSTRUCTIVO**



### TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA

IMC-SIG-FOR-133

Versión: 01

Vigencia: 08.04.17

**NOMBRE DEL PROYECTO:** "CONSTRUCCIÓN DE LA PRIMERA ETAPA DEL BELLEÑO SANITARIO PARA LAS CIUDADES DE ANDAHUAYLAS, SAN JERÓNIMO Y TALAVERA, PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS, REGIÓN APURÍMAC"**CLIENTE / SUPERVISIÓN:** FICHTNER**FECHA:** 07-11-17**PLANO REF.:** R-7 APROXIMACION DEFINITIVA**N° REGISTRO:****UBICACIÓN:** CERRO SAN JOSE - DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS**I. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO (Detallar)**Trazo  Replanteo  Nivelación  Verificación  Otros:.....Detallar: *Topografía***II. EQUIPOS UTILIZADOS: (Antes de iniciar labores verificar equipos e instrumentos)**EQUIPOS: Nivel  Teodolito  Estación Total  GPS  Otros:.....

IDENTIFICACIÓN	MARCA	MODELO	N° SERIE	R. VENCIMIENTO DE LA CALIBRACIÓN
Equipo (EQ):	TRIMBLE	115.0121	C400040	22/02/2018

**III. TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA:**1. Ubicación de BM: X; Y; Z: *67705.208 116830.245 3494.420*  
Ubicación de BM: X; Y; Z: *67705.208 116830.245 3494.420*

2. Ques principales de acuerdo a planos:

	SI	NO	N.A.
2. Ques principales de acuerdo a planos:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. El Trazo y replanteo está ejecutándose de acuerdo a los planos:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Señalización de puntos (Estacas, ca, Tinta, etc.):	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. El Trazo y replanteo está ejecutándose de acuerdo a los planos:

4. Señalización de puntos (Estacas, ca, Tinta, etc.):

**IV. METRADO:**

q 50.00 [m2]:

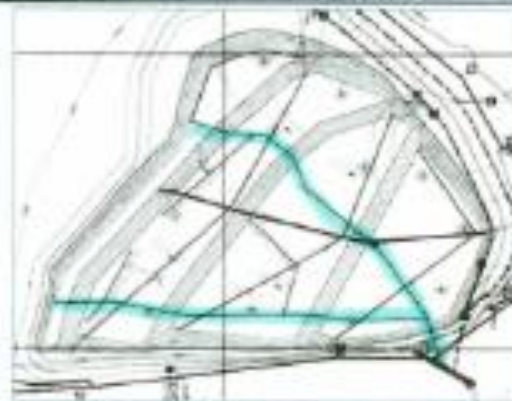
**V. ESQUEMA:****VI. OBSERVACIONES:***Se realizó la verificación de elevación de toberna tomando de punto de este redondo simultáneamente con ya existente!*

Foto: Adjuntar plano o croquis, y registro de control de nivelación (incl. (\*)

(\*) De ser caso correspondiente

ELABORADOR POR:		REVISADO POR:		SUPERVISIÓN:	
Nombre/Función:	D:	Nombre/Función:	D:	Nombre/Función:	D:
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:





## **ANEXO 11: PANEL FOTOGRÁFICO**



## ANTES DE LA INSTALACION DE SUB DRENES



**Figura 34,** Vista del corte del terreno para la habilitación de las 04 plataformas



**Figura 35,** vista del suelo saturado de las 04 terrazas para la construcción del relleno sanitario



## CONSTRUCCIÓN DE SUB DRENES:



**Figura 36,** se observa la zanja excavada para la instalación de los subdrenes del lado derecho de las plataformas.



**Figura 37,** Vista de la presencia del suelo limo arcilloso saturado en la plataforma N°02





**Figura 38,** Presencia de agua subterránea durante la instalación de los subdrenes



**Figura 39,**se observa la excavación de la zanja del lado izquierdo de las plataformas

DESPUES DE LA INSTALACION DE SUB DRENES:



**Figura 40,**se observa la presencia del afloramiento del agua sub superficial en la terraza N°02.



**Figura 41,**se observa la disminución de humedad en las 04 terrazas





**Figura 42,**vista de la conformación y perfilado del suelo después de la instalación de los subdrenes



**Figura 43,**se visualiza el descenso del flujo sub superficial en las plataformas de las terrazas.



**Figura 44,** Vista panorámica de las 04 terrazas completamente secas



**Figura 45,** Vista frontal de las 04 terrazas sin presencia de humedad y listas para la instalación de las geomembranas.





**Figura 46,**se observa la instalación completa de geomembranas y geotextiles sobre las plataformas completamente secas.



**Figura 47,**vista del proceso constructivo de la poza de lixiviado



**Figura 48,**Vista vertical de la construcción del relleno sanitario de Andahuaylas



**Figura 49,**Vista panorámica de las cuatro terrazas del relleno sanitario de Andahuaylas



