



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL
TESIS
REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS
EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500
EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL-
SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor.

Bach: Fernandez Rios Joseph Manuel.

Asesor.

Mg. Chanduvi Calderón Roger Fernando

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos.

Pimentel-Perú

2018

**REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL
CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA
TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA –
LAMBAYEQUE.**

Aprobación del informe de investigación



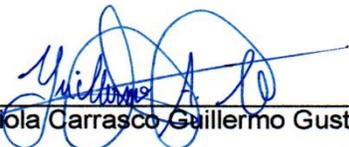
M.sc. Guerrero Millones Ana María

Asesor metodólogo



Dr. Ing. Coronado Zuloeta, Omar

Presidente de jurado



Ing. Arriola Carrasco, Guillermo Gustavo

Secretario de jurado



Mg.Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

Vocal de jurado

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres Manuel Fernández Chamaya y Miguelina Ríos Vásquez por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Mi hermana Fanny Carmela Fernández Ríos por quererme y apoyarme siempre.

Finalmente a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la presente tesis.

Joseph Manuel

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia a mi PADRE Manuel Fernández Chamaya, mi MADRE Miguelina Ríos Vásquez, mi hermana Fanny Carmela Fernández Ríos.

A mi docente y consejero de tesis Ing. Guillermo Gustavo Arriola Carrasco por brindarme su apoyo incondicional y poder guiarme durante todo mi camino profesional y por brindarme sus conocimientos y amistad.

A mi docente de investigación II Msc. Ana María Guerrero Millones por guiarnos por el buen saber poder desarrollar una buena investigación.

A nuestro director de escuela Msc. Ing. Omar Coronado Zuloeta por darnos el nivel necesario durante todo el ciclo académico para podernos desenvolver rápidamente en el exterior y dejando en alto la universidad Señor de Sipán.

El autor.

RESUMEN

La eficiencia de transporte en los proyectos de riego es pobre debido a las filtraciones, percolación, grietas y daños del canal de tierra. Los canales de tierra pierden una parte sustancial del agua utilizable a través de la filtración. Se utilizan varios métodos para estimar la filtración del canal. El objetivo principal de esta investigación es Determinar las Redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma de la progresiva km 3+500 a km 8+500 empleando la transformada de Christofhell- Schwarz, distrito de Pacora – Lambayeque y métodos empíricos y analíticos para reducir las pérdidas de agua. La transformada de Christofhell – Schwarz nos da como resultados caudales de infiltración en función a su longitud horizontal pero a mayor longitud disminuye el caudal de infiltración además los resultados son muy mínimos lo que deducimos que no es aplicable a canales sin revestir , las únicas formulas empíricas y analítica que están dentro del rango y se puede contar con dichos resultados son Molesworth y Yennidunia (formula empírica y analítica), T. Ingham, Pakistanian aunque la infiltración son mínimas porque el caudal que ingresa es de $1\text{m}^3/\text{seg}$.

Palabras claves: Redes de flujo, suelos cohesivos y no cohesivos, transformada de Christofhell- Schwarz.

ABSTRACT

The efficiency of transport in irrigation projects is poor due to leaks, percolation, cracks and damages of the ground channel. The channels without covering lose a substantial part of the usable water across the filtration. Several methods are used to estimate the valuation of filtration of the channel. The main objective of this research is to determine the flow networks for cohesive and non-cohesive soils in the Poma channel from the progressive km 3 + 500 to km 8 + 500 using the Christofhell-Schwarz transform, Pacora-Lambayeque district and empirical methods And analytical methods to reduce water losses. The transformed Christofhell - Schwarz gives us as a result of infiltration in function to its horizontal length but at greater length decreases the rate of infiltration in addition the results are very minimal, the only analytical and empirical formulas that are within the range and you can count on these results are Molesworth And Yennidunia (Formula, empirical and analytical), T. Ingham, Pakistanian although the infiltration are minimal because the flow that enters is 1m³/s.

Key words: Flow networks, cohesive and not cohesive soils, Christofhell-Schwarz transform.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Situación problemática	14
1.1.1. A nivel internacional	14
1.1.2. A nivel nacional	14
1.1.3. A nivel local.....	15
1.2. Antecedentes de estudio.....	15
1.2.1. A nivel internacional	15
1.2.2. A nivel nacional	18
1.2.3. A nivel local.....	19
1.3. Base teóricas científicas	19
1.3.4.1. Fórmulas empíricas.....	37
1.3.4.1.1. Fórmula E.A.Moritz (USSR) (Mowafy, 2001).....	37
1.3.4.1.2. Fórmula Molesworth y Yennidunia (Egipto) Mowafy, (2001).	38
1.3.4.1.3. Fórmula Hungarian Mowafy, (2001).....	38
1.3.4.1.4. Fórmula de T. Ingham	39
1.3.4.1.5. Fórmula de Punjab	39
1.3.4.1.6. Fórmula de Kostiaikov (Libro en Español). Villon, (2003).....	40
1.3.4.1.7. Fórmula de Echeverry (Libro en Español). Villon, (2003).	40
1.3.4.1.8. Fórmula Davis y Wilson (Libro en Español)	41
1.3.4.1.9. Fórmula Pakistanian.....	42
1.3.4.1.10. Función de Filtración por SWAMEE:	42
1.3.4.2. Ecuación analítica.....	43
1.3.4.2.1. Molesworth y Yennidunia. Mowafy, (2001).	43
1.4. Definición de términos básicos.....	54
1.5. Formulación del problema	56
1.6. Delimitación de la investigación.....	56
1.7. Justificación e importancia de la investigación.	56
1.7.1. Justificación Tecnológica	56
1.7.2. Justificación Ambiental.....	57
1.7.3. Justificación Socioeconómica	57
1.8. Hipótesis.....	58
1.9. Objetivos de a investigación	58
1.9.1. Objetivo general.....	58
1.9.2. Objetivos específicos.....	58
1.10. Estado del arte	59

II. MATERIAL Y METODO	60
1.1. Tipo y diseño de la investigación.....	61
1.1.1. Tipo de investigación.....	61
1.1.2. Diseño de la Investigación.....	61
1.2. Población y muestra:.....	61
1.3. Variables.....	61
1.4. Operacionalización.....	62
1.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	64
1.5.1. Abordaje Metodológico.....	64
1.5.2. Técnicas de recolección de datos.....	64
1.5.3. Descripción de los instrumentos utilizados:.....	65
1.5.4. Guía de análisis de documentos.....	65
1.6. Procedimiento para la recolección de datos.....	65
1.7. Análisis estadístico de datos.....	66
1.7.1. Enfoque cualitativo.....	66
1.7.2. Enfoque cuantitativo.....	66
1.8. Principios éticos.....	66
1.8.1. Ética de la recolección de datos.....	66
1.8.2. Ética de la publicación.....	66
1.8.3. Ética de la aplicación.....	67
1.9. Criterios de rigor científico.....	67
1.9.1. Generalidades.....	67
1.9.2. Fiabilidad.....	67
1.9.3. Replicabilidad.....	67
III. RESULTADOS	68
1.10. Resultados en tablas y gráficos.....	69
1.10.1. Ensayos de Mecánica de Suelos.....	69
1.10.2. Transformada de Christoffell-Schwarz.....	74
1.10.3. Fórmulas empíricas y ecuaciones analíticas.....	75
1.10.4. Determinación de las redes de flujo.....	76
1.11. Discusión de resultados.....	77
1.12. Propuesta de investigación.....	78
1.13. Presupuesto:.....	82
1.14. Cronograma base:.....	83

IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
1.15.	CONCLUSIONES:	85
1.16.	RECOMENDACIONES:	86
	REFERENCIAS	91
	ANEXOS	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente C en función de la porosidad	28
Tabla 2. Coeficiente C_0 en función de la forma de la arena.	28
Tabla 3. Valores Relativos de Permeabilidad (Según TERZAGHI-Peck).	29
Tabla 4. Valores de coeficiente “n” de Kutter generalmente se usan en los diseños.	34
Tabla 5. Taludes recomendados para diferente tipo de material	35
Tabla 6. Bordos libres de acuerdo al caudal	35
Tabla 7. Velocidad del flujo máxima permisible para escurrimiento en canales sin causar erosión.....	36
Tabla 8. Ancho de plantilla recomendados de acuerdo al caudal de diseño del canal.	36
Tabla 9. Valor constante que depende del tipo de suelo.	37
Tabla 10. Valores del da según el tipo de suelo	39
Tabla 11. Coeficiente de permeabilidad.	40
Tabla 12. Coeficiente de permeabilidad C_e	41
Tabla 13. Valor de c_d según el tipo de material.	41
Tabla 14 Serie de tamices de malla cuadrada	47
Tabla 15. Densidad relativa del agua y factor de conversiones K para diferentes temperaturas.	51
Tabla 16 Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico.	54
Tabla 17. Diseño de la Investigación.	61
Tabla 18. Variable Independiente.	62
Tabla 19. Variable dependiente.	63
Tabla 20. Pendiente en función del tipo de suelo.....	80
Tabla 21. Ancho de solera en función del borde libre.	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Describe el comportamiento de un líquido moviéndose a lo largo de una corriente de agua.	20
Figura 2. Equipo que permite determinar la permeabilidad.	22
Figura 3. Permite determinar el coeficiente de permeabilidad del suelo.	24
Figura 4. En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo fino.	25
Figura 5. En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo grueso.	26
Figura 6. Secciones típicas de canales.	30
Figura 7. Ecuaciones para calcular las características hidráulicas de las secciones de canal más comunes.	31
Figura 8. Columna de tamices de diferentes medidas sobre la máquina de ensayo. Adaptado de Civilgeeks.com.....	47
Figura 9 . Ensayo para determinar el peso específico.	50
Figura 10. Prueba de la velocidad de las partículas.	52
Figura 11. Curva granulométrica del ensayo de granulometría km 3+500.	69
Figura 12. Curva granulométrica del ensayo de granulometría km 4+500.	70
Figura 13. Curva granulométrica del ensayo de granulometría por lavado y por Hidrometría km	71
Figura 14. Curva granulométrica del ensayo de granulometría por lavado y por Hidrometría km 6+500.	71
Figura 15. Curva granulométrica del ensayo de granulometría km 7+500.	72
Figura 16. Curva granulométrica del ensayo de granulometría km 8+500.	73
Figura 17. Resultaos de la transformada de Christoffel-Schwarz.	74
Figura 18. Fórmulas empíricas y analíticas m ³ /s km 3+500-8+500.	75
Figura 19. Resultados de la transformada de christoffel-schwarz.	76
Figura 20. Resultados de infiltración aplicando formulas empíricas.	77
Figura 21. Parámetros normales de un canal en el software Hcanales.	78
Figura 22. Parámetros con Máxima eficiencia Hidráulica de un canal en el software Hcanales.	79
Figura 23. Parámetros con mínima infiltración de un canal en el software Hcanales.	79

I.
INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La conservación de los suministros de agua es cada vez más importante a medida que la demanda sigue aumentando y las nuevas fuentes de suministro se vuelven más difíciles de encontrar. Esta presente tesis está estructurado con cuatro capítulos donde el primer capítulo es introducción donde abarca situaciones problemáticas de canales en malas condiciones que sirven como base para nuestra tesis ya sea nacional, local o internacional, también el planteamiento del problema, y los objetivos generales y específicos que nos servirán para generar nuestros resultados y nuestras conclusiones, todas las investigaciones que nos servirán para dar solución a la tesis como son las fórmulas y ensayos de mecánica de suelos que nos permitirá hallar el coeficiente de permeabilidad para dar solución a la Transformada de Christoffell-Schwarz y las fórmulas empíricas y analíticas, el segundo capítulo es Material y Método que embarca el tipo y diseño de investigación que es cuasi experimental, hipótesis, variables que se desarrolla a partir de los objetivos específicos, la población es el canal Poma km 0+000- 18+000 y muestra es el canal Poma km 3+500- 8+500, el tercer capítulo es Resultados donde explico mis resultados de la Transformada de Christoffell- Schwarz y las fórmulas empíricas y analíticas, la Propuesta de Investigación donde explico que tipo de revestimiento propongo para disminuir la pérdida de infiltración, en el cuarto capítulo es las conclusiones y recomendaciones explico la Transformada de Christoffell- Schwarz nos da una infiltración mínima en función de longitud y no es aplicable y las fórmulas empíricas y analíticas que sirven como base para estudios de infiltración.

1.1. Situación problemática

1.1.1. A nivel internacional

La granja de la Universidad presenta actualmente canales abiertos en tierra en malas condiciones, canales con formas irregulares ocasionadas por la erosión, la falta de mantenimiento, el uso indiscriminado del agua en la aplicación del riego por superficie, factores que le resta eficiencia al sistema de riego. Es por esto, que surgió la necesidad de hacer este proyecto que se basó fundamentalmente en el trazado y diseño de la red de canales de la granja, proponiendo tres opciones de revestimiento con estructuras hidráulicas que permitan aprovechar mejor el recurso hídrico. Izquierdo, Mujica, & Perdomo, (2009).

1.1.2. A nivel nacional

Aceleran trabajos de revestimiento del canal Zamácola para evitar pérdidas de agua. La Gobernadora Regional, Yamila Osorio, inspeccionó esta mañana los trabajos que se vienen ejecutando en el canal principal de Zamácola, obra financiada por el Gobierno Regional de Arequipa con un presupuesto que alcanza el millón 550 mil soles.

El canal cuenta con tramos que fueron considerados como críticos, debido al mal estado en el que se encuentran. Por esta razón el GRA (Gobierno Regional de Arequipa), en coordinación con la Comisión de Regantes de Zamácola, emprendieron su mantenimiento y en algunos tramos la reconstrucción total.

Este canal conduce el agua y más del 80% de la población de la ciudad de Arequipa se abastece, ya que conduce el líquido vital hacia la planta de Sedapar para ser tratada. El canal se encuentra colmatado y no tiene revestimiento de concreto, precisamente en el sector en que se encuentra la toma de agua, el cual será colocado para evitar el crecimiento de algas y otras plantas, así como el desperdicio del líquido. En otro tramo presenta serias deficiencias originadas por la fuerte pendiente y la mezcla pobre de concreto en piso y paredes. En algunos sectores sólo existen paredes de sillar y tiene numerosas fisuras y erosiones que registran pérdida de agua a través

de las filtraciones.

Los trabajos se iniciaron el 20 de enero y deben culminarse el 3 de mayo. Están a cargo de Consorcio Zamácola y OB Ingenieros. En ese lapso de tiempo se desarrollarán una serie de labores como la instalación de nuevas compuertas, construcción de canales, rehabilitación del túnel denominado Tucos, además de la colocación de tuberías en diversos sectores, entre otros. El Búho Diario Digital de Arequipa, (2016).

1.1.3. A nivel local

En la localidad de Pacora existen canales de regadío pero de tipo acequia; los cuales no presentan una canalización adecuada como debe ser toda obra de esta magnitud, para que brinde un servicio de repartición del agua y llegue hasta el último terreno agrícola, en estas acequias existentes se puede observar una pérdida apreciable de este elemento, y es por eso que este proyecto es necesario e indispensable para mejorar este servicio.

1.2. Antecedentes de estudio

1.2.1. A nivel internacional

Izquierdo, Mujica, & Perdomo, (2009) en su investigación en Universidad Surcolombiana, y titulada: "Diseño de una Alternativa de Abastecimiento, Canales Abiertos y Estructuras Hidráulicas en el Riego por Superficie de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana". Dentro de esta etapa se desarrollaron las siguientes actividades; organización de los datos sobre el estado de la conducción actual para su diagnóstico, diseño de la nueva alternativa de abastecimiento con todas las estructuras que se necesitaban; la compuerta predial, desarenador, aforador, cajillas de inspección, cárcamo(pozo de succión) y la caseta de bombeo. Los resultados son claros en arrojar que el revestimiento en concreto es la mejor opción, por la vida útil de las estructuras, por la alta eficiencia que le da al sistema, y porque en comparación a la opción alternativa que se planteó en este proyecto es mínima en comparación de los beneficios.

La granja de la Universidad Surcolombiana presenta actualmente canales abiertos en

tierra en malas condiciones, canales con formas irregulares ocasionadas por la erosión, la falta de mantenimiento, el uso indiscriminado del agua en la aplicación del riego por superficie, factores que le resta eficiencia al sistema de riego.

Uchdadiya & Patel, (2014) en su investigación en Surat, India, y titulada: “las pérdidas por filtración a través de canales no revestidos y revestidos”. La filtración es el proceso más dominante por el cual el agua se pierde en el canal. Por lo tanto, para la planificación operativa efectiva y la gestión de un sistema de riego, una predicción fiable de la filtración es muy importante. La filtración se puede obtener bien por medición directa o por estimación. El análisis exacto de la pérdida de la filtración de los canales es bastante complejo. En el presente estudio las expresiones simplificadas y aproximada propuestos por Swamee, fueron adoptadas para formular la pérdida de la filtración de un canal no revestido y revestido con un material diferente al asumir un diferente coeficiente de permeabilidad. Las pérdidas medias de filtración en el canal sin revestimiento son $0,415 \text{ m}^3/\text{seg}$, en Brick canal recubierto son $0,0511 \text{ m}^3/\text{seg}$, en P.C.C (Polyethylene Plastic Cover) Canal forrado son $0,0028 \text{ m}^3/\text{seg}$ en P.C.C. con la película de polietileno de baja densidad canal revestido son $1,2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}$. Si proporcionan el forro podrían reducir las pérdidas de filtración casi el 87.68 %, el 99.30 %, y el 99.97 % respectivamente.

Las pérdidas por filtración es un tema muy importante por lo cual el agua se pierde en el canal, la filtración se puede obtener bien por medición directa o por estimación, los estudios realizados fueron aplicados a canales revestidos y no revestidos.

Ahuchaogu, Imeh, & Anwana, (2015) en su investigación en Uyo, Nigeria, y titulada: “Evaluación de pérdidas de filtración en un canal revestido y de tierra, un caso de estudio de la universidad de granja Uyo, Uyo, Nigeria”. El experimento sobre las pérdidas por infiltración se realizó en canales de 5 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de profundidad, con solo 0,6 m de profundidad del canal revestido con una mezcla de (175 kg) de arcilla y 2 kg de bentonita. El agua se llenó a solo

0,6 m de la profundidad de 1 m del canal. El método de estanqueidad se usó para medir el volumen de agua perdida a través de la filtración, teniendo en cuenta las pérdidas debidas a la evaporación, mientras que otras pérdidas de los dispositivos de descarga no se tuvieron en cuenta. Se obtuvieron pérdidas de filtración promedio de 0.29m³ / hora y 0.05m³ / hora para los canales sin revestimiento y revestidos, respectivamente. El estudio recomienda que la mezcla de arcilla y bentonita en la proporción establecida sea utilizada por agricultores de pequeña y mediana escala que deseen controlar las pérdidas por infiltración con una capacidad de ahorro de humedad del 82.8% dentro del área de estudio.

Tariq & Taj (2014) en su investigación en Peshawar, Pakistán, y titulada: “Impacto de Pérdidas de agua y Mantenimiento de Sistema de Irrigación de Canal de Panamá sobre Agricultura (Estudio del caso: Urmar Menor de Gravedad Warsak Canal de Panamá Paquistán”. Los métodos para medir la tasa de filtración de los canales incluyen: método de flujo de entrada - salida y el método de encharcamiento. El método de encharcamiento es considerada la más precisa. Tales resultados fueron reportados por Ejaz encontró que las pérdidas promedio de 24 %, mientras que Whiting y Javed informaron de 22% de pérdidas en Balu pueblo Peshawar después de sellar el barro nukkaswith. Khan estima que 21,8 % de pérdidas en Pabbi Menor de Kabul Canal río debido a la falta de mantenimiento de los cursos de agua y 14,5 % de pérdidas en Sheikh Yusuf menor debido a nukkas con fugas. Langely y Roob midieron las pérdidas de agua promedio de 40% en Colorado, mientras que la República de Irlanda y Leonard mencionaron 42 % de pérdidas de agua en el sistema de riego de mogha a la granja.

García, Vélez, Saenz, & Carmona, (2005) en su investigación en México, y titulada: “Metodología para estimar pérdidas por infiltración en canales de tierra”. La metodología desarrollada para cuantificar y evaluar las pérdidas por infiltración se basa en métodos experimentales de campo y de modelación matemática. Para la estimación

de las pérdidas por infiltración en campo en el cauce del canal Coria, se seleccionaron sitios de muestreo para obtener información básica sobre las variables físicas e hidrodinámicas del suelo de dicho cauce. Específicamente se hicieron mediciones de infiltración, de conductividad hidráulica, de profundidad del manto freático, de aforos de gastos conducidos por el canal, así como la toma de datos de pruebas piezométricas y la toma de muestras de suelo a diferentes profundidades para determinar y relacionar sus características físicas, morfológicas y mineralógicas con el proceso de infiltración. Las estimaciones y el comportamiento de las pérdidas por infiltración en condiciones de campo fueron similares a las estimadas con el modelo de simulación. El modelo matemático se basa en la solución numérica por el método de elementos finitos de la ecuación de flujo bidimensional propuesta por Richards (1931), definiendo previamente el dominio de la solución y las condiciones de frontera, con base en las mediciones y observaciones de campo, para finalmente simular el comportamiento del flujo del agua en el perfil del suelo, y cuantificar y evaluar las pérdidas por infiltración, en el canal Antonio Coria. El comportamiento del suelo con respecto a las pérdidas de agua por infiltración, es consistente con el gasto promedio ponderado, considerando los tres estratos del perfil del suelo de las cargas del canal de 2.95 y 1.98 m, del orden de $3.683 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, que es comparable con el valor observado en campo, de $4.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1}$. Asimismo, para una longitud de 72 km y 150 días de operación del canal Coria, las pérdidas por infiltración fueron de 13%.

1.2.2. A nivel nacional

Ramos, (1982) en su investigación en Perú, titulada: "Redes de Flujo en Medios Porosos". La metodología desarrollada indica la aplicación de la transformada de Christoffell-Schwarz en una presa de tierra con base impermeable y la aplicación de estudios de laboratorio de mecánica de suelos para poder realizar una comparación con dichos resultados. El porcentaje de variación de las líneas de corrientes teórico experimental utilizando la transformada de Christoffell-Schwarz es de +5% este porcentaje podemos considerarlo optimo si tenemos en cuenta que Terzagui-Peck y Sowers & Sowers dan un porcentaje de variación de +5% y en cuanto se refiere al

caudal de filtración ellos dan un porcentaje de +5% al 10% y se ha obtenido +5% por lo que esta transformación se puede considerar de gran uso para calcular la línea de corriente, equipotenciales y por ende la red de flujo.

1.2.3. A nivel local

Las investigaciones es limitada en Chiclayo- Lambayeque la mayoría de ingenieros se rige en información desfasada o solo diseña con lo que tiene porque se carece de información porque las investigaciones en el Perú no es bien demandada y la mayoría de científicos dejan de serlo por eso la información relacionada con redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos en canales no revestidos fue restringida.

1.3. Base teóricas científicas

1.3.1. Redes de flujo - estudio de la Filtración en un Canal de Tierra con base impermeable

Se analiza las propiedades físico-mecánicas de un canal tal como también el cálculo para hallar la permeabilidad, la filtración, etc. Se describe los siguientes puntos según Ramos, (1982).

1.3.1.1. Ley de Darcy.

El agua al circular a través de un medio permeable, (siendo un material o medio permeable cuando contiene vacíos continuos, existiendo éstos en todos los suelos), las partículas de ésta recorren curvas que se denominan Líneas de Filtración o líneas de corriente. Ramos, (1982).

Por el estudio de Mecánica de Fluidos para un flujo uniforme, no viscoso, fluido incompresible; la Ecuación de Bernoulli está dada por:

$$\frac{P}{\gamma_w} + Z + \frac{V^2}{2g} = \text{cte} - h \quad (1)$$

Dónde:

P = presión (kg/m^2).

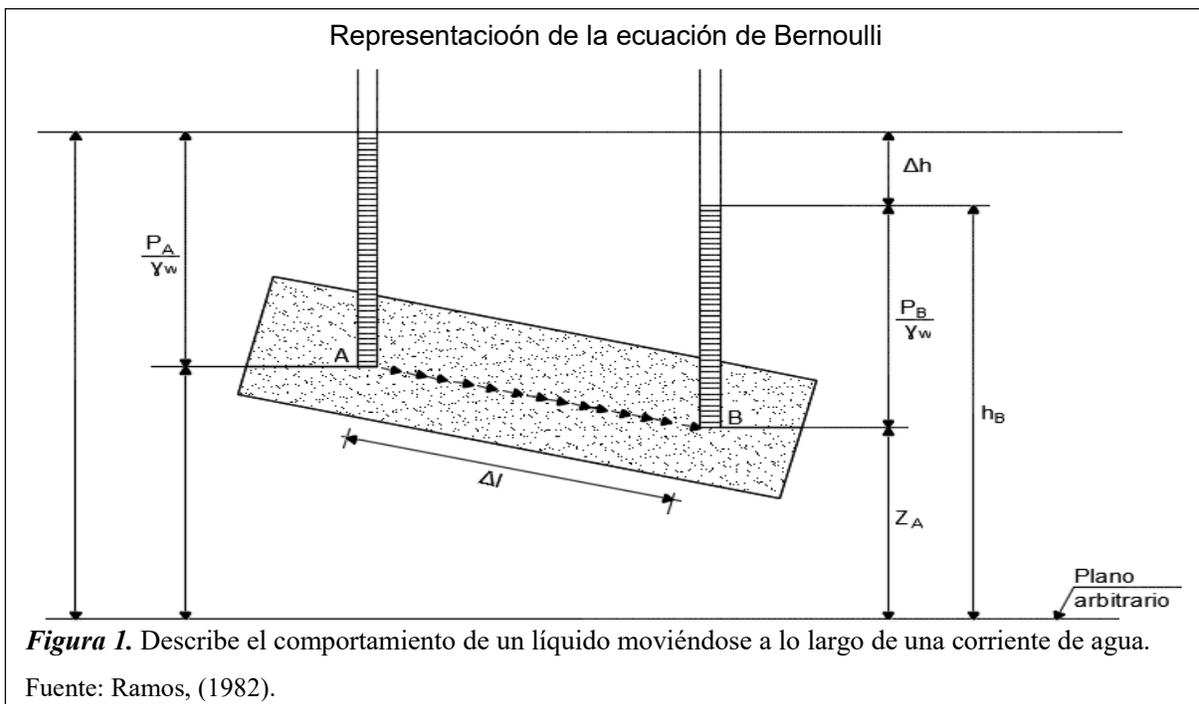
γ_w = peso específico (kg/m^3).

V = velocidad de filtración (m/seg).

g = gravedad (m/seg^2).

h = altura total (m).

Demuestra que la suma de la altura de presión P/γ_w , la elevación z y la velocidad total $V^2/2g$ en un punto dentro de la región del flujo es una constante.



Se debe de tener en cuenta que hay una pérdida de energía debido a la resistencia que ofrecen individualmente los poros del material, es por ello, en la **Fig. 1** podemos aplicar Bernoulli, así:

$$\frac{P_A}{\gamma_w} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} = \frac{P_B}{\gamma_w} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g} + \Delta h \quad (2)$$

Donde Δh representa la pérdida total de altura o energía del fluido en una distancia Δl .

Así:

$$i = - \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{-dh}{dl} \quad (3)$$

Siendo i el gradiente hidráulico.

Asimismo, la energía cinética ($V^2/2g$) es muy pequeña entre los puntos **A** y **B** pudiéndose considerar como despreciable ya que si la velocidad total es muy grande con respecto a la velocidad de filtración entre **A** y **B** entonces el término $V^2/2g$ será muy pequeño por lo que se le considera despreciable.

Obteniendo en (2) :

$$\frac{P_A}{\gamma_\omega} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma_\omega} + Z_B + \Delta h$$

$$\Delta h = \left(\frac{P_A}{\gamma_\omega} - \frac{P_B}{\gamma_\omega} \right) + (Z_A + Z_B) \quad (4)$$

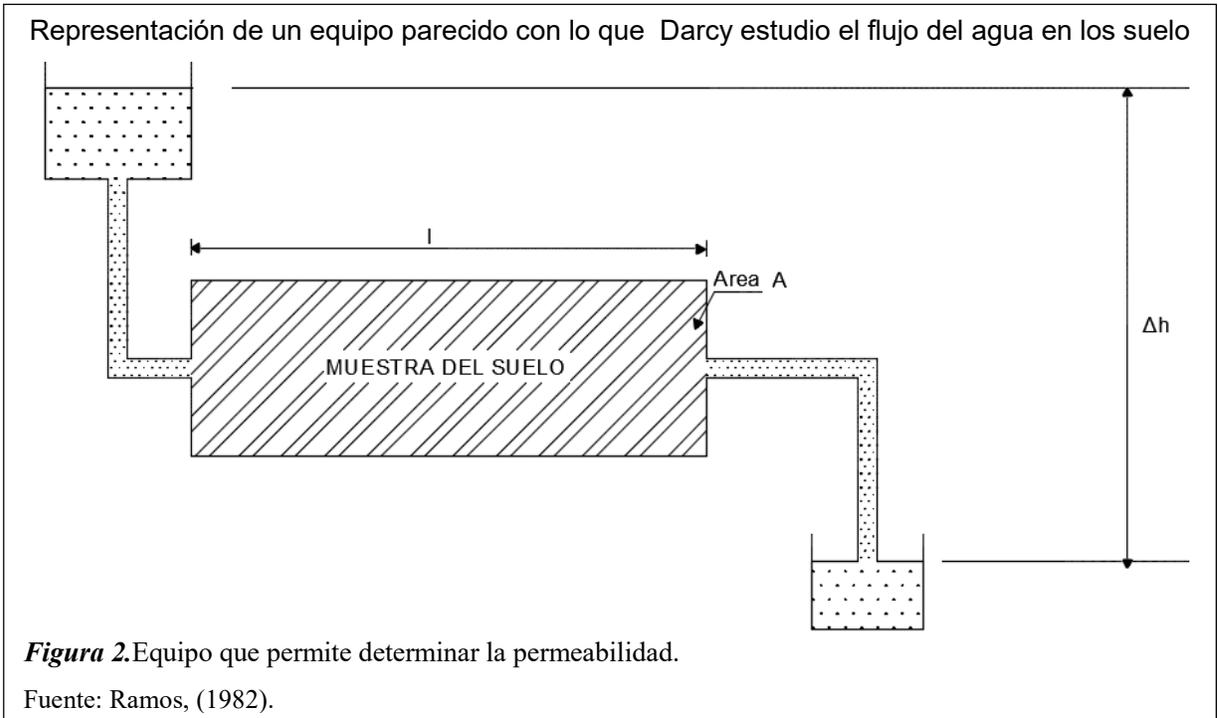
Por lo tanto la altura total en un punto se podrá escribir simplemente como:

$$h = \frac{P}{\gamma_\omega} + Z$$

Es así como en el año 1856 Henry Darcy publicó una simple relación basada en la experimentación:

$$V = ki \implies h = \frac{P}{\gamma_\omega} + Z$$

Que se le denominó “Ley de Darcy” donde demuestra una dependencia entre el gradiente hidráulica (**i**) y la velocidad de descarga (**V**) que es la cantidad de agua que circula en la unidad de tiempo a través de una superficie unitaria perpendicular a las líneas de filtración y llamándole (**k**), al coeficiente de proporcionalidad, coeficiente de permeabilidad teniendo las dimensiones de la velocidad. Darcy estudió el flujo del agua en los suelos utilizando un aparato similar al que se muestra a continuación:



Colocó una muestra de longitud ***l*** y área transversal ***A*** en un tubo que se ajustaba a la muestra y que tenía los extremos abiertos conectándose a cada extremo del tubo un depósito de agua. Denominándose la diferencia **Δh** entre los niveles de agua de ambos depósitos PERDIDA DE CARGA. Experimentalmente Darcy encontró que el gasto de agua **q** (cm³/seg) era directamente proporcional al ***A*** y a la relación **$\Delta h/l$** que la denominó Gradiente Hidráulica designada por ***i***. Por lo tanto:

$$q = kiA$$

Siendo ***k*** el constante de proporcionalidad anteriormente explicado que se le denominó Coeficiente de Permeabilidad o simplemente permeabilidad.

Esta fórmula es correcta siempre que el flujo sea laminar y es aplicable a todos los suelos más finos que las gravas y siempre que $i < 5$. Ramos, (1982).

1.3.1.2. Coeficiente de Permeabilidad Métodos de Determinación.

1.3.1.2.1. Coeficiente de Permeabilidad:

Ramos, (1982). Es una constante, que tiene las dimensiones de velocidad, que expresa la facilidad con que el agua atraviesa el suelo. Generalmente se expresa en **cm/seg** , **pie/mm** y en suelos muy impermeables **mt/día** o **pie/día** . Introduciendo la permeabilidad física k_0 que es una constante empírica que depende de las características estructurales del medio y es independiente de las propiedades del fluido, MUSKAT relacionó ésta con el coeficiente de permeabilidad:

$$k = \frac{k_0}{\mu} \gamma_w$$

Dónde:

k = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg).

k_0 = Constante empírica (cm^2).

μ = Viscosidad del agua (gr – seg/cm).

γ_w = Peso específico.

Físicamente, se considera el coeficiente de permeabilidad a tener en cuenta: la magnitud del coeficiente de permeabilidad depende de la viscosidad del agua y del tamaño, forma y área de los conductos a través de los cuales fluye el agua.

Se debe de tener en cuenta que la viscosidad es una función de la temperatura, es decir, cuanto más alta es la temperatura menor es la viscosidad y más alta la permeabilidad. Generalmente la permeabilidad es referente a 20°C. Así, a 0°C será el 56% del valor a 20°C, a 40°C será el 150% del valor a 20°C.

En cuanto se refiere a los factores que determinan el tamaño y forma de los conductos es poco específica por lo que no se ha encontrado una expresión matemática para ellos. (Ramos, 1982)

En Ingeniería Civil, la utilización del Coeficiente de Permeabilidad es simplemente k para hallar la velocidad de descarga (V) o Sea: $V = ki$ (Ley de Darcy).

Cuyos métodos de determinación se explican a continuación. (Ramos, 1982)

1.3.1.2.2. Métodos de Determinación:

Los métodos que se utilizan para la determinación del coeficiente de permeabilidad podemos agruparlos en dos:

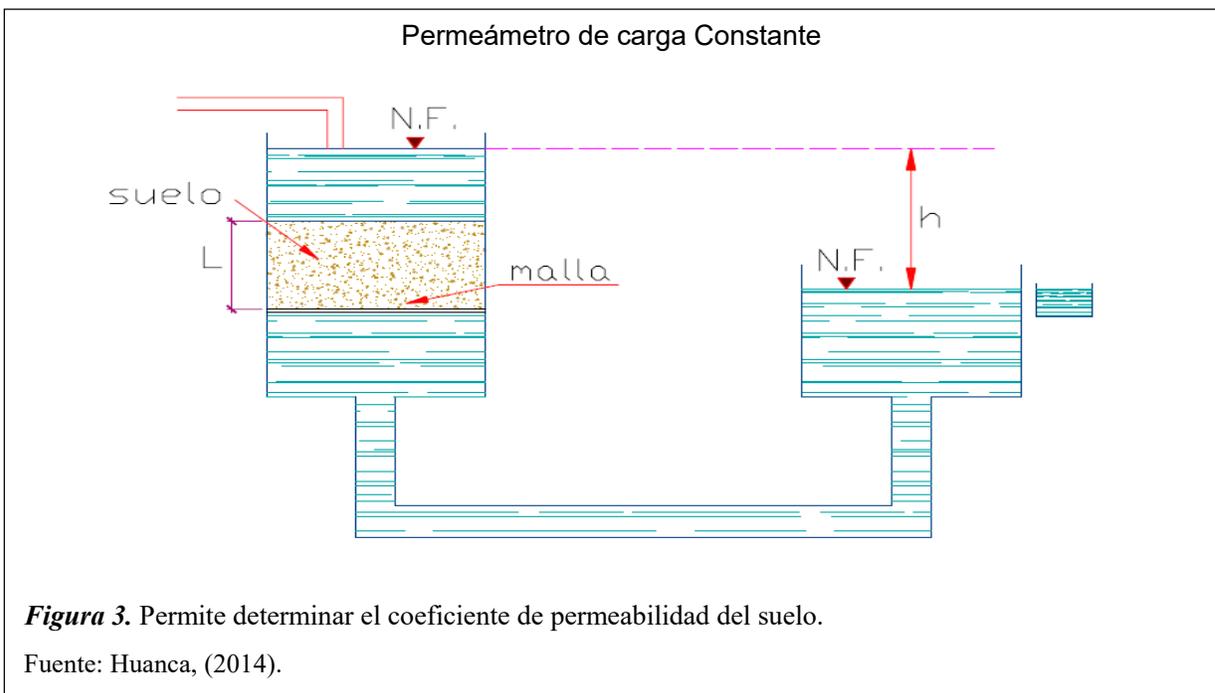
I.Métodos Directos:

Entre los métodos directos mencionaremos los siguientes:

1) **Se determina en Laboratorio:** Los cuales se pueden realizar mediante dos procedimientos según el equipo que se puede utilizar:

a) Permeámetro de Carga Constante:

Generalmente se utiliza para calcular la permeabilidad de los suelos cohesivos .El esquema de este aparato se observa en la **Fig.3:**



Se hace circular el agua a través de la muestra y lo que pasa se recoge en una probeta y se toma el tiempo en que demora un determinado volumen, de tal manera que el coeficiente de permeabilidad se pueda calcular:

$$k = \frac{\text{Vol} * L}{A * h * t} \quad \text{cm/seg}$$

Dónde:

K = Coeficiente de Permeabilidad (cm. /seg.).

A = Área de la sección transversal de la muestra (cm²).

h = Carga hidráulica (cm).

Vol. = Volumen de agua (cm³).

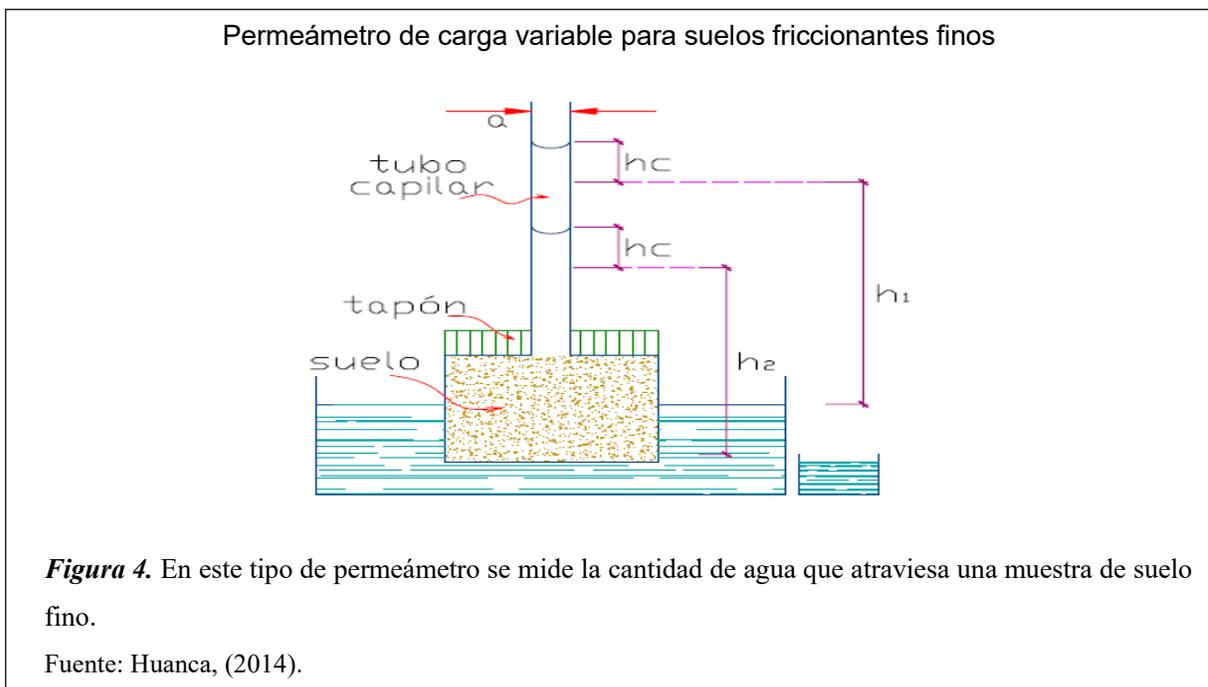
L = Altura del molde (cm).

t = Tiempo transcurrido para un volumen. (seg).

b) Permeámetro de Carga Variable:

En este tipo de permeámetro se mide la cantidad de agua que atraviesa una muestra de suelo, por diferencia de niveles en un tubo alimentador. Aparecen dos dispositivos típicos, la Fig.4 usado en suelos predominantemente finos y la Fig.5 apropiado para materiales más gruesos.

a1. Para suelos friccionantes finos:



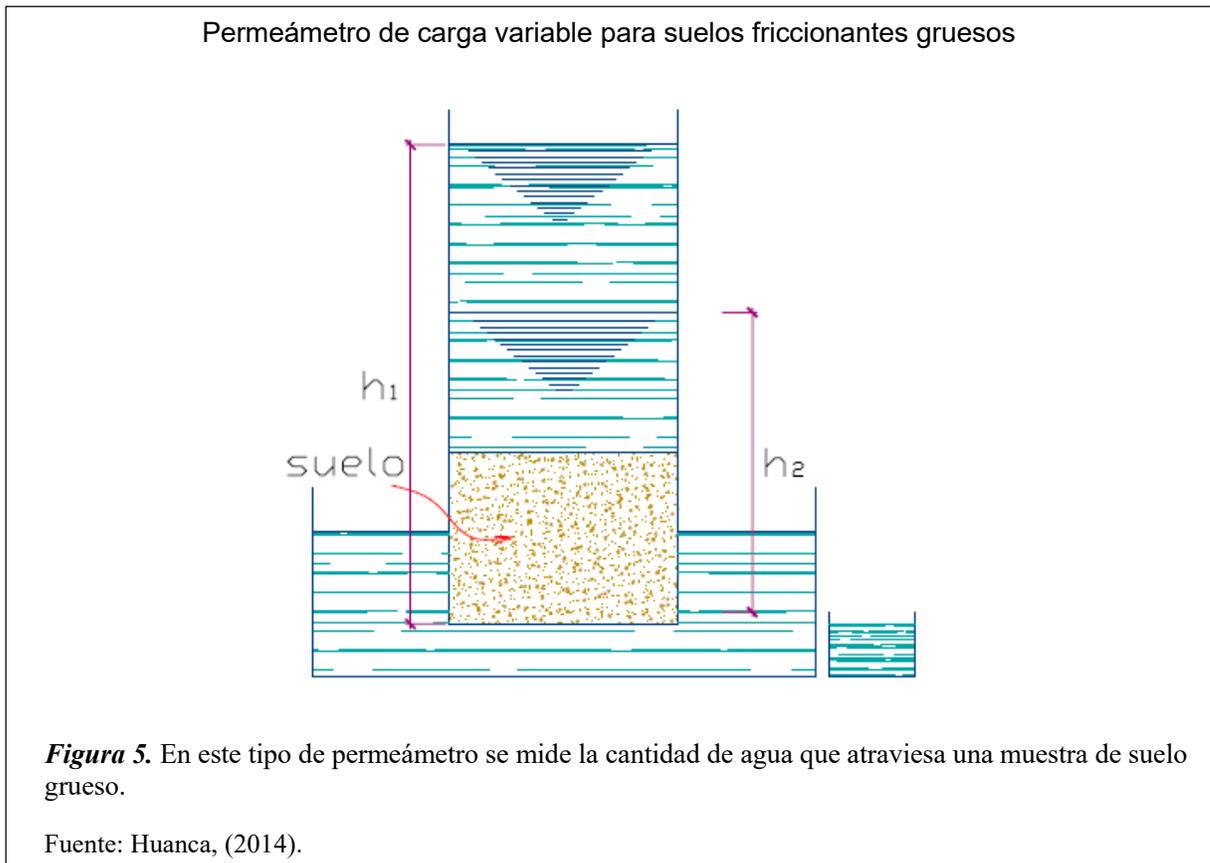
Aplicándose para este tipo de determinación la siguiente fórmula:

$$k = 2.3 \frac{L * a}{A * t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

Dónde:

- L = Altura de la muestra sumergida (cm²).
- a = Área de la sección del tubo vertical (cm²).
- A = Área de la sección transversal de la muestra (cm²).
- t = Tiempo requerido para que la carga hidráulica pase de h₁ a h₂.
- h₁ =Carga hidráulica al inicio del ensayo (cm).
- h₂ = Carga hidráulica al final del ensayo (cm).
- h_C = Altura de ascensión capilar.

b1. Para suelos friccionantes gruesos:



$$k = 2.3 \frac{L}{t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

Dónde:

L = Altura de la muestra sumergida (cm²).

t = Tiempo requerido para que la carga hidráulica pase de h₁ a h₂.

h₁ = Carga hidráulica al inicio del ensayo (cm).

h₂ = Carga hidráulica al final del ensayo (cm).

2) Se determina en el campo mediante pozos de bombeo.

II. Métodos Indirectos

Se realizan a través de ensayos granulométricos, pruebas de consolidación, etc. Así podemos tener los siguientes:

1) **Fórmula de Hazen:** Es la fórmula relacionada con el ensayo granulométrico.

Para arenas limpias.

$$k = C(D_{10})^2$$

Dónde:

D₁₀ = Diámetro efectivo (mm) hallado de la curva granulométrica.

C = Constante que varía entre 41 y 146.

Si tomamos en cuenta la corrección por temperatura tendremos:

$$k = C(0.7 + 0.3t)(D_{10})^2$$

2) **Fórmula de Schlichter:** Es la fórmula con la porosidad del suelo y está dada

por:

$$k = 771 \frac{D_{10}^2}{C} (0.7 + 0.3t)$$

Dónde:

C = es un valor relacionado con la porosidad del suelo.

Tabla 1.

Coficiente C en función de la porosidad

n	0.26	0.38	0.46
C	84.3	24.1	12.8

Fuente: Ramos, (1982).

D_{10} =Diámetro efectivo (mm).

n = Porosidad.

t =Temperatura del ambiente.

3) Fórmula de Terzaghi: Terzaghi dio la formula siguiente:

$$k = C_1 D_{10}^2 (0.7 + 0.3t)$$

Siendo:

$$C_1 = C_0 \left(\frac{n - 0.13}{\sqrt[3]{1 - n}} \right)^2$$

C_0 = Depende del material.

Tabla 2.

Coficiente C_0 en función de la forma de la arena

Material	Arena de granos redondeados	Arena de granos angulosos	Arena con limos
C_0	800	460	<400

Fuente: Ramos, (1982).

n = Porosidad del suelo.

A continuación se presenta valores relativos de permeabilidad según Terzaghi-Peck:

Tabla 3.

Valores Relativos de Permeabilidad (Según TERZAGHI-Peck)

Permeabilidad.	k(cm/seg)	Suelo Típico.
Muy permeable.	$> 10^{-1}$	Grava Gruesa.
Moderadamente permeable.	$10^{-1} - 10^{-3}$	Arena, Arena fina.
Poco permeable.	$10^{-3} - 10^{-5}$	Arena limosa, Arena sucia.
Muy poco permeable.	$10^{-5} - 10^{-7}$	Limo, Arenisca fina.
Impermeable.	$< 10^{-7}$	Arcilla.

Fuente: Ramos, (1982).

1.3.2. Canales

1.3.2.1. Definición:

Son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera. Los canales pueden ser naturales (ríos, arroyos) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos pueden incluirse aquellos con ductos cerrados que trabajan parcialmente llenos (alcantarillas, tuberías). Villon, Hidraulica de canales, (2000).

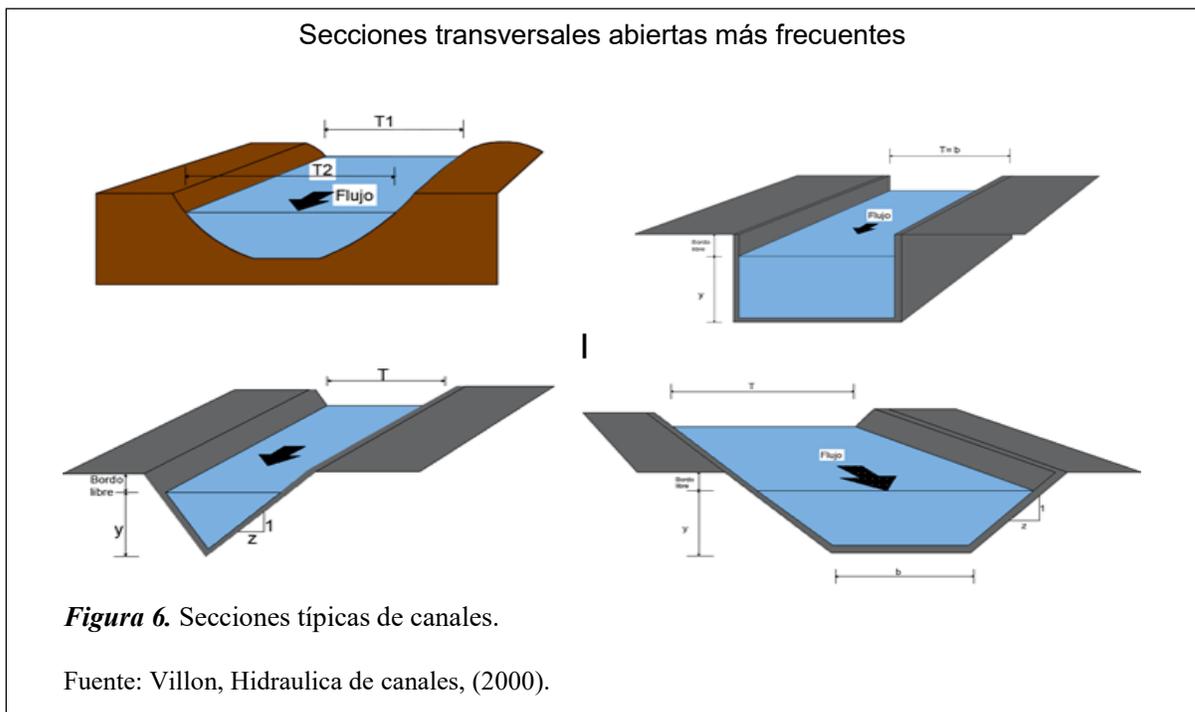
1.3.2.2. Secciones transversales más frecuentes

Las secciones transversales de un canal natural son generalmente de forma muy irregular y varía de un lugar a otro. Los canales artificiales usualmente se diseñan con formas geométricas regulares (prismáticas), las más comunes son las siguientes:

Secciones abiertas

- ⊕ **Sección trapezoidal:** Se usa siempre en canales de tierra y en canales revestidos.

- ⊕ **Sección rectangular:** Se emplea para acueductos de madera, para canales excavados en roca y para canales revestidos.
- ⊕ **Sección triangular:** Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillas de las carreteras.
- ⊕ **Sección parabólica:** Se emplea a veces para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra.



1.3.2.3. Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes.

Ecuaciones para poder diseñar una sección de canal

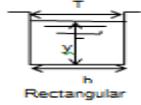
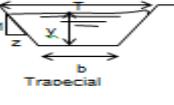
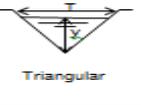
Sección	Área hidráulica (Ah)	Perímetro mojado (Pm)	Radio hidráulico (Rh)	Espejo del agua (T)
 Rectangular	$Ah = by$	$Pm = b+2y$	$Rh = Ah / Pm$	$T = b$
 Trapecial	$Ah = (b+zy)y$	$Pm = b+2y (1+z^2)^{1/2}$	$Rh = Ah / Pm$	$T = b+2zy$
 Triangular	$Ah = zy^2$	$Pm = 2y (1+z^2)^{1/2}$	$Rh = Ah / Pm$	$T = 2zy$
 Parabólico	$Ah = 2/3 T y$	$Pm = T + (8y^2)/(3T)$	$Rh = Ah / Pm$	$T = (3 Ah) / (2 y)$

Figura 7. Ecuaciones para calcular las características hidráulicas de las secciones de canal más comunes.
 Fuente: Villon, Hidraulica de canales, (2000).

Dónde:

b = ancho de plantilla

y = tirante

T = ancho del espejo del agua (superficie libre)

z = factor horizontal del talud (z: 1)

1.3.2.4. Función para Calcular el tirante normal (y_n)

Para el cálculo de las características hidráulicas de un canal con flujo uniforme se utiliza la ecuación de Manning. Según (Fuentes, 2003) describiremos:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (I)$$

Donde;

V=es la velocidad normal (v_n) del flujo uniforme (m/s)

N = es el coeficiente de rugosidad (depende de las características de las paredes del canal)

R_h = es el radio hidráulico de la sección del canal (m)

S = es la pendiente del fondo del canal, que corresponde a las pérdidas por fricción distribuidas a lo largo del tramo del canal considerado (m/m).

Si la ecuación (I) se multiplica en ambos lados por el área, se obtiene la ecuación de Manning expresada en función del caudal Q .

$$vA = \frac{1}{n} AR_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

De la ecuación de continuidad:

$$Q = Av \quad (II)$$

$$Q = \frac{1}{n} AR_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (III)$$

La ecuación de Manning expresada en función del caudal Q está integrada por dos clases de elementos, unos hidráulicos (Q , n y s) y otros que dependen de la sección del canal (área y radio hidráulico); si se separan estos dos elementos, la ecuación se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{Qn}{S^{\frac{1}{2}}} = AR_h^{\frac{2}{3}} \quad (IV)$$

En la ecuación (IV) el término del lado izquierdo es el factor de flujo uniforme que depende de elementos hidráulicos, mientras que del lado derecho, se tiene el factor de sección para flujo uniforme (depende de la geometría de la sección del canal).

1.3.2.4.1. Régimen de Flujo

El régimen de flujo en un tramo de canal se clasifica en función del Número de Froude (NF), el cual es una relación adimensional entre fuerzas de inercia y fuerzas de gravedad, dada por la velocidad normal y la velocidad crítica del flujo. De acuerdo con

el Número de Froude, el flujo puede supercrítico, crítico y subcrítico. (Fuentes, 2003)
El Número de Froude se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}} \quad (V)$$

Donde g es la aceleración de la gravedad; v es la velocidad del flujo y D es la relación entre el área hidráulica de una sección de canal (A) y el ancho de la superficie del agua (T).

1.3.2.4.2. Flujo Subcrítico

En este régimen de flujo se observan las siguientes características:

- a) La velocidad normal (v_n) es menor que la velocidad crítica (v_c).
- b) El tirante normal (y) es mayor que el tirante crítico (y_c).
- c) El Número de Froude es menor que 1

$$F < 1$$

1.3.2.4.3. Flujo Supercrítico

En este régimen de flujo se observan las siguientes características:

- a) la velocidad normal (v_n) es mayor que la velocidad crítica (v_c).
- b) El tirante normal (y) es menor que el tirante crítico (y_c).
- c) El Número de Froude es mayor que 1

$$F > 1$$

1.3.2.4.4. Flujo Crítico

El régimen de flujo crítico puede definirse como el estado en el cual la energía específica E, es mínima para un caudal dado Q.

De acuerdo con la ecuación de la energía de Bernoulli para canales y considerando $z=0$, la energía específica en un canal está dada por: (Fuentes, 2003)

$$E = y + \alpha \frac{v^2}{2g} \quad (VI)$$

Si la pendiente del canal es pequeña $\alpha=1$ por lo tanto la ecuación anterior queda como sigue:

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad (VII)$$

Expresando esta ecuación en función del caudal Q, se multiplica por el área A

$$E = y + \frac{v^2 A^2}{2gA^2} \quad E = y + \frac{Q^2}{2gA^2} \quad (VIII)$$

Tabla 4.

Valores de coeficiente “n” de Kutter generalmente se usan en los diseños.

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, lisa, sin pintar	0,012
Superficie metálica, lisa, pintada	0.013
Superficie metálica, corrugada	0,025
Cemento liso	0,011
Mortero de cemento	0,013
Madera cepillada	0,012
Madera sin cepillar	0,013
Tablones sin cepillar	0,014
Concreto liso	0.013
Concreto bien acabado, usado	0.014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Gunita (sección bien terminada)	0,019
Gunita (sección ondulada)	0,022
Superficie asfáltica lisa	0,013
Superficie asfáltica rugosa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0.016
Fierro fundido	0.013-0.014
Cemento	0.011-0.013
Vidrio	0.01

Fuente: Rocha, (2007).

Tabla 5.

Taludes recomendados para diferente tipo de material

Material	Talud Máximo (H:V)
Arcilla blanda arenosa, o porosa	3 : 1
Arcillo arenoso, o franco limoso	2 : 1
Arcilla fina, franco arcilloso	1.5 :1
Revestimiento de concreto sobre arcilla	1 : 1

Fuente: Lopez, (2003).

H = horizontal = z

V = vertical = 1

El U. S. Bureau of Reclamation recomienda un talud único de 1.5: 1 para sus diseños de canales.

Tabla 6.

Bordos libres de acuerdo al caudal

Caudal m ³ /s	Revestido (cm)	Sin revestir (cm)
< 0.05	7.5	10.0
0.05 – 0.25	10.00	20.0
0.25 – 0.50	20.0	40.0
0.50 – 1.00	25.0	50.0
> 1.00	30.0	60.0

Fuente: Lopez, (2003).

Borde libre (B).- Es el espacio entre la cota de la corona y la superficie del agua, no existe ninguna regla fija que se pueda aceptar universalmente para el cálculo del borde libre, debido a que las fluctuaciones de la superficie del agua en un canal, se puede originar por causas incontrolables.

Tabla 7.

Velocidad del flujo máxima permisible para escurrimiento en canales sin causar erosión.

Material	Velocidad máxima permisible (m/s)
Canales en suelos arenosos	0.5 – 0.7
Canales en suelos arcillosos	0.8 – 0.9
Canal revestido de zacate	0.9 – 1.0
Mampostería de piedra y concreto	2.0
Canales revestidos de ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Canales revestido con concreto	3.0 – 6.0
La velocidad mínima para que no se produzca sedimentación es de 0.30 m/s	

Fuente: Lopez, (2003).

Tabla 8.

Ancho de plantilla recomendados de acuerdo al caudal de diseño del canal.

Caudal (m ³ /s)	Ancho de plantilla (cm)
Menor que 0.1	30
Entre 0.1 y 0.2	50
Entre 0.2 y 0.4	75
Mayor que 0.4	1.00

Fuente: Lopez, (2003).

1.3.3. Aplicación de la transformación de Christoffell - Schwarz en un canal de tierra con base impermeable

$$q = \frac{kH^2}{l + \sqrt{l^2 + \frac{1}{3}H^2}}$$

Datos:

q= Caudal Unitario m²/s.

k= Coeficiente de Permeabilidad m/s.

H=Tirante m.

L= Longitud transversal m.

1.3.4. Fórmulas empíricas y ecuaciones analíticas

Las formulas empíricas únicamente dan aproximaciones no muy exactas pero a pesar de todo sirve para hacer una estimación preliminar del problema; los métodos más exactos son los analíticos que por ser muy complicados únicamente sirven para el caso el cual están concebidos. Mowafy, (2001).

1.3.4.1. Fórmulas empíricas

1.3.4.1.1. Fórmula E.A.Moritz (USSR) (Mowafy, 2001)

$$S = 0.2 * C * \left(\frac{Q}{V} \right)^{0.5}$$

Dónde:

S: Son las pérdidas por infiltración en pie cúbico por segundo por longitud millas de canal.

Q: Es la descarga (ft³ / s).

V: Es la velocidad media (ft / s).

C: Es un valor constante que depende del tipo de suelo.

Tabla 9.

Valor constante que depende del tipo de suelo.

Tipo desuelo	Valor de C
Grava cementada y capadura con franco	0.34
arcilloso y franco arcilloso	0.41
franco arenoso	0.66
cenizas volcánicas	0.68
arcillas	1.2
arenoso con roca	1.68
arenoso con grava	2.2

Fuente: Mowafy, (2001).

1.3.4.1.2. Fórmula Molesworth y Yennidunia (Egipto) Mowafy, (2001).

En Egipto el departamento de riego utiliza la fórmula Molesworth y Yennidunia.

$$S = C * L * P * R^{0.5}$$

Dónde:

S: Las pérdidas de conducción para una longitud del canal determinado (m^3 / seg).

L: La longitud del canal en km.

P: El perímetro mojado en m.

R: El radio hidráulico en m.

C: El factor depende de los tipos de suelo, para la arcilla igual 0,0015 y para la arena igual 0,003.

1.3.4.1.3. Fórmula Hungarian Mowafy, (2001).

$$S=1700*d_a * H*(b+H*S_o)$$

Dónde:

S: Las pérdidas por infiltración en $m^3 / \text{día} / \text{por metro de longitud del conducto}$.

d_a : El diámetro tamaño efectivo de los granos del suelo.

H : La profundidad del agua.

b : El ancho del fondo de Canal.

S_o : La pendiente del lecho.

Esta ecuación es utilizada para el cálculo de las pérdidas por filtración de canal trapezoidal.

Tabla 10.

Valores del d_a según el tipo de suelo

Las fracciones tendrán denominaciones, según el sistema:				
	BRITANICO ϕ (mm)	AASHTO ϕ (mm)	ASTM ϕ (mm)	SUCS ϕ (mm)
Grava	60-2	75-2	>2	75-4.75
Arena	2-0.06	2-0.05	2-0.075	4.75-0.075
Limo	0.06-0.002	0.005-0.002	0.075-0.005	<0.075 finos
Arcilla	<0.002	<0.002	<0.005	

Fuente: Mowafy, (2001).

1.3.4.1.4. Fórmula de T. Ingham

Desarrollado por el autor en 1896 en base a observaciones en canales de la India. (Villon, 2003).

$$P = 0.0025 \sqrt{d} (b + 2z d)$$

Dónde:

P = pérdidas en m³/seg/km

d = Tirante m

b = ancho del fondo

z = tangente del ángulo del talud con la vertical.

1.3.4.1.5. Fórmula de Punjab

Actualmente usada (1967). Villon, (2003).

$$P = C_p Q^{0.563}$$

P=pérdidas en m³/s-km.

Siendo Q el caudal en m³/seg y CP un valor que varía según el suelo.

- Suelos muy permeables 0.03
- Suelos comunes 0.02
- Suelos impermeables 0.01

1.3.4.1.6. Fórmula de Kostiakov (Libro en Español). Villon, (2003).

Dónde:

$$P = 1000k(b + 2.4d\sqrt{1 + m^2})$$

P = pérdidas en m³/s/km

d = Tirante m

b = ancho del fondo

m = tangente del ángulo del talud con la vertical.

K= Coeficiente de permeabilidad en m/s

Tabla 11.

Coeficiente de permeabilidad.

CLASE DE SUELO	K(cm/s)
Grava	10 ² -10 ⁻¹
Arena gruesa	10 ⁻¹ -10 ⁻³
Arena fina	10 ⁻² -10 ⁻⁴
Tierra arenosa	10 ⁻³ -10 ⁻⁵
Tierra franco arcillosa	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁹
Tierra franca	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁷
Limo	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁵
Arcilla	10 ⁻⁶ -10 ⁻⁸
Arcilla compacta	10 ⁻⁷ -10 ⁻¹⁰

Fuente: Villon, (2003).

1.3.4.1.7. Fórmula de Echeverry (Libro en Español). Villon, (2003).

Dónde:

$$P = 0.0064C_e\sqrt{d}(b + 1.33d\sqrt{1 + m^2})$$

P= pérdidas m³/s.km

Ce= coeficiente de permeabilidad

d :Tirante (y)

b=ancho de la solera

m=tangente del ángulo del talud con la vertical.

Tabla 12. Coeficiente de permeabilidad C_e

Coeficiente de permeabilidad C_e

Clase de suelo	C_e
Arcillosos	0.25-0.50
Franco arcillosos	0.50-0.75
Limosos y francos	0.75-1.00
Franco arenoso	1.00-1.50
Arenas finas	1.50-1.75
Arena gruesa	2.00-2.50
Grava	2.50-6.00

Fuente: Villon, (2003).

1.3.4.1.8. Fórmula Davis y Wilson (Libro en Español)

Fórmula para la estimación de las filtraciones en canales revestidos y no revestidos.

Villon, (2003).

$$P = \frac{C_d y^{1/3} (b + 2y\sqrt{1 + Z^2})}{8861 + 8\sqrt{v}}$$

Dónde:

P = pérdidas en $m^3/s - km$

C_d = coeficiente que representa la permeabilidad en m/s

v= velocidad media en m/s

b= ancho de solera en m

y= tirante en m

Z = talud

Tabla 13. Valor de c_d según el tipo de material.

Valor de c_d según el tipo de material

Material	C_d
Hormigón de 10cm de espesor	1
Arcilla de 15cm de espesor	2
Enlucido de cemento de 2.5cm	6
Suelo arcilloso	12

Suelo franco arcilloso	15
Suelo franco	20
Suelo franco arenoso	25
Suelo arcilloso limoso	30
Arena	40-70

Fuente: Villon, (2003).

1.3.4.1.9. Fórmula Pakistanian

$$S = \frac{5 * Q^{0.0652} * P * L}{10^6}$$

Dónde:

S: Pérdidas por filtración.

Q: La descarga en ft³/seg.

P: Perímetro húmedo de la sección mojada.

L: Longitud del canal en ft.

1.3.4.1.10. Función de Filtración por SWAMEE:

$$q_s = k y_n F_s$$

Dónde

q_s = descarga de filtración por unidad de longitud del canal (m²/s)

k = coeficiente de permeabilidad (m/s)

y_n = profundidad de flujo normal en el canal (m);

F_s = función de filtración (adimensional), que es una función de la geometría del canal.

$$F = \left(\left\{ [\Pi(4 - \Pi)]^{1/3} + (2m)^{1/3} \right\}^{(0.77+0.462m)/(1.3+0.6m)} + \left(\frac{b}{y} \right)^{(1+0.6m)/(1.3+0.6m)} \right)^{(1.3+0.6m)/(1+0.6m)}$$

Dónde:

m = Pendiente lateral

b = ancho del canal (m).

y = profundidad de flujo (m).

1.3.4.2. Ecuación analítica

1.3.4.2.1. Molesworth y Yennidunia. Mowafy, (2001).

Fórmulas analíticas se deducen para estimar las pérdidas por filtración que están escritas de la siguiente manera:

$$S = \alpha_s Q$$

Dónde:

S:=la pérdida de la filtración en m³ / s / km.

$\alpha_s = \frac{0.375 \cdot 10^{-4}}{R^{1.166} \cdot i^{0.5}}$: Los factores de pérdida de infiltración en el suelo arcilloso en m⁻¹.

$\alpha_s = \frac{0.75 \cdot 10^{-4}}{R^{1.166} \cdot i^{0.5}}$: El factor de pérdidas por filtración en suelos arenosos m⁻¹.

R= El radio hidráulico.

i = La pendiente del lecho

1.3.5. Ensayos de los Materiales

Meza, (2012). En la mecánica de suelos clásica, se hace énfasis principalmente en el estudio de suelos que se han originado en ambientes sedimentarios (suelos cohesivos y suelos granulares), que se encuentran en estado seco o en estado saturado. Estas dos condiciones del suelo, son situaciones extremas, y en ambas condiciones, el suelo es considerado como un sistema donde solo interactúan dos fases. La condición de suelos saturados, se presenta en suelos situados por debajo del nivel de agua freática, donde las fases presentes son: sólida y líquida, es decir, que los espacios vacíos o poros del suelo están ocupados por agua.

1.3.5.1. Contenido de Humedad

Manual MTC, (2016). Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.

La relación que expresa la humedad de un suelo es la siguiente.

$$w\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Dónde:

W_w : es el peso del agua.

W_s : es peso del suelo seco.

$W\%$ = porcentaje de humedad

Para determinar el contenido de humedad se hace énfasis en los siguientes tipos de agua: El agua libre o gravitacional es aquella que circula libremente y, como dijimos anteriormente, puede ser drenada por métodos mecánicos conocidos

El agua higroscópica es aquella que aún se encuentra en un suelo secado al aire libre.

El agua capilar es aquella retenida por el efecto de la tensión superficial. Su drenaje solo es posible por medios eléctricos. El drenaje del agua capilar, mediante la aplicación de corriente continua, se encuentra aún en su fase experimental. Si bien en los laboratorios se han obtenido resultados satisfactorios, este método eléctrico de drenaje no se ha empleado aun en la práctica. Los elementos utilizados para la realización del ensayo para determinar la humedad de un suelo son:

HORNO ELECTRONICO: diseñados para tareas generales de laboratorio, los hornos de laboratorio de doble pared son ideales para secar, hornear, templar, acondicionar, esterilizar, evaporar, acondicionar, deshidratar, y para otros trabajos generales de laboratorio. Está completamente equipado con un termómetro y con bandejas

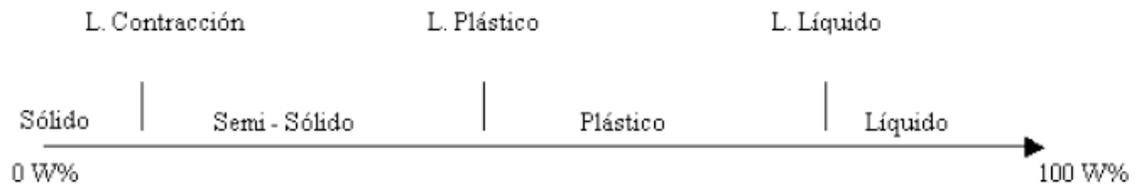
ajustables; incluye: fabricación robusta en acero soldado de doble pared, controlado termostáticamente e incluye dos bandejas enchapadas.

1.3.5.2. Limite Liquido y Limite Plástico

Manual MTC, (2016). Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

FINALIDAD Y ALCANCE

Los límites de Attemberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido. La arcilla, por ejemplo al agregarle agua, pasa gradualmente del estado sólido al estado plástico y finalmente al estado líquido. El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse. El método usado para medir estos límites de humedad fue ideado por Attemberg a principios de siglo a través de dos ensayos que definen los límites del estado plástico. Los límites de Attemberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo.



1.3.5.3. Limite Líquido y Limite Plástico

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

1.3.5.4. Ensayo de granulometría del suelo

ASTM D 422, (2007). El ensayo se realiza con el fin de determinar de manera cuantitativa la distribución de tamaños de partículas de suelo, determinado mediante este método los diferentes porcentajes de suelo que pasan por las diferentes mallas o tamices estandarizados que van desde el tamiz de 3" hasta la malla N° 200.

Para la realización de este ensayo se necesitará balanzas calibradas de sensibilidad de 0.01gr, para pesar el material que pase por los distintos tamices, también se utilizará una estufa o un horno en el cual mantendrá la muestra a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, así como envases para el manejo y secado de muestras, se necesitarán materiales adicionales como brocha o cepillo y por último los distintos tamices estandarizados, (Norma NTP 339-128.1999).

Tabla 14

Serie de tamices de malla cuadrada

N° Tamiz	Abertura (mm)
3"	75.000
2"	50.000
1 1/2"	37.500
1"	25.000
3/4"	19.000
1/2"	12.500
3/8"	9.500
1/4"	6.300
N ^a 4	4.750
N ^a 10	2.000
N ^a 20	0.850
N ^o 40	0.425
N ^o 60	0.250
N ^a 140	0.106
N ^o 200	0.075

Fuente: Adaptado del Manual MTC, (2016).

Manual MTC, (2016). Según las características de los materiales finos de la muestra, el análisis granulométrico por tamizado se realiza, bien con la totalidad de la muestra o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. La muestra a prepararse estará constituida por dos fracciones, una retenida sobre el tamiz de 4.760mm (N^o4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayan por separado.

Tamices para el ensayo de granulometría



Figura 8. Columna de tamices de diferentes medidas sobre la máquina de ensayo. Adaptado de Civilgeeks.com

Fuente: Pronia.

Para iniciar con el procedimiento del ensayo, tendremos dos tipos de análisis una para la muestra retenida en el tamiz N°4 y para la fracción que pasa dicha malla.

a) Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz N°4

Para este procedimiento utilizar los tamices entre la malla 3" y N°4, para el tamizado manual, los tamices se mueven de un lado a otro, operando cada tamiz individualmente durante un minuto cada uno, hasta cuando no pase más del 1% de la parte retenida. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no deben diferir en más de 1%. (Manual MTC, 2016).

b) Análisis granulométrico de la fracción fina

La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200), pesándolos con exactitud de 0.01gr. Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se pesa, y finalmente se tamiza en seco repitiendo el procedimiento mencionado en el parrafo anterior. (Manual MTC, 2016).

Se calcula el porcentaje de material que pasa por e tamiz de 0.074mm (N°200) de la siguiente forma:

$$\text{Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0.074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{PPeso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino, restando en forma acumulativa de 10% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ Acumulado$$

1.3.5.5. Ensayo de peso específico

Manual MTC, (2016). Este método de ensayo cubre la determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) mediante un picnómetro de agua. La gravedad específica de sólidos de suelo es usado para calcular la densidad de los sólidos de suelo.

NTP 339-131, (1999). Para la realización del siguiente ensayo utilizaremos una balanza con aproximación al 0.01gr, así como una bomba de vacío capaz de producir una presión absoluta igual o menor de 100mm de columna de mercurio, un picnómetro, y un termómetro para las tomas de temperatura.

La muestra de suelo se ensaya con su contenido natural de humedad o puede también ensayarse seca al horno. La cantidad mínima de muestra cuando se use suelo seco y un frasco volumétrico debe ser 25gr. Cuando la muestra se seque al horno esta deberá estar a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, luego de ello deberá saturarse en agua destilada por lo menos 12 horas. NTP 339-131, (1999).

Para iniciar con el procedimiento, lo primero es determinar la masa del picnómetro limpio y seco con una aproximación de 0.01gr (repita esta determinación cinco veces y registra el promedio), luego llenar el picnómetro con agua desairada por encima o debajo de la marca de calibración o sello del tapón. Vierta directamente los sólidos de suelo en el embudo, enjuagar cualquier partícula de suelo remanente en el embudo dentro del picnómetro. Desairar el picnómetro con la muestra, luego de dicho proceso dejar a temperatura ambiente para finalmente tomar la lectura del peso y temperatura de ensayo. (NTP 339-131, 1999).

Ensayo de Peso Específico



Figura 9 . Ensayo para determinar el peso específico.

Fuente: Adaptado de J&Flem. Laboratorio de ensayo de materiales (2010).

El cálculo del peso específico relativo de solidos será de la siguiente manera:

$$Ma(Tx) = \frac{\text{Densidad del agua } Tx}{\text{Densidad del agua } Ti} * (Ma - Mf) + Mf$$

Ma: Masa de la fiola + agua.

Mf: Masa de la fiola.

Tx: Temperatura de ensayo.

Ti: Temperatura calibrada.

Tabla 15.

Densidad relativa del agua y factor de conversiones K para diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Densidad relativa del agua (g/ml)	Factor de corrección K
20.0	0.9982343	1.0000
20.5	0.9981288	0.9999
21.0	0.9980233	0.9998
21.5	0.9979126	0.9997
22.0	0.9978019	0.9996
22.5	0.9976861	0.9995
23.0	0.9975702	0.9993
23.5	0.9974494	0.9992
24.0	0.9973286	0.9991
24.5	0.9972028	0.9990
25.0	0.9970770	0.9988
25.5	0.9969463	0.9987
26.0	0.9968156	0.9986
26.5	0.9966804	0.9984
27.0	0.9965451	0.9983
27.5	0.9964052	0.9982
28.0	0.9962652	0.9980
28.5	0.9962070	0.9979
29.0	0.9959761	0.9977

Fuente: NTP 339-131, (1999).

El peso específico está determinado por la siguiente ecuación:

$$G_s = Ma(Tx) * K$$

1.3.5.6. Ensayo de hidrómetro

NTP 339.128, (1999). Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 µm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 µm se realiza mediante un proceso

de sedimentación basada en la ley de Stokes, a través del ensayo de Hidrómetro. ASTM D 422, (2007). Para la realización de este ensayo se necesitara balanzas calibradas de sencibilidad de 0.01gr, para pesar el material, un aparato de agitacion encargado de batir la mezcla, un hidrometro ASTM, 151H y 152H, cilindros de sedimentacion con capacidad de 1000ml, un termometro con presion de 0.5°C y por utlimo un agente dispersor(Hexametafosfato de Sodio).



El tamaño aproximado de la muestra que se debe usar para el análisis por el hidrómetro varía con el tipo de suelo que va a ser ensayado. La cantidad requerida para suelos arenosos es de 75 a 100 g y para limos y arcillas de 50 a 60 g (peso seco). El peso exacto de la muestra en suspensión puede ser determinado antes o después del ensayo. (Manual MTC, 2016).

Para iniciar con el ensayo se debe conocer el peso específico de los sólidos, determinado con el ensayo anterior, en un recipiente a parte colocar 125ml de agua destilada con 5 gr de defloculante, mezclar y luego terminar de mezclar junto con la muestra, dejando de reposo la mezcla para el caso de arenas de 2-4 horas, y 24 horas para el caso de arcillas, luego transfiere la mezcla al vaso dispersor y agregar agua de ser necesario, y colocar en el agitador durante 3 a 15 minutos según el material,

posteriormente la muestra será introducida al cilindro de sedimentación, agitar el cilindro durante un minuto con el objetivo de remover las partículas asentadas en el fondo, al tener contacto el cilindro con la mesa se inicia el cronometro, introduciendo el hidrómetro, se inicia a tomar lecturas y temperaturas en tiempos determinados. (Manual MTC, 2016).

Lectura del hidrómetro corregido. Calcular las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregido (Rd), la corrección por menisco Cm, o sea:

$$R = Rd + Cm$$

El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se puede calcular también con la formula siguiente:

$$D(mm) = K \sqrt{L/t}$$

Tabla 16*Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico*

Tem °C	Peso específico de las partículas del suelo								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
10	0.01659	0.01631	0.01604	0.1583	0.1555	0.01532	0.01510	0.01488	0.01468
11	0.01636	0.01608	0.01582	0.01557	0.01533	0.01511	0.01489	0.01468	0.01448
12	0.01613	0.01586	0.01560	0.01535	0.01512	0.01490	0.01468	0.01448	0.01428
13	0.01591	0.01565	0.01539	0.01515	0.01492	0.01470	0.01449	0.01428	0.01409
14	0.01571	0.01544	0.01519	0.01495	0.01474	0.01451	0.01430	0.01410	0.01391
15	0.01551	0.01525	0.01500	0.01476	0.01454	0.01432	0.01412	0.01392	0.01373
16	0.01530	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01521	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01437	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01219	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01225	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.01290	0.01269	0.01249	0.01230	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

Fuente: Manual MTC, (2016).

1.4. Definición de términos básicos

TÉRMINOS	DEFINICIÓN
Infiltración	El proceso por el cual el agua penetra en el suelo, a través de superficie y queda retenida en el o alcanza un manto acuífero incrementando el volumen.
Peso específico	Relación numérica entre peso unitario de un cuerpo y el peso unitario del agua en las mismas condiciones de presión y de temperatura. Hoyos, (2012).
Suelos Granulares o no Cohesivos	Son los suelos que no poseen ninguna cohesión, y consisten en rocas, gravas, arenas y limos .Duran, (2016).
Suelos Cohesivos	Son suelos que poseen características de cohesión y plasticidad. Dichos suelos pueden ser granulares con parte de arcilla o limo orgánico, que les importen cohesión y plasticidad, o pueden ser arcillas o limos orgánicos sin componentes granulares .Duran, (2016).
Arcillas	Roca Sedimentaria formada a partir de depósitos de grano muy fino, compuesta esencialmente por silicatos de aluminio, de consistencia pastosa.
Línea de saturación	Todos los diagramas termodinámicos presentan una línea que guarda la región de cambio de fase, esta línea representa el momento de inicio y final del proceso de cambio de fase y es conocida como línea de saturación. Ésta línea tiene la característica de poder ser valorada con solo conocer la temperatura, o la presión del punto a evaluar. La línea de saturación tiene una cima que se conoce como estado crítico, en el cual ya no existe un proceso de transición entre líquido a vapor, sino que ambas propiedades se mantienen en una mezcla homogénea gas y líquido conocida como fluido supercrítico .Puerto, (2014).
Aforo	Medición del caudal de un río o corriente .Esquível, (1861).
Caudal	En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto, río, canal,...) por unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Wales & Sanger, (2001).
Formulas empíricas	Ecuaciones establecidas por diferentes autores para estimar la cantidad de infiltración.
Formulas Analíticas	Ecuaciones establecidas respecto a unos estudios realizados por diferentes autores para estimar la cantidad de infiltración.

Hidrómetro	Instrumento que sirve para medir la gravedad específica de las muestras en suspensión y para tomar lecturas en gramos por litro (g/t), utilizando hidrómetros 151H y 152H respectivamente, (ASTM D 422).
Limos	Es un sedimento 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.
Material fino	Suelos con diámetros de partículas muy pequeños, con diámetros inferiores a 0.075mm, correspondiente a la categoría del limo y arcilla, pasando totalmente por el tamiz Nro. 200.
Nivel freático	Corresponde al nivel superior de una napa freática o de un acuífero en general. Conocido también como napa freática, (Wikipedia).

Fuente: Propia.

1.5. Formulación del problema

¿Cómo determinar las redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma de la progresiva km 3+500 a km 8+500 empleando la transformada de Christofhell- Schwarz, distrito de Pacora – Lambayeque?

1.6. Delimitación de la investigación

La investigación y toma de datos se realizará en el canal Poma de sección trapezoidal y los estudios se harán en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán.

1.7. Justificación e importancia de la investigación.

1.7.1. Justificación Tecnológica

La investigación de infiltración en canales de tierra es muy limitada debido a la falta de interés por parte del estado, de las empresas públicas y privadas, sobre todo por la falta de transferencia tecnológica para estudiar este tipo de conducciones por ejemplo en modelos físicos y numéricos que permitan experimentar las formulaciones existentes utilizadas muchas veces sin el criterio adecuado para el diseño de conductos abiertos no revestidos, entonces a partir de ello, con la presente investigación se contribuirá en investigar la metodología de Christofhell- Schwarz que servirá para fines de diseño para este tipo de conductos.

1.7.2. Justificación Ambiental

El riego ha representado siempre una gran solución en aquellas zonas donde la precipitación es insuficiente para un crecimiento sostenible de los cultivos, tal es el caso de las zonas de la sierra, donde la principal fuente de consumo son los productos obtenidos con las diversas formas de irrigación y pues debido a la baja eficiencia en la aplicación del agua de riego y la existencia de grandes extensiones de terreno muchas veces no son aprovechables y en otros casos simplemente no se utilizan para cultivos, teniendo pleno conocimiento de la situación actual en nuestro país se hacen viable las diversas alternativas de mejorar las formas de riego existentes o la utilización de sistemas y equipos que mejoren la eficiencia en el uso del agua, sin embargo como con cualquier intervención artificial, el riego puede afectar al equilibrio de las condiciones naturales; los cuales no presentan una canalización adecuada como debe ser toda obra de esta magnitud, en estas acequias existentes se puede observar una pérdida apreciable de este elemento cuando es diseñado sin planificación, la erosión y sedimentación e inclusive, la propagación de enfermedades, por tal razón un buen diseño de un canal de tierra disminuirá problemas ambientales, es por ello que con la elaboración de este proyecto de investigación se logrará mejorar el sistema de irrigación del canal Poma de la progresiva km 3+500 a km 8+500 empleando la transformada de Christofhell- Schwarz, distrito de Pacora – Lambayeque, justamente aplicable para suelos cohesivos y no cohesivos.

1.7.3. Justificación Socioeconómica

En la localidad de Pacora existen canales de regadío pero de tipo acequia; los cuales no presentan una canalización adecuada como debe ser toda obra de esta magnitud, para que brinde un servicio de repartición del agua y llegue hasta el último terreno agrícola, en estas acequias existentes se puede observar una pérdida apreciable de este elemento, y es por eso que este proyecto es necesario e indispensable, esta investigación lo cual busca beneficiar a los agricultores porque

dicho estudio permitirá utilizar otros parámetros para determinar la permeabilidad y su costo de construcción será muy económico.

1.8. Hipótesis.

Las redes de flujo permitirán reducir la pérdida de agua en suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma.

1.9. Objetivos de a investigación

1.9.1. Objetivo general

Determinar las Redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma de la progresiva km 3+500 a km 8+500 empleando la transformada de Christoffhell- Schwarz, distrito de Pacora – Lambayeque para reducir las pérdidas de agua.

1.9.2. Objetivos específicos

1. Realizar los ensayos de mecánica de suelos.
2. Aplicar el modelo matemático de la transformada de Christoffhell-Schwarz para analizar las líneas de saturación.
3. Determinar las redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos en canales no revestidos.

1.10. Estado del arte

GEO5 es un conjunto de software, que proveen soluciones para la mayoría de las tareas geotécnicas, dentro de esas tareas están el análisis de estabilidad de taludes donde abarca el MEF-Flujo del agua, esta herramienta está preparado para realizar análisis de flujo en estado estacionario (Fine Civil engineering software, 1992).

SLIDE es el único software de análisis de estabilidad de taludes con la filtración de las aguas subterráneas elemento finito incorporado para condiciones de estado estable o transitoria. Flujos, presiones y gradientes se calculan sobre la base de condiciones de contorno hidráulicos definidos por el usuario. Análisis de la filtración está completamente integrado con el análisis de estabilidad de taludes o se puede utilizar como un módulo independiente (Rocscience, 1987).

II.

MATERIAL Y METODO

MATERIAL Y METODOS

2.1. Tipo y diseño de la investigación.

2.1.1. Tipo de investigación

Cuasi - experimental.

Cuasi – experimental:

Porque se evaluar las redes de flujos en suelos cohesivos y suelos no cohesivos en canales no revestidos atreves de la transformada de Christofhell-Schwarz.

2.1.2. Diseño de la Investigación

Tabla 17.

Diseño de la Investigación.

PROBLEMA	SOLUCION	REALIDAD
Falta de estudios de las redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos en canales no revestidos.	Utilizando la transformada de Christofhell- Schwarz se determinará el comportamiento de las redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos.	Mejor aprovechamiento del agua, revestimiento.

Fuente: Propia.

2.2.Población y muestra:

Población: Canal Poma progresiva (km 0+000 al km 18+000).

Muestra: Canal Poma progresiva (km 3+500 al km 8+500).

2.3. Variables

Variable Dependiente: Redes de flujo.

Variables Independientes: Caudal, suelo, transformada de Christofhell –Schwarz.

2.4. Operacionalización

Tabla 18.

Variable Independiente.

Variable Independiente	Indicadores	Sub Indicadores	Indices	Técnicas de recolección de información	Instrumentos de recolección de información	
Caudal	Módulo de riego		m^3/ha	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
	Areas a irrigar		ha	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
		Area hidráulica	m^2	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
		Velocidad	m/seg^2	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
		Perímetro mojado	m	observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
		Tipos de flujo	F<1	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
			F>1			
			F=1			
		Energia especifica	m	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	
		Parámetros Hidráulicos	Radio hidráulico	m	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos
			Tirante	m	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos
			Rugosidad		Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos
			Pendiente	%.	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos
			Talud	H:V	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos
	Ancho tributario		m	Observación y análisis de documentos	Guias de observación y análisis de documentos	

	Presión	kg/m^2	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	Peso Especifico	kg/m^3	Análisis de documentos	Guías de análisis de documentos
	velocidad de filtración	m/seg^2	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	gravedad	m/seg^2	Análisis de documentos	Guías de análisis de documentos
	altura total	m	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
Suelo	Gradiente Hidráulico	m/m, cm/cm	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	coeficiente de permeabilidad	cm/seg	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	viscosidad del agua	$gr * seg/cm^2$	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	temperatura	°C	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	volumen del agua	cm^3	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	altura del molde	cm	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	tiempo	seg	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	área	cm^2	Observación v análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	caudal de infiltración	cm^3/seg	Observación y análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
Transformada	Funcion Corriente y Potencia		Observación y análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
Christoffnell-Schwarz	Variable Parametrica		Observación y análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos
	Integral Eliptica		Observación y análisis de documentos	Guías de observación y análisis de documentos

Fuente: Propia.

Tabla 19.
Variable dependiente.

Variable Dependiente	Indicadores	Sub Indicadores	Índices	Técnicas de recolección de información	Instrumentos de recolección de información
Redes de Flujo	Línea de saturación		$cm^3/seg/m$	Análisis de documentos	Guías de análisis de documentos

Fuente: Propia.

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Deductivo: Porque nosotros después de haber definido las variables independiente y dependiente y sus respectivos indicadores, se tendrá que inferir la hipótesis para determinar las redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma aplicando al transformada de Christoffell- Schwarz.

Inductivo: Porque después de haber obtenido con éxito el desarrollo de la presente investigación que implicó el proceso de un estudio hidráulico, y otros complementarios, se podrá dar inicio a un adecuado desarrollo de la transformada de Christoffell-Schwarz.

Análisis: Porque tenemos que descomponer el objeto de estudio en sus partes para conocer sus riesgos y ventajas.

Síntesis: Porque una vez analizada las redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos se tomara en cuenta el efecto que ocasiona en canales no revestidos.

2.5.1. Abordaje Metodológico.

Investigación cuasi- experimental: Con el presente estudio pretendemos demostrar experimentalmente que la transformada de Christoffel- Schwarz es de gran importancia para hallar la cantidad de infiltración en canales de tierra, que mediante un análisis matemático y ensayos de laboratorio nos brindaran resultados que serán comparados con fórmulas empíricas y analíticas y softwares para determinar la infiltración.

2.5.2. Técnicas de recolección de datos.

Observación: se estudiarán los datos que se recolectaran en los ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos, y se anotarán los resultados parciales que se obtengan y se prestara atención el efecto de las redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos.

Análisis de Documentos: se tendrá en cuenta libros, tesis, revistas, etc., relacionados al tema que se está investigando.

Entrevistas: se entrevistarán a ingenieros especialistas en Hidráulica, en este caso se entrevistará al Ingeniero Omar Coronado Zuloeta y al Ingeniero Guillermo Arriola Carrasco.

2.5.3. Descripción de los instrumentos utilizados:

Los materiales y equipos que se emplearán será los necesarios que amerite la investigación:

Materiales:

Muestras de tierra del canal Poma km 3+500-km 8+500.

Equipo necesarios:

Según el tipo de ensayos de laboratorio de Mecánica de suelos:

- Contenido de humedad NTP 339.127 (ASTM D2216).
- Análisis granulométrico NTP 339.128 (ASTM D422).
- Límite líquido y límite plástico NTP 339.129 (ASTM D4318).
- Peso específico relativo de sólidos NTP 339.131 (ASTM D854).
- Clasificación unificada de suelos (SUCS) NTP 339.134 (ASTM D2487).

2.5.4. Guía de análisis de documentos

Se revisarán normas técnicas que nos faciliten, un adecuado desarrollo de las redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos en el canal Poma aplicando la transformada de Christophell- Schwarz.

La entrevista consistirá en preguntas relacionadas con el proyecto de tesis, que nos sirva para comprender algunos aspectos de la problemática que se investiga y así tener una mejor perspectiva sobre el tema.

2.6. Procedimiento para la recolección de datos

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

1. Recolección de la información disponible.
2. Realizar los ensayos de mecánica de suelos.

3. Aplicar el modelo matemático de la transformada de Christoffell -Schwarz en el canal poma en suelos cohesivos y no cohesivos.
4. Determinar las redes de flujo para suelos cohesivos y no cohesivos en canales no revestidos.

2.7. Análisis estadístico de datos

2.7.1. Enfoque cualitativo

Se examinarán las guías de análisis de documentos obtenidos de la Escuela de Ingeniería Civil, y otras relacionadas al presente estudio.

2.7.2. Enfoque cuantitativo

Se utilizarán la estadística para comparar los resultados obtenidos, así mismo se utilizará el software de Microsoft office Excel y el software Microsoft Project, para procesar los datos.

2.8. Principios éticos

2.8.1. Ética de la recolección de datos

La recolección de información se hará de manera seria y precisa para lograr dicha meta para lo cual nos basaremos en las formulas modificadas por el tenista para dicho resultado.

Las entrevistas realizadas están orientadas al tema en estudio, sin ambigüedades.

Se contará con base teórica actualizada y confidencial que nos permita como guía recopilar la información hidráulica del tema en estudio.

Se respetara la norma técnica peruana para la recolección de muestras para el estudio de mecánica de suelos.

2.8.2. Ética de la publicación

Se contara con los resultados óptimos producto de nuestra investigación, tomando en cuenta las Normas Técnicas Peruanas (NTP) en nuestro estudio, procederemos a dar por terminado nuestro informe final de Tesis, el mismo que servirá para posteriores estudios.

2.8.3. Ética de la aplicación

La investigación generará beneficios sociales, económicos y ambientales, depende de quién se da derecho a utilizar la transformada de Christofhell-Schwarz en canales de tierra para suelos cohesivos y no cohesivos.

2.9. Criterios de rigor científico

2.9.1. Generalidades

Se realizaran las entrevistas y se obtendrán respuestas en función al cuestionario, que nos permitirán dar validez externa después de haber sido cotejadas con otras fuentes teóricas.

2.9.2. Fiabilidad

Se realizaran en dicho proyecto, son confiables en la medida en la que nuestra población es real, se cuente con equipos necesarios en el laboratorio de Mecánica de Suelos para recolección de datos lo que nos da la seguridad en la veracidad de los resultados y poder comparar con la transformada de Christofhell-Schwarz.

2.9.3. Replicabilidad

Los estudios de las redes de flujo en suelos cohesivos y no cohesivos aplicando la transformada de Christofhell-Schwarz van a contribuir con los resultados a obtener:

Factores climáticos: Frio, calor, etc.

Factores económicos: costos no muy elevados para su elaboración.

Factores tecnológicos: Si se cuenta con los equipos adecuados para los ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Señor de Sipán.

Dicha investigación está supeditada a repetición por la cantidad de ensayos a realizarse, pero tomando en cuenta el objetivo general.

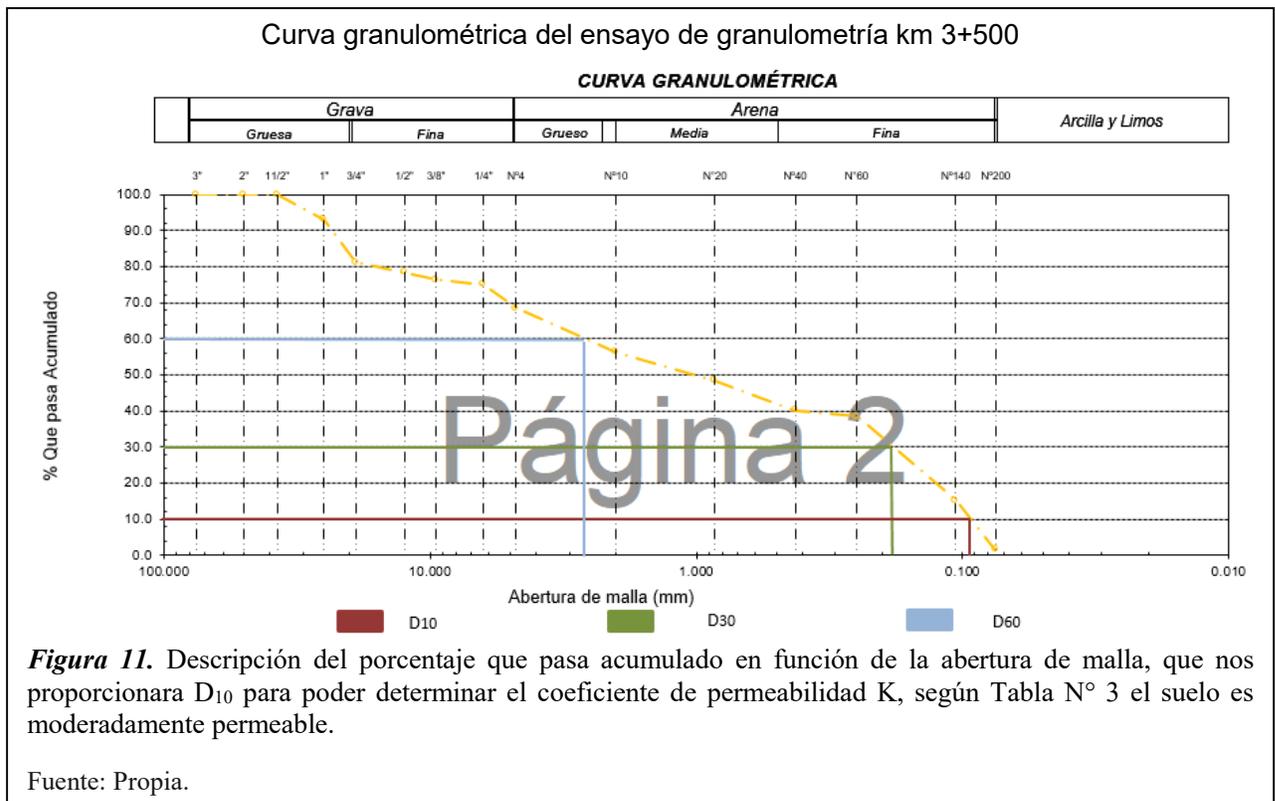
III.
RESULTADOS

RESULTADOS

3.1. Resultados en tablas y gráficos

3.1.1. Ensayos de Mecánica de Suelos

Kilómetro 3+500:



$$k = C(D_{10})^2.$$

Dónde:

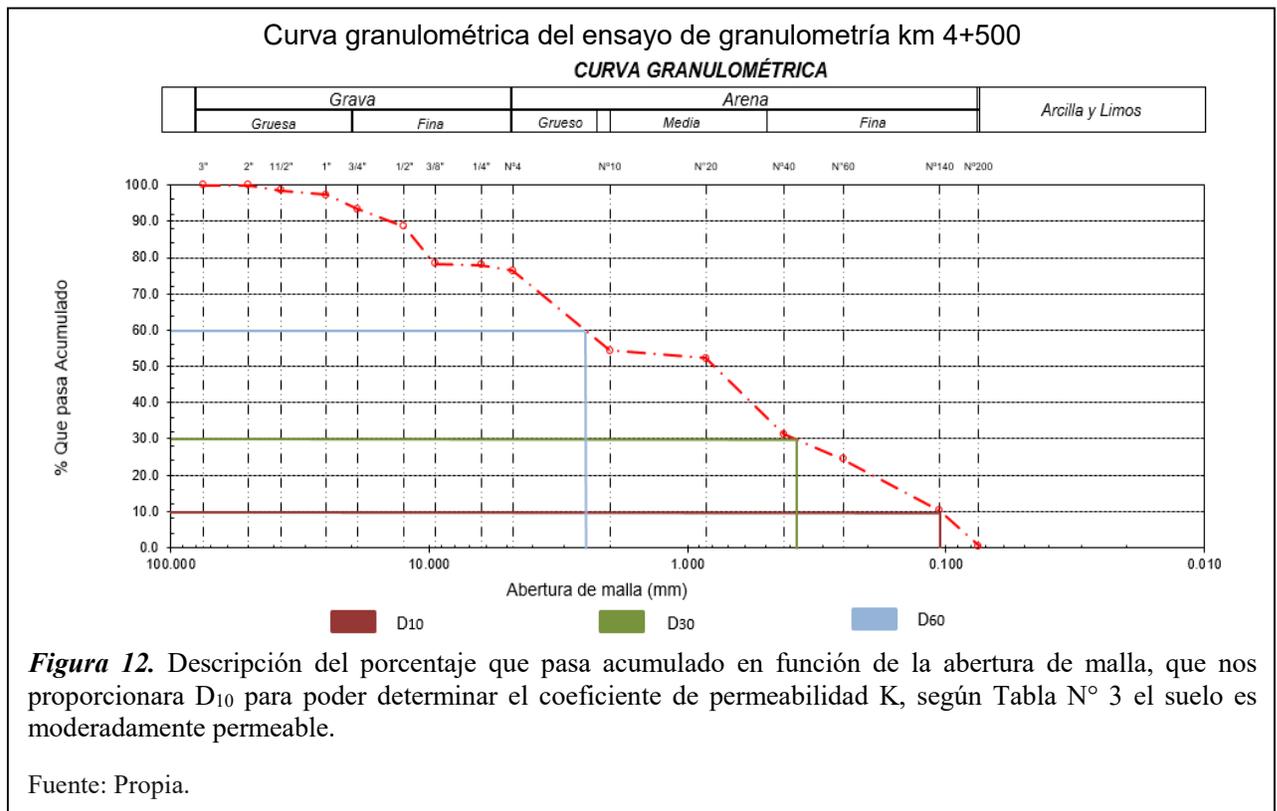
$$D_{10} = 0.093\text{mm} = 0.0093\text{cm}$$

$$C = 116$$

$$k = 116 * 0.0093^2 = 0.01003\text{cm/seg}$$

Kilómetro 4+500:

CURVA GRANULOMETRICA DEL ENSAYO DE GRANULOMETRIA km 4+500



$$k = C(D_{10})^2.$$

Dónde:

$$D_{10} = 0.10\text{mm} = 0.010\text{cm}$$

$$C = 116$$

$$k = 116 * 0.010^2 = 0.01160\text{cm/seg}$$

Kilómetro 5+500:

Curva granulométrica del ensayo de granulometría por lavado y por Hidrometría km 5+500

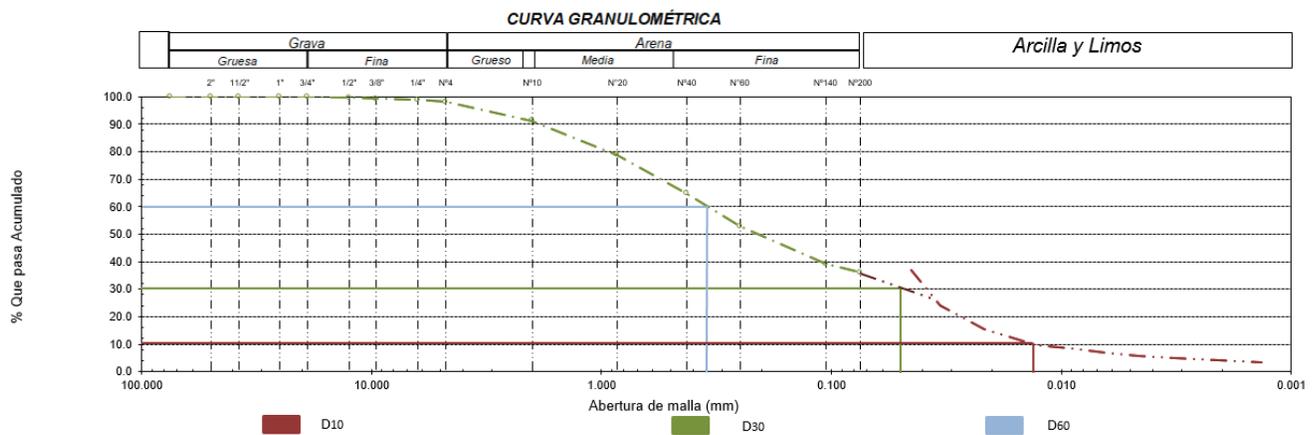


Figura 13. Descripción del porcentaje que pasa acumulado en función de la abertura de malla, cuando no se puede hallar el D₁₀ es porque el suelo es muy fino y se requiere realizar el análisis por Hidrometría para poder determinar el coeficiente de permeabilidad K, según Tabla N° 3 el suelo es poco permeable.

Fuente: Propia.

$$k = C(D_{10})^2.$$

Dónde:

$$D_{10} = 0.014\text{mm} = 0.0014\text{cm}$$

$$C = 116$$

$$k = 116 * 0.0014^2 = 0.00022736\text{cm/seg}$$

Kilómetro 6+500:

Curva granulométrica del ensayo de granulometría por lavado y por Hidrometría km 6+500

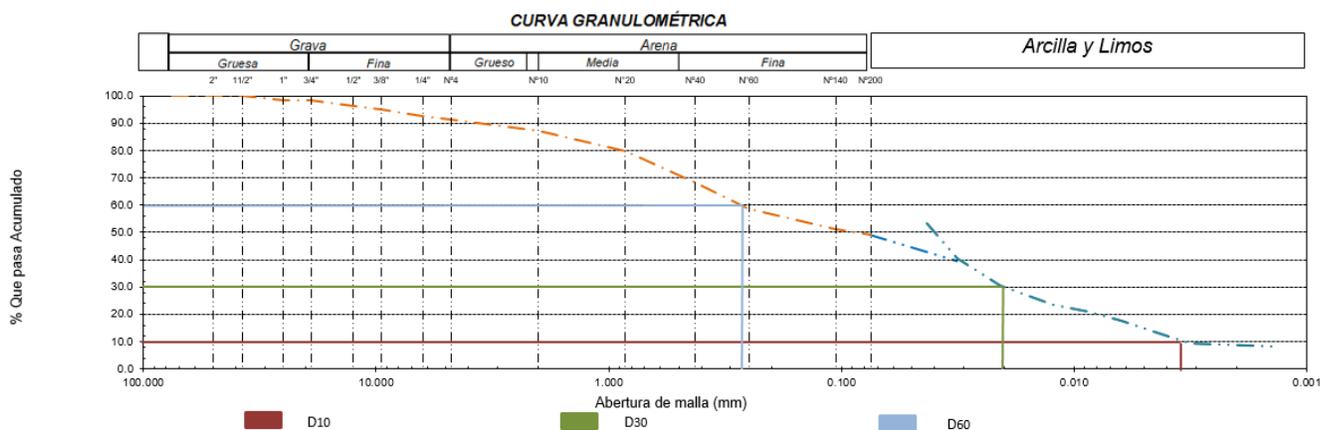


Figura 14. Descripción del porcentaje que pasa acumulado en función de la abertura de malla, cuando no se puede hallar el D₁₀ es porque el suelo es muy fino y se requiere realizar el análisis por Hidrometría para poder determinar el coeficiente de permeabilidad K, según Tabla N° 3 el suelo es poco permeable.

Fuente: Propia.

$$k = C(D_{10})^2.$$

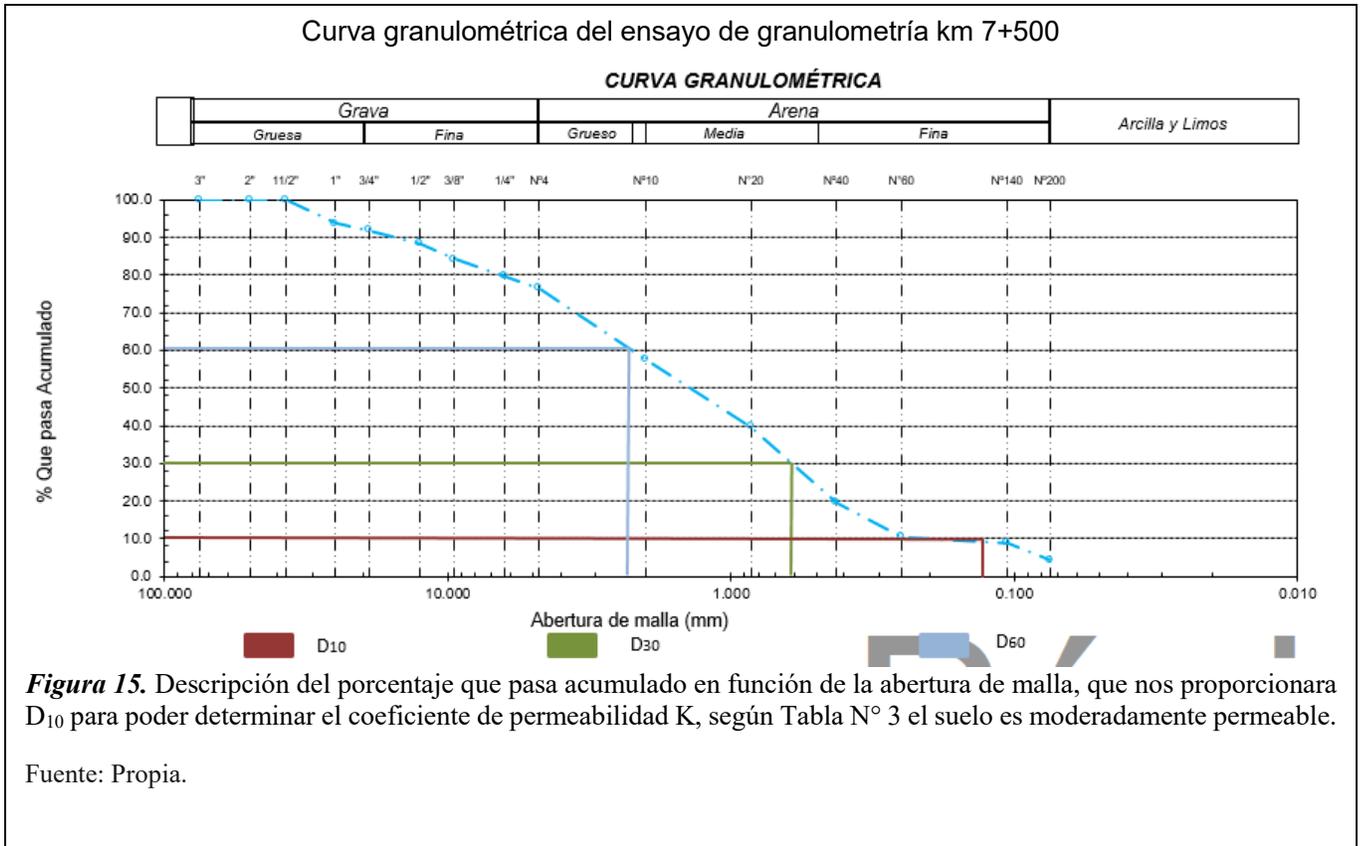
Dónde:

$$D_{10} = 0.0035\text{mm}=0.00035\text{cm}$$

$$C = 116$$

$$k = 116 * 0.00035^2 = 0.00001421\text{cm}/\text{seg}$$

Kilómetro 7+500:



$$k = C(D_{10})^2.$$

Dónde:

$$D_{10} = 0.12\text{mm}=0.012\text{cm}$$

$$C = 116$$

$$k = 116 * 0.012^2 = 0.016704\text{cm}/\text{seg}$$

3.1.2.Transformada de Christoffell-Schwarz

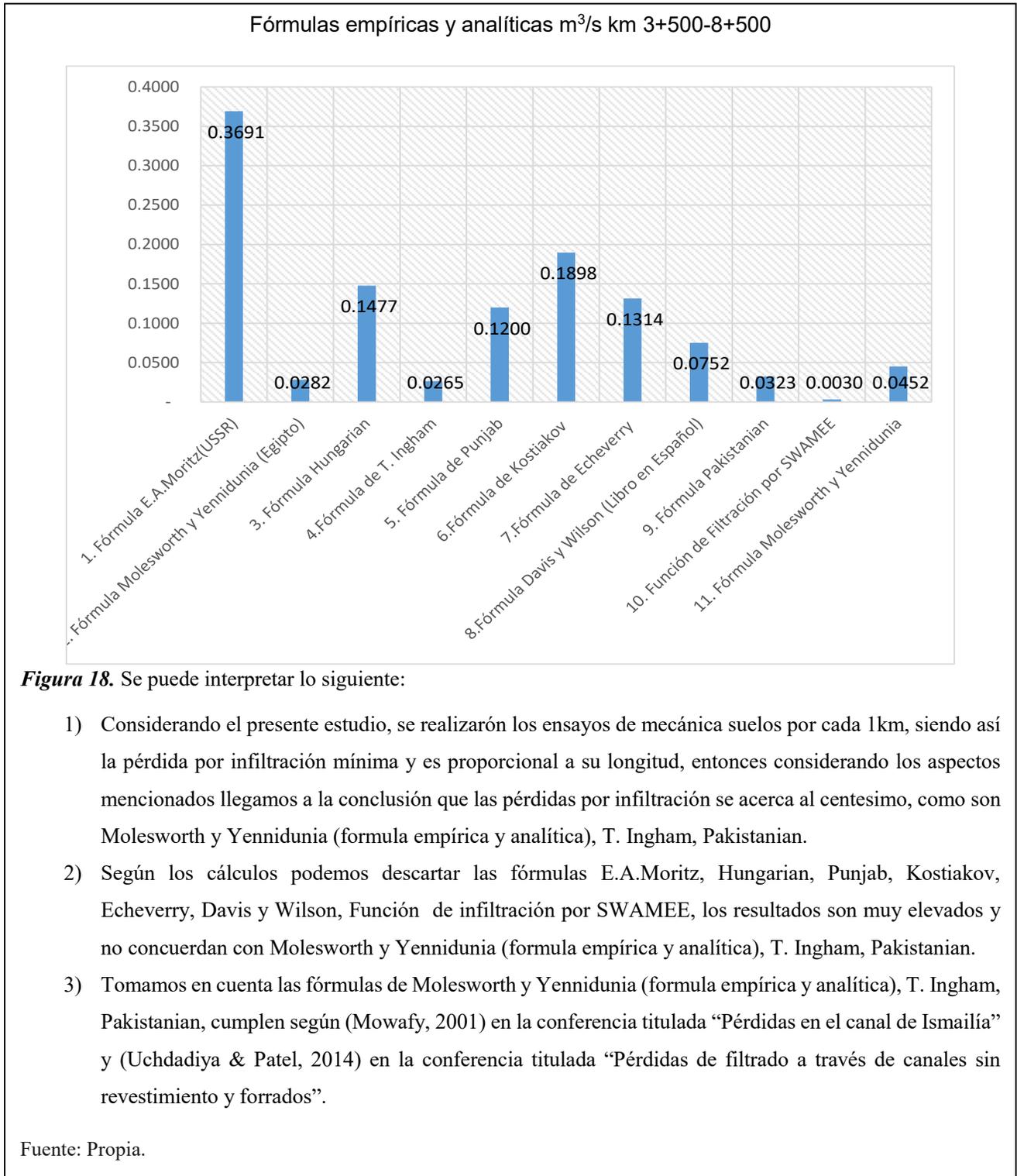
Resultados de la Transformada de Christoffell-Schwarz

km-3+500		km-4+500		km-5+500		km-6+500		km-7+500		km-8+500	
k=	0.0001003 m/s	k=	0.0001160 m/s	k=	0.0000023 m/s	k=	0.0000001 m/s	k=	0.0001670 m/s	k=	0.0001160 m/s
H=	0.50 m										
b=	1.00 m										
L1=	0.25 m										
L2=	0.50 m										
L3=	0.75 m										
L4=	1.00 m										
L5=	1.25 m										
L6=	1.50 m										
L7=	1.75 m										
L8=	2.00 m										
L9=	2.25 m										
L10=	2.50 m										
L11=	2.75 m										
L12=	3.00 m										
Q1=	0.000040 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s	Q1=	0.000001 m3/s	Q1=	0.000000 m3/s	Q1=	0.000066 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s
Q2=	0.000023 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s	Q2=	0.000001 m3/s	Q2=	0.000000 m3/s	Q2=	0.000039 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s
Q3=	0.000016 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000027 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s
Q4=	0.000012 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000020 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s
Q5=	0.000010 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000016 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s
Q6=	0.000008 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000014 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s
Q7=	0.000007 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000012 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s
Q8=	0.000006 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000010 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s
Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000009 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s
Q10=	0.000005 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000008 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s
Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000008 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s
Q12=	0.000004 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000007 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s
QT=	0.000142 m3/s	QT=	0.000164 m3/s	QT=	0.000003 m3/s	QT=	0.000000 m3/s	QT=	0.000237 m3/s	QT=	0.000164 m3/s
%=	0.01422%	%=	0.01644%	%=	0.00032%	%=	0.00002%	%=	0.02368%	%=	0.01644%

Figura 17. Considerando el presente estudio, se realizaron los ensayos de mecánica suelos por cada 1km, siendo así la pérdida por infiltración mínima y es proporcional a su longitud transversal, entonces considerando los aspectos mencionados llegamos a la conclusión que las pérdidas por infiltración son muy mínimos y no es aplicable a canales de irrigación

Fuente: Propia.

3.1.3. Fórmulas empíricas y ecuaciones analíticas



3.1.4. Determinación de las redes de flujo.

Resultados de la transformada de Christofhell-Schwarz

km-3+500		km-4+500		km-5+500		km-6+500		km-7+500		km-8+500	
k=	0.0001003 m/s	k=	0.0001160 m/s	k=	0.0000023 m/s	k=	0.0000001 m/s	k=	0.0001670 m/s	k=	0.0001160 m/s
H=	0.50 m										
b=	1.00 m										
L1=	0.25 m										
L2=	0.50 m										
L3=	0.75 m										
L4=	1.00 m										
L5=	1.25 m										
L6=	1.50 m										
L7=	1.75 m										
L8=	2.00 m										
L9=	2.25 m										
L10=	2.50 m										
L11=	2.75 m										
L12=	3.00 m										
Q1=	0.000040 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s	Q1=	0.000001 m3/s	Q1=	0.000000 m3/s	Q1=	0.000066 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s
Q2=	0.000023 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s	Q2=	0.000001 m3/s	Q2=	0.000000 m3/s	Q2=	0.000039 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s
Q3=	0.000016 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000027 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s
Q4=	0.000012 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000020 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s
Q5=	0.000010 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000016 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s
Q6=	0.000008 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000014 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s
Q7=	0.000007 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000012 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s
Q8=	0.000006 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000010 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s
Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000009 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s
Q10=	0.000005 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000008 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s
Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000008 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s
Q12=	0.000004 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000007 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s
QT=	0.000142 m3/s	QT=	0.000164 m3/s	QT=	0.000003 m3/s	QT=	0.000000 m3/s	QT=	0.000237 m3/s	QT=	0.000164 m3/s
%=	0.01422%	%=	0.01644%	%=	0.00032%	%=	0.00002%	%=	0.02368%	%=	0.01644%

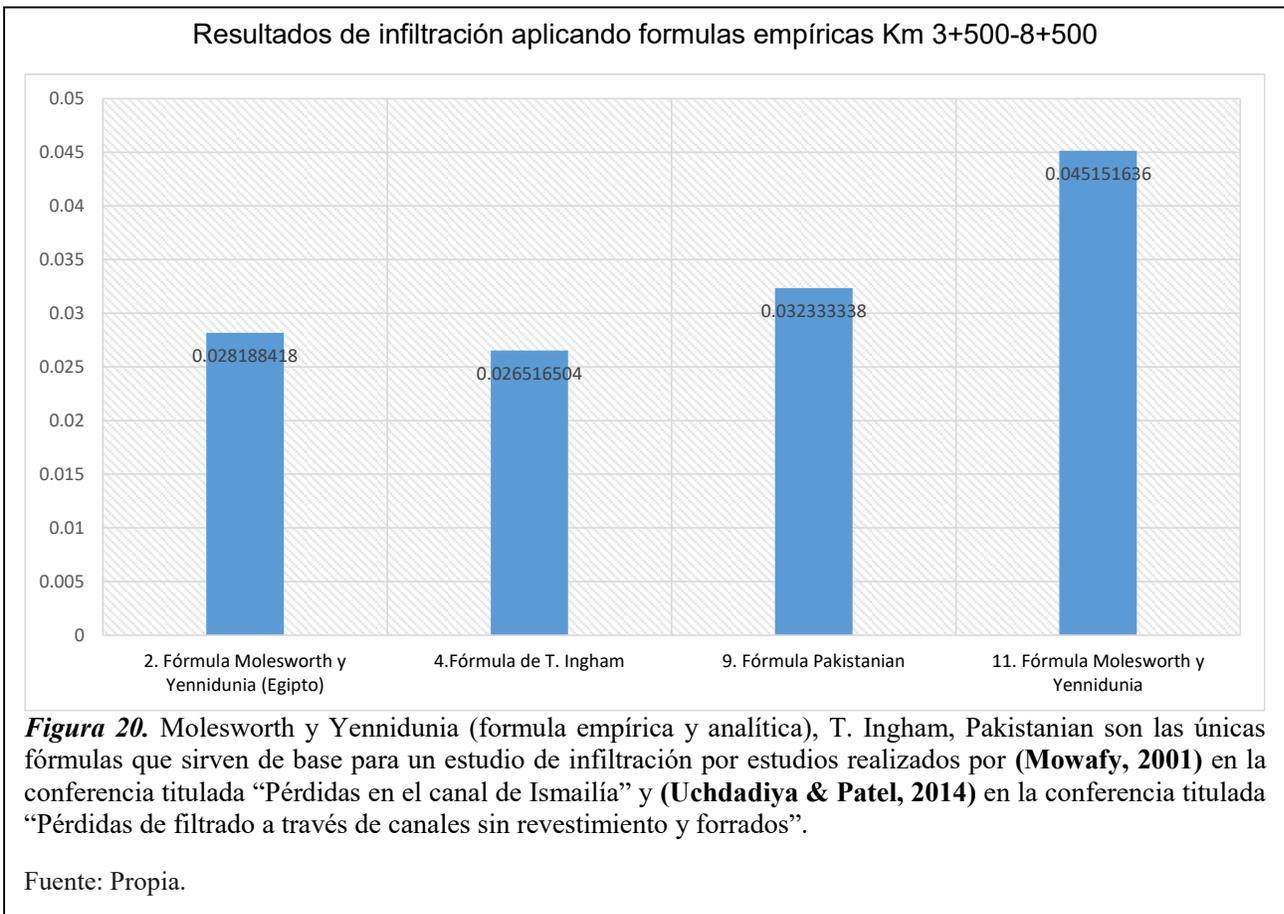
Figura 19. Descripción de la transformada de Christofhell-Schwarz que se utiliza en un canal horizontalmente que nos proporciona un caudal de infiltración muy mínimo algo insignificante y no aplicable a canales de irrigación.

Fuente: Propia.

3.2. Discusión de resultados

Mediante los estudios de la transformada de Christofhell – Schwarz nos determina un caudal unitario de infiltración muy mínimos horizontalmente y a mayor longitud disminuye el caudal de infiltración.

Las únicas formulas empíricas que se utilizan son Molesworth y Yennidunia (formula empírica y analítica), T. Ingham, Pakistanian, por estudios realizados por (Mowafy, 2001) en la conferencia titulada “Pérdidas en el canal de Ismailía” y (Uchdadiya & Patel, 2014) en la conferencia titulada “Pérdidas de filtrado a través de canales sin revestimiento y forrados”.



3.3. Propuesta de investigación

METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL CANAL:

- 1) **CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA:** Según el tipo de suelo que tenemos en los 5 km son SP (Arena mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos), SM (Arenas limosas, mezclas de arena y limo), se recomienda diseñar una sección trapezoidal.
- 2) **SOFTWARE HCANALES:**

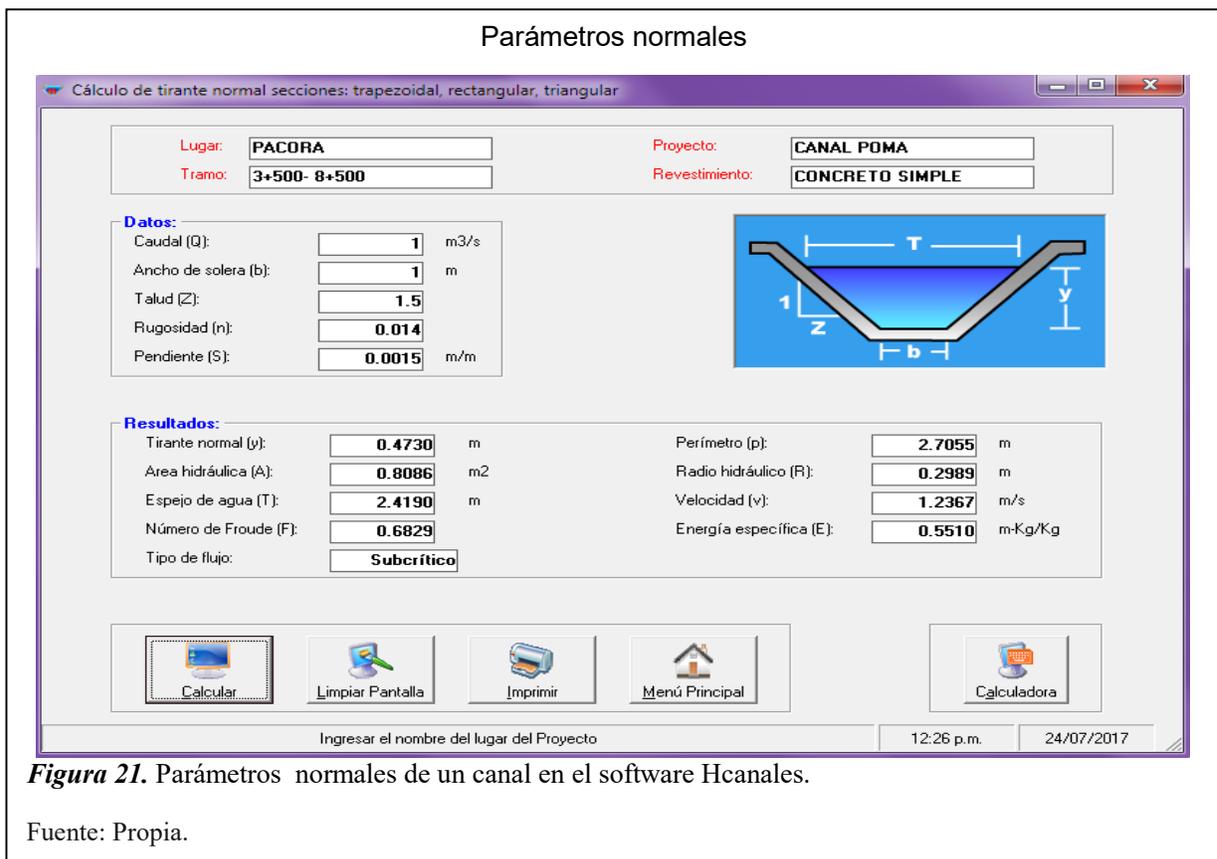


Figura 21. Parámetros normales de un canal en el software Hcanales.

Fuente: Propia.

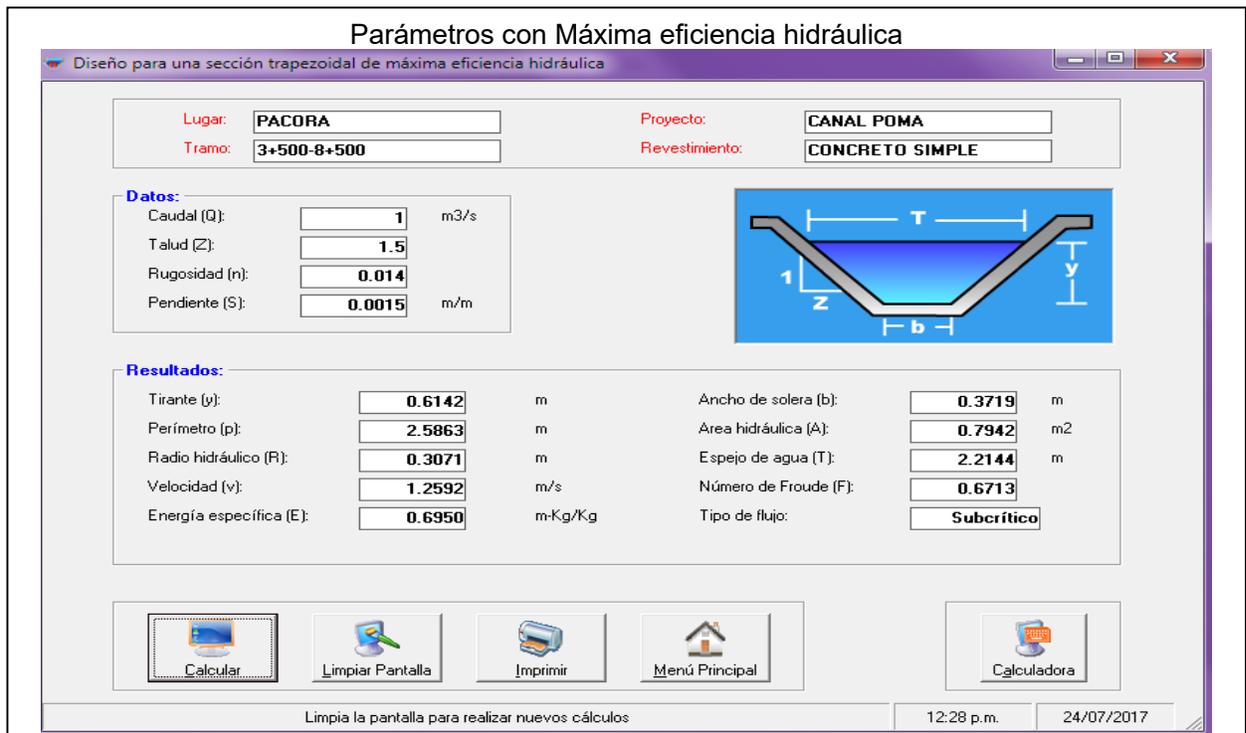


Figura 22. Parámetros con Máxima eficiencia Hidráulica de un canal en el software Hcanales.

Fuente: Propia.



Figura 23. Parámetros con mínima infiltración de un canal en el software Hcanales.

Fuente: Propia.

Mediante el software Hcanales nos permitirá hallar los parámetros hidráulicos que nos servirán para asumir un parámetro acto para ambos casos y sin modificar el tirante.

3) PARAMETROS HIDRAULICOS:

CAUDAL: El caudal a diseñar es de $1\text{m}^3/\text{s}$.

TALUD: La inclinación de las paredes laterales de un canal, depende de varios factores pero en especial de la clase de terreno donde están alojados, la U.S. BUREAU OF RECLAMATION recomienda un talud único de 1.5:1 para sus canales.

RUGOSIDAD: Para poder disminuir la infiltración consideramos una rugosidad de 0.014 que es de concreto bien acabado.

PENDIENTE: La pendiente que diseñamos es de 1.5‰ para suelos francos.

Tabla 20.

Pendiente en función del tipo de suelo.

TIPOS DE SUELOS	PENDIENTE‰
SUELOS SUELTOS	0.5-1.0
SUELOS FRANCOS	1.5-2.5
SUELOS ARCILLOSOS	3.0-4.5

Fuente: Rojas Rubio, (2013).

TIRANTE: 0.50m (se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración y se verifica con el fin de tener solo un tirante para todo el tramo).

BASE: 1.00m (se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

AREA: 0.81m^2 (se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

ESPEJO DE AGUA: 2.5m (se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

NUMERO DE FROUDE: 0.683 debe ser subcrítico (se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

TIPO DE FLUJO: subcrítico se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

PERIMETRO: 2.71m se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

RADIO HIDRAULICO: 0.299m se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

VELOCIDAD: 1.24m/s se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

ENERGIA ESPECÍFICA: 0.55 se calcula en el programa Hcanales para máxima eficiencia hidráulica y mínima infiltración).

REVESTIMIENTO: 0.25cm de concreto simple 210kg/cm².

BORDE LIBRE: 0.50m el ancho de solera en función del borde libre.

Tabla 21.

Ancho de solera en función del borde libre.

ANCHO DE SOLERA(m)	BORDE LIBRE (m)
Hasta 0.80	0.40
0.80-1.50	0.50
1.50-3.00	0.60
3.00-20.00	1.00

Fuente: Rojas Rubio, (2013).

Las juntas de dilatación serán cada 15 metros y juntas de contracción cada 3 metros, rellenas con material asfáltico.

3.4. Presupuesto:

PRESUPUESTO				
REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE				
AUTOR: FERNÁNDEZ RÍOS JOSEPH MANUEL				
ITEM	NOMBRE DE LA TAREA	CANTIDAD	COSTO FIJO	COSTO TOTAL
1.0	GASTOS ADMINISTRATIVOS			
1.1	RECURSOS FISICOS			
	PAPEL, FOLDER Y UTILES		S/50.00	S/50.00
	ACCESORIOS INFORMATICOS (CDS,USB).		S/25.00	S/25.00
	OTROS MATERIALES		S/45.00	S/45.00
1.2	RECURSOS HUMANOS			
	INVESTIGADORES	1	S/1,000.00	S/1,000.00
	SERVICIOS		S/50.00	S/50.00
	ACCESO A INTERNET		S/50.00	S/50.00
	FOTOCOPIAS		S/50.00	S/50.00
	IMPRESIONES		S/100.00	S/100.00
	PASAJES Y VIATICOS		S/100.00	S/100.00
	EQUIPOS DE MECANICA DE SUELOS		S/100.00	S/100.00
2.0	GASTOS TÉCNICOS			
2.0.1	TOPOGRAFIA		S/2,500.00	S/2,500.00
2.0.2	ENSAYOS DE LABORATORIO			
2.0.2.1	ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELO			
	CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.127(ASTM D2216).	6	S/10.00	S/60.00
	ANALISIS GRANULOMÉTRICO NTP 339.128(ASTM D422).			
	ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	6	S/50.00	S/300.00
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR SEDIMENTACIÓN	2	S/50.00	S/100.00
	LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NTP 339.129(ASTM D4318).	2	S/40.00	S/80.00
	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS NTP 339.131(ASTM D854).	2	S/30.00	S/60.00
	CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS(SUCS) NTP339.134(ASTM D2487).	6	S/10.00	S/60.00
			TOTAL	S/4,730.00

3.5. Cronograma base:

Nombre de tarea	Duració	Comienzo	Fin	abril	mayo	junio
				S X D J L V M	S X D J L V M S	X D
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	46 días	lun 3/04/17	lun 5/06/17	[Barra continua]		
IDENTIFICACION DE SUELOS EN EL CANAL POMA	3 días	lun 3/04/17	mié 5/04/17	[Barra]		
Km 3+500- Km 4+500	1 día	lun 3/04/17	lun 3/04/17	[Barra]		
Km 5+500-Km 6+500	1 día	mar 4/04/17	mar 4/04/17		[Barra]	
Km 7+500-Km8+500	1 día	mié 5/04/17	mié 5/04/17		[Barra]	
IDENTIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DEL CANAL POMA	10 días	lun 10/04/17	vie 21/04/17		[Barra]	
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.127(ASTM D2216).	2 días	lun 10/04/17	mar 11/04/17	[Barra]		
ANALISI GRANULOMÉTRICO NTP 339.128(ASTM D422).	2 días	mié 12/04/17	jue 13/04/17		[Barra]	
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO NTP 339.129(ASTM D 4318).	2 días	vie 14/04/17	lun 17/04/17		[Barra]	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS NTP 339.131(ASTM D854).	2 días	mar 18/04/17	mié 19/04/17		[Barra]	
CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS (SUCS) NTP 330.134(ASTM D 2487).	2 días	jue 20/04/17	vie 21/04/17		[Barra]	
OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	3 días	sáb 22/04/17	mar 25/04/17		[Barra]	
Km 3+500- Km 4+500	1 día	sáb 22/04/17	sáb 22/04/17		[Barra]	
Km 5+500-Km 6+500	1 día	dom 23/04/17	dom 23/04/17		[Barra]	
Km 7+500-Km8+500	1 día	lun 24/04/17	lun 24/04/17		[Barra]	
OBTENCIÓN DE LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ.	10 días	mar 25/04/17	lun 8/05/17		[Barra]	
OBTENCIÓN DE FÓRMULAS EMPIRICAS Y ANALITICAS	10 días	mar 9/05/17	lun 22/05/17			[Barra]
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	10 días	mar 23/05/17	lun 5/06/17			[Barra]

IV.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES:

Las pérdidas de infiltración también se calcularon mediante fórmulas empíricas y analíticas y mediante la transformada de Christofhell – Schwarz:

- Mediante los ensayos de Mecánica de suelos se clasifica según SUCS que en el Km 3+500 es un suelo SP (arena mal graduada, de nula plasticidad, coloración gris oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00010033$ m/seg, Km 4+500 es un suelo SP (arena mal graduada, de nula plasticidad, coloración gris oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00011600$ m/seg, Km 5+500 es un suelo SM (arena de baja o media plasticidad, color marrón oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00000227$ m/seg, Km 6+500 es un suelo SM (arena de baja o media plasticidad, color marrón oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00000014$ m/seg, Km 7+500 es un suelo SP (arena mal graduada, de nula plasticidad, coloración gris oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00016704$ m/seg, Km 8+500 es un suelo SP-SM (arena mal graduada, de baja o media plasticidad, coloración gris oscuro), con un coeficiente de permeabilidad de $K= 0.00011600$ m/seg, que nos servirá para determinar la transformada de Christofhell – Schwarz horizontalmente, hay casos donde el terreno tiene arena muy fina que al momento de sacar nuestra curva granulométrica no se puede hallar el D10 y se necesitar hacer el ensayo de Hidrometría para poder calcular el coeficiente de permeabilidad K.
- La transformada de Christofhell – Schwarz nos da como resultados caudales de infiltración en función a su longitud horizontal pero a mayor longitud disminuye el caudal de infiltración, no es explicable a canales no revestidos.
- Las líneas de infiltración no son visibles en un canal no revestido por estar en contacto con el ambiente, el software geo estudio seep no es aplicable a canales de tierra, mayormente se aplica a presas de embalse, por no darnos la línea de infiltración, por tener solo aguas arriba. Las únicas formulas empíricas y analítica que están dentro del rango y se puede contar con dichos resultados

son Molesworth y Yennidunia (formula empírica y analítica), T. Ingham, Pakistanian, que están en un rango de 2%-5% de pérdidas de caudal en los 5 km.

4.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda utilizar las formulas empíricas de Molesworth y Yennidunia (formula empírica y analítica), T. Ingham, Pakistanian para calcular la infiltración en canales no revestidos, por estudios realizados por (Mowafy, 2001) en la conferencia titulada “Pérdidas en el canal de Ismailía” y (Uchdadiya & Patel, 2014) en la conferencia titulada “Pérdidas de filtrado a través de canales sin revestimiento y forrados”.
- Se recomienda para posibles estudios que se utilice otros ensayos para poder determinar las propiedades hidráulicas en el suelo, como el infiltro metro de doble anillo, ensayo de permeabilidad de carga variable para diferentes tipos de suelos, estos ensayos nos dará resultados más aproximados y actos para poder determinar las pérdidas de infiltración.

REFERENCIAS

- Ahuchaogu, I., Imeh, E., & Anwana, E. (02 de 2015). Evaluation of seepage losses in an earth lined canal: a case. *International Journal OF Engineering Sciences & Management Research*, 12.
- Ahuchaogu, I., Imeh, E., & Anwana, E. (02 de 2015). Evaluation of seepage losses in an earth lined canal: a case. *International Journal OF Engineering Sciences & Management Research*, 12.
- ASTM D 422. (2007). *Análisis Granulométrico*. Recuperado el 04 de 07 de 2018, de Análisis Granulométrico: <https://es.scribd.com/document/326383267/ASTM-D422-07-Analisis-Granulometrico>
- Cerbantes, G. I. (2015). *Flujo en presas de tierra*. Informe para el curso de Mecánica de Suelos, Universidad de Guadalajara, Mexico, Mexico.
- Colegio de Ingenieros del Peru. (23 de 04 de 1999). Código de ética del CIP. *Código de ética del CIP*, 26.
- DeConceptos.com. (s.f.). *DeConceptos.com*. Recuperado el sábado de 06 de 2017, de DeConceptos.com: <http://deconceptos.com/ciencias-naturales/infiltracion>
- Duque, G., & Escobar, C. E. (2016). *Geomechanics: soil mechanics*. Recuperado el 10 de 11 de 2016, de Geomechanics: soil mechanics: <http://www.galeon.com/geomecanica/>
- Duran, J. A. (25 de 10 de 2016). *Suelos granulares y cohesivos*. Recuperado el 27 de 10 de 2016, de Suelos granulares y cohesivos: <https://es.scribd.com/doc/75748925/Suelos-Granulares-y-Cohesivos>
- El Buho Diario Digital de Arequipa. (04 de 02 de 2016). *El Buho Diario Digital de Arequipa*. Recuperado el 2016 de 09 de 27, de El Buho Diario Digital de Arequipa: <http://elbuho.pe/2016/02/04/aceleran-trabajos-de-revestimiento-de-canal-zamacola-para-evitar-perdidas-de-agua/>
- Esquievel, E. (1861). *Etasa empresa de transmision electrica S.A. unimos Panama con energia*. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de Etasa empresa de transmision electrica S.A. unimos Panama con energia : <http://www.hidromet.com.pa/antecedentes.php>
- Fine Civil engineering software. (1992). *Fine Civil engineering software*, 2016. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de Fine Civil engineering software: <http://www.finesoftware.es/software-geotecnico/>
- Fuentes, O. (2003). Unidad VI flujo de agua en canal. En O. Fuentes, *Unidad VI flujo de agua en canal*. Ica, Peru. Obtenido de https://homeworks.weebly.com/uploads/1/5/3/6/15366/flujo_canales.doc

- García, A. E., Vélez, E. P., Saenz, E. M., & Carmona, V. R. (04 de 2005). Metodología para estimar perdidas por infiltracion. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 12. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de <http://www.redalyc.org/pdf/573/57323208.pdf>
- Hoyos, F. (2012). Geotecnia diccionario Basico. En F. Hoyos, & F. Hoyos (Ed.), *Geotecnia diccionario Basico* (pág. 295). Medellin, Medellin, Colombia: Fabián Hoyos Patiño 2001, 2005, 2012.
- Huanca, A. (2014). *Problemas de Mecanica de Suelos*. Ica.
- Izquierdo, J., Mujica, E., & Perdomo, D. (2009). Diseño de una Alternativa de Abastecimiento, Canales Abiertos y Estructuras Hidráulicas en el Riego por Superficie de la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana. *Ingeniería y Región*, 6(1), 7. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5432195.pdf>
- Koradiya, K., & Kashiya. (5 de 2014). Estimate Seepage Losses in Irrigation Canal System. *Estimate Seepage Losses in Irrigation Canal System*, 4, 4. Recuperado el 10 de 11 de 2016, de [http://www.worldwidejournals.com/indian-journal-of-applied-research-\(IJAR\)/file.php?val=May_2014_1398965309_e9548_74.pdf](http://www.worldwidejournals.com/indian-journal-of-applied-research-(IJAR)/file.php?val=May_2014_1398965309_e9548_74.pdf)
- Lopez, J. E. (2003). *Unidad VI Flujo de Agua en Canales*. Ica.
- Manual MTC. (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Manuel, MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Lima, Lima.
- Meza, V. E. (18 de 06 de 2012). *Bdigital-Portal de revistas un*. Recuperado el 04 de 07 de 2018, de [Bdigital-Portal de revistas un](https://revistas.unal.edu.co/index.php/index/about):
- Mowafy, M. (2001). Seepage losses in ismailia canal. *Sixth International Water Technology Conference*, (pág. 17). Egipto. Recuperado el 10 de 11 de 2016, de http://www.iwtc.info/2001_pdf/03-3.pdf
- NTP 339.128. (1999). *SUELOS. Metodo de ensayo para el analisis granulometrico*. Norma Tecnica Peruana, Lima, Lima.
- NTP 339-131. (1999). *Peso Especifico*. Norma Tecnica Peruana, Peru.
- Perez, G. B., Rodriguez, J. A., & Molina, J. P. (2014). *Ingenieria de Rios*. Mexico, Mexico: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi4o6Ck4c_PAhWF4CYKHTpVBBUQFghNMAg&url=https%3A%2F%2Fes.scribd.com%2Fdocument%2F178697084%2FAPUNTES-DE-INGENIERIA-DE-RIOS&usg=AFQjCNGBd_bnfq-K-a4zOad22NgTFOPmQ&si

- Practicas suelos Sajonia. (10 de 11 de 2012). *Blogger.com*. Recuperado el 04 de 07 de 2018, de Blogger.com: <http://practicasueltosajonia.blogspot.com/p/analisis-granulometrico.html>
- Puerto, E. (01 de 01 de 2014). *Diseño e Ingeniería de Ventilación y climatización*. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de Diseño e Ingeniería de Ventilación y climatización: <https://efrainpuerto.wordpress.com/2011/06/27/f1-4/>
- Ramos, J. O. (1982). *Redes de flujo en medios porosos*. Tesis para otorgar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería Programa Académico de Ingeniería Civil, Lima, Lima. Recuperado el 04 de 10 de 2016, de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1770>
- Rocha, A. (2007). *Hidráulica de tuberías y canales*. Lima, Lima, Perú.
- Rocscience. (1987). *Rocscience*, 6. (G. d. Toronto, Productor) Recuperado el 27 de 09 de 2016, de Rocscience: <https://www.rocscience.com/company/about-us/company-history>
- Rojas Rubio, H. A. (13 de 12 de 2013). *In SlideShare*. Recuperado el 01 de 07 de 2017, de In SlideShare: <https://es.slideshare.net/linoolascuagacruzado/diseo-de-canales>
- Seringtec S.R.L servicios de ingeniería técnica. (2016). *Mejoramiento del servicio de agua para riego en el canal Poma de la progresiva 3+500 km a 8+500 km, distrito de Pacora - Lambayeque – Lambayeque*. Informe geotécnico N° 07-06-16, Municipalidad distrital de Pacora, Lambayeque, Lambayeque.
- Seringtec S.R.L servicios de ingeniería técnica. (2016). *Mejoramiento del servicio de agua para riego en el canal Poma de la progresiva 3+500 km a 8+500 km, distrito de Pacora - Lambayeque – Lambayeque*. Informe geotécnico N° 07-06-16, Municipalidad distrital de Pacora, Lambayeque, Lambayeque.
- Seringtec S.R.L. servicios de ingeniería técnica. (2016). *Mejoramiento del servicio de agua para riego en el canal Poma de la progresiva 3+500 km a 8+500 km, distrito de Pacora - Lambayeque – Lambayeque*. Informe Geotécnico N° 07-06-16, Municipalidad distrital de Pacora, Lambayeque, Lambayeque.
- Tariq, S., & Taj, K. (18 de 01 de 2014). Impact of Water Losses and Maintenance of Canal Irrigation System on Agriculture (Case Study: Urmar Minor of Warsak Gravity Canal Pakistan). *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(5), 550-562. Recuperado el 27 de 09 de 2016, de <http://www.sciencedomain.org/download/MzM5NkBAcGY.pdf>
- Uchdadiya, & Patel. (05 de 06 de 2014). Seepage losses through unlined and lined canals. *International Journal of Advances in Applied Mathematics and Mechanics*, 4. Recuperado el 2016 de 09 de 27, de <http://www.ijaamm.com/uploads/2/1/4/8/21481830/v2n2p9.pdf>

Villon, M. (2000). *Hidraulica de canales* (4 ed.). (M. Villon, Ed.) Costa Rica, Costa Rica, Costa Rica: Editorial Tecnologica de Costa Rica.

Villon, M. (2003). *Diseño de Estructuras Hidraulicas* (1 ed.). (M. Villon, Ed.) Costa Rica, Costa Rica, Costa Rica: Villon. Recuperado el 10 de 11 de 2016, de file:///C:/Users/ORDENADOR/Downloads/Dise%C3%B1o%20de%20Estructuras%20Hidr%C3%A1ulicas%20-%20M%C3%A1ximo%20Vill%C3%B3n%20B.pdf

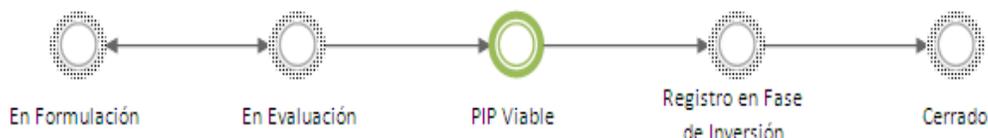
Wales, J., & Sanger, L. (15 de 01 de 2001). *Wikipedia*. Recuperado el 24 de 06 de 2017, de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_\(fluido\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Caudal_(fluido))

ANEXOS

ANEXO I

PERFIL DEL PROYECTO

**FORMATO SNIP-03:
FICHA DE REGISTRO - BANCO DE PROYECTOS**
[La información registrada en el Banco de Proyectos tiene carácter de
Declaración Jurada]



Fecha de la última actualización:

19/09/2016

1. IDENTIFICACIÓN

1.1 Código de Proyecto: 2328138 (Antes Código Snip 364517)

1.2 Nombre del Proyecto de Inversión Pública: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA 3+500 KM A 8+500 KM, DISTRITO DE PACORA - LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE

1.3 Responsabilidad Funcional del Proyecto de Inversión Pública:

Función	10 AGROPECUARIA
División Funcional	025 RIEGO
Grupo Funcional	0050 INFRAESTRUCTURA DE RIEGO
Responsable Funcional (según Anexo SNIP 04)	AGRICULTURA

1.4 Este Proyecto de Inversión Pública NO pertenece a un Programa de Inversión

1.5 Este Proyecto de Inversión Pública NO pertenece a un Conglomerado Autorizado

1.6 Localización Geográfica del Proyecto de Inversión Pública:

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	PACORA	PACORA

1.7 Unidad Formuladora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	GOBIERNOS LOCALES
Pliego:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA
Nombre:	UNIDAD FORMULADORA DE PROYECTOS DE INVERSION

Persona Responsable de Formular:	ING. PERCY MANUEL SAUCEDO SANTISTEBAN
Persona Responsable de la Unidad Formuladora:	JHONY ALBERTO FARRONAN CORONADO

1.8 Unidad Ejecutora del Proyecto de Inversión Pública:

Sector:	GOBIERNOS LOCALES
Nombre:	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA

Persona Responsable de la Unidad Ejecutora:	LIC. FRANK ORLANDO GONZALES MASQUEZ
---	-------------------------------------

2 ESTUDIOS

2.1 Nivel Actual del Estudio del Proyecto de Inversión Pública

Nivel	Fecha	Autor	Costo (Nuevos Soles)	Nivel de Calificación
PERFI L	09/08/20 16	ING. PERCY MANUEL SAUCEDO SANTISTEBAN	30,500	APROBADO

2.2 Nivel de Estudio propuesto por la UF para Declarar Viabilidad: PERFIL

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

3.1 Planteamiento del Problema

DEFICIENTE SERVICIO DE AGUA DE RIEGO QUE RECIBEN LOS AGRICULTORES DEL SECTOR POMA DE PACORA

3.2 Beneficiarios Directos

3.2.1 Número de los Beneficiarios Directos 444 (N° de personas)

3.2.2 Característica de los Beneficiarios

EN EL SECTOR POMA SE TIENE PROBLEMAS DE RIEGO DEBIDO A LA PÉRDIDA DE AGUA EN LA CONDUCCIÓN POR EFECTO DE LA INFILTRACIÓN POR LOS TALUDES Y RASANTE DEL CANAL POMA, DADO A LA PERMEABILIDAD DEL SUELO SOBRE LOS QUE ESTÁ ASENTADO, AFECTANDO DE ESTA MANERA A LOS 444 USUARIOS Y SUS FAMILIAS

QUE DEPENDEN DE ESTA ACTIVIDAD, ESPERANDO LAS ÉPOCAS DE AVENIDAS DE AGUA EN EL RÍO, QUE SIGNIFICAN MAYORES VOLÚMENES EN LOS CANALES PARA COMPENSAR LAS PÉRDIDAS Y PODER DESARROLLAR LA CAMPAÑA AGRÍCOLA EN LAS 722 HAS QUE COMPRENDE EL SECTOR.. ESTA SITUACIÓN TRAE CONSIGO EL DECREMENTO DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN LA ZONA, MENORES INGRESOS ECONÓMICOS, PROBLEMAS DE DESNUTRICIÓN DE LOS HABITANTES CONDUCIENDO TODO ELLO FINALMENTE AL RETRASO SOCIOECONÓMICO DE LA POBLACIÓN DE LA ZONA AFECTADA.

3.3 Objetivo del Proyecto de Inversión Pública

ADECUADO SERVICIO DE AGUA DE RIEGO QUE RECIBEN LOS AGRICULTORES DEL SECTOR POMA DE PACORA

3.4 Análisis de la demanda y oferta

Tramo	Longitud	IMD	Costo por tramo
-------	----------	-----	-----------------

4 ALTERNATIVAS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (Las tres mejores alternativas)

4.1 Descripciones:

(La primera alternativa es la recomendada)

Alternativa 1 (Recomendada)	<p>•Se revestirán 5,000.00 m (5KM)de canal de sección trapezoidal de 1.00 m de base, 0.47 m de altura y talud 1.50, con capacidad de conducción de 1.00 m3/s empleando concreto simple $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$. •Se construirá 15 Pontones de concreto simple $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, con una carga de Transito de $H=20$, provistos de Sardineles y Barandas de Fierro; los estribos serán construidos con concreto ciclópeo $f'c=175 \text{ Kg/cm}^2 + 25\%$ de Piedra Mediana; las Juntas a rellenarse son de 2.5 cm de ancho; el emboquillado de acceso será asentado 5 cm de $f'c=140 \text{ Kg/cm}^2$, la piedra separada de 1, con un $E=0.20 \text{ m}$. •Construcción de 01 Partidor de Concreto Armado, provisto de barandas metálicas de seguridad. •Construcción de 22 Tomas Laterales Las mencionadas estructuras son de concreto armado. Se construirá con material de concreto $fc=210 \text{ Kg/cm}^2$ y estarán provistas de sus respectivas compuertas metálicas con mecanismo de izaje. •Desarrollo de Charlas de Capacitación en Operación y Mantenimiento de la Infraestructura Hidráulica, Fortalecimiento de las Organizaciones de Usuarios de Agua y Manejo Eficiente del Agua de Riego.</p>
Alternativa 2	<p>1.EL REVESTIMIENTO DEL CANAL DE DERIVACIÓN POMA CON MAMPOSTERÍA DE PIEDRA 2.CONSTRUCCIÓN DE TOMAS, PONTONES Y OTRAS OBRAS DE ARTE. 3. DESARROLLO DE TALLERES DE CAPACITACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN EN MANEJO DE TÉCNICAS DE RIEGO, EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA Y</p>

	EN GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO.
Alternativa 3	NO SE REGISTRA.

4.2 Indicadores

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Monto de la Inversión Total (Nuevos Soles)	A Precio de Mercado	5,190,576	5,446,088	0
	A Precio Social	4,356,667	4,579,463	0
Costo Beneficio (A Precio Social)	Valor Actual Neto (Nuevos Soles)	5,826,222	5,844,869	0
	Tasa Interna Retorno (%)	34.00	33.00	0.00
Costos / Efectividad	Ratio C/E			
	Unidad de medida del ratio C/E (Ejms Beneficiario, alumno atendido, etc.)			

4.3 Análisis de Sostenibilidad de la Alternativa Recomendada

EL PROYECTO, EN EL HORIZONTE DE VIDA ESTÁ EXPUESTO A FACTORES EXTERNOS DE RIESGO E INCERTIDUMBRE QUE PUEDEN AFECTAR LOS FLUJOS DE CAJA, ES DECIR EL FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS, POR LO TANTO PUEDE VARIAR LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO, DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIAL. LOS FACTORES, QUE PUEDEN AFECTAR LOS FLUJOS DE BENEFICIO Y COSTOS DEL PROYECTO SE HAN ESTABLECIDO EN TRES ESCENARIOS CONSIDERADOS COMO LOS MÁS RELEVANTES DEL PROYECTO, Y PARA QUIENES SE HA REALIZADO UN ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN, TENIENDO EN CUENTA LOS SIGUIENTES CONSIDERANDOS: D. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS E. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS PRECIOS DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS F. VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA. POR LO QUE HAREMOS UN ANÁLISIS Y ACCIONES CORRECTIVAS EN CASO DE PRESENTARSE ASPECTOS NEGATIVOS DE SENSIBILIDAD, O RIESGO PARA LA ALTERNATIVA PROPUESTA COMO AQUELLA QUE SE VA LLEVAR A CABO POR PRESENTAR MEJORES INDICADORES.

4.4 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN EL PIP (EN LA ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN RECOMENDADA)

4.4.1 Peligros identificados en el área del PIP

PELIGRO	NIVEL
Inundaciones	BAJO
Lluvias intensas	BAJO

4.4.2 Medidas de reducción de riesgos de desastres

LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO ESTÁN RELACIONADAS, A LAS MEDIDAS ESTRUCTURALES DENTRO DE LOS COSTOS DE INFRAESTRUCTURA, Y SE PLANTEAN COMO MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS NO ESTRUCTURALES COMO MONITOREO CLIMATOLÓGICOS, ESPECÍFICAMENTE DURANTE LA ÉPOCA DEL FENÓMENO DEL NIÑO.

4.4.3 Costos de inversión asociado a las medidas de reducción de riesgos de desastres

0

5 COMPONENTES DEL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (En la Alternativa Recomendada)

5.1 Cronograma de Inversión según Componentes:

COMPONENTES	Trimestres(Nuevos Soles)			
	3er Trimestre 2016	4to Trimestre 2016	1er Trimestre 2017	Total por componente
EXPEDIENTE TECNICO	190,480	0	0	190,480
OBRAS PROVISIONALES	0	65,718	0	65,718
CANAL TRAPEZOIDAL	0	2,399,807	1,028,489	3,428,296
OBRAS DE ARTE	0	213,267	213,267	426,534
CAPACITACIÓN	0	0	3,304	3,304
MITIGACION AMBIENTAL	0	0	111,738	111,738
GASTOS GENERALES	0	363,203	363,203	726,406
SUPERVISION	0	119,050	119,050	238,100
Total por periodo	190,480	3,161,045	1,839,051	5,190,576

5.2 Cronograma de Componentes Físicos:

COMPONENTES	Trimestres				
	Unidad de Medida	3er Trimestre 2016	4to Trimestre 2016	1er Trimestre 2017	Total por componente
EXPEDIENTE TECNICO	EST.	100	0	0	100
OBRAS PROVISIONALES	GLB	0	100	0	100
CANAL TRAPEZOIDAL	KM	0	70	30	100
OBRAS DE ARTE	GLB	0	50	50	100
CAPACITACIÓN	CAPAC.	0	0	100	100
MITIGACION AMBIENTAL	GLB	0	0	100	100
GASTOS GENERALES	GLB	0	50	50	100
SUPERVISION	GLB	0	50	50	100

5.3 Operación y Mantenimiento:

COSTOS		Años (Nuevos Soles)						
		Abril Diciembre 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Sin	Operación	31,830	31,830	31,830	31,830	31,830	31,830	31,830
PIP	Mantenimiento	15,100	15,100	15,100	15,100	15,100	15,100	15,100
Con	Operación	32,940	32,940	32,940	32,940	32,940	32,940	32,940
PIP	Mantenimiento	30,227	30,227	30,227	30,227	30,227	30,227	30,227

5.4 Inversiones por reposición:

	Años (Nuevos Soles)							
	Abril Diciembre 2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversiones por reposición	0	0	0	0	0	0	0	0

5.5 Fuente de Financiamiento (Dato Referencial): DONACIONES Y TRANSFERENCIAS

5.6 Modalidad de Ejecución Prevista: ADMINISTRACION INDIRECTA - POR CONTRATA

6 MARCO LOGICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

		Indicador	Medios de Verificación	Supuestos
Fin	LOGRAR EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO DE LOS USUARIOS DE LA ZONA DE POMA	REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE POBREZA EN EL DISTRITO DE PACORA EN UN 2% EN EL LAPSO DE 5 AÑOS	REPORTES DEL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA	MEJORA LA CALIDAD DE VIDA DE LOS USUARIOS
Propósito	MEJORAR EL SERVICIO DE AGUA PARA RIEGO EN EL SECTOR POMA DE PACORA	INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS PRINCIPALES EN UN 10% EN EL HORIZONTE DEL PROYECTO, QUE PERMITE UNA MAYOR OFERTA EN EL MERCADO	REPORTE DE LA GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA DE LAMBAYEQUE REPORTES DE LA JUNTA DE USUARIOS Y LA COMISIÓN DE USUARIOS REPORTE DEL MINAGRI	EXISTE UN ADECUADO MANEJO EN LAS TÉCNICAS DE RIEGO LA JUNTA DE USUARIOS Y EL MINAGRI CAPACITAN A LOS USUARIOS EN EL USO DEL AGUA
Componentes	1.- LUEGO DE LA 1.- INFRAESTRUCTURA DE RIEGO MEJORADA PARA EL SECTOR POMA DE PACORA 2.- USUARIOS Y DIRECTIVOS CAPACITADOS	1.- LUEGO DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO, SE TENDRÁ 5 KM DE CANAL 2.- SE CONTARÁ ADEMÁS CON 15 PONTONES, 01 PARTIDOR, 22 TOMAS LATERALES, 01 MEDIDOR PARSHALL, OPERANDO EFICIENTEMENTE	REPORTES DE LA MUNICIPALIDAD DE PACORA REPORTES DE LA JUNTA DE USUARIOS REPORTES DE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA	SE CUENTA CON LA APROBACIÓN DE FINANCIAMIENTO POR PARTE DEL MINAGRI BENEFICIARIOS CON CLARA DISPOSICIÓN E INVOLUCRADOS EN EL PROYECTO, ACUDEN A LA CAPACITACIÓN

		TE, LUEGO DE CULMINAR LA OBRA 3.- EL 60% DE USUARIOS DEL SECTOR LA POMA CAPACITADOS, LUEGO DEL PLAZO DE EJECUCIÓN		IMPLEMENTAN LO RECIBIDO
Actividades	REVESTIMIENTO DE 5 KM METROS DEL CANAL LA PACORA CON CONCRETO SIMPLE F'C 210 KG/CM2. CONSTRUCCIÓN DE 1 PARTIDOR CON CONCRETO SIMPLE F'C 210 KG/CM2 INSTALACIÓN DE UN MEDIDOR PARSHALL CONSTRUCCIÓN DE QUINCE (15) PONTONES DE CONCRETO SIMPLE F'C 210 KG/CM2. CONSTRUCCIÓN DE 22 TOMAS LATERALES, DE CONCRETO SIMPLE F'C 210 KG/CM2 REALIZACIÓN DE TALLERES DE CAPACITACIÓN Y	REVESTIMIENTO CON CONCRETO DE 5KM DE CANAL POMA POR UN VALOR DE S/. 2,905,335.47 OBRAS DE ARTE POR UNA CANTIDAD DE 361,469.74. OBRAS PROVISIONALES: S/ 55,693.41 ACTIVIDADES DE CAPACITACIÓN POR UN VALOR DE S/. 2800.00 MEDIDAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL EN EL ORDEN DE S/. 94,693.09 FLETE S/ 95,104.44 GASTOS GENERALES DE OBRA POR UN COSTO DE S/. 341,999.17, UTILIDAD: 273,599.34 SUPERVISIÓN DE OBRA POR	DESEMBOLSO ECONÓMICO DE INVERSIÓN INFORME DE SEGUIMIENTO Y SUPERVISIÓN DEL PROYECTO, DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA INFORME DE SUPERVISIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL DE AGUA INSPECCIÓN DE LA JUNTA DE USUARIOS DE LA LECHE	LOS USUARIOS CUMPLEN CON PRESENTAR EL EXPEDIENTE TÉCNICO PARA EJECUTAR EL PROYECTO. CONTRAPARTIDA PARA LA OBRA. LA OBRA ES PRIORIZADA POR EL ESTADO PERUANO Y REMITE EL DESEMBOLSO DE LOS FONDOS OPORTUNAMENTE LOS USUARIOS ASUMEN EL COMPROMISO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EL PROYECTO SE EJECUTA EN LA ÉPOCA DE ESTIAJE DEL RÍO

	SENSIBILIZACIÓN A TÉCNICOS Y A USUARIOS	UN VALOR DE 238,099.82 IGV S/ 726,406.24, EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PROYECTO POR S/. 190,479.86 COSTO TOTAL. 5,190,576.13		
--	---	--	--	--

7 OBSERVACIONES DE LA UNIDAD FORMULADORA

NO SE REGISTRA.

8 EVALUACIONES REALIZADAS SOBRE EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

Fecha de registro de la evaluación	Estudio	Evaluación	Unidad Evaluadora	Notas
11/08/2016 9:43 Hrs.	PERFIL	EN MODIFICACION	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA	No se han registrado Notas
07/09/2016 12:28 Hrs.	PERFIL	EN MODIFICACION	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA	No se han registrado Notas
08/09/2016 12:11 Hrs.	PERFIL	EN MODIFICACION	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA	No se han registrado Notas
19/09/2016 12:14 Hrs.	PERFIL	APROBADO	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA	no se registra.

9 DOCUMENTOS FÍSICOS

9.1 Documentos de la Evaluación

Documento	Fecha	Tipo	Unidad
INFORME N 040 - 2016- UF - MDP/JAFC	09/08/2016	SALIDA	UNIDAD FORMULADORA DE PROYECTOS DE INVERSIÓN
INFORME N 040 - 2016- UF - MDP/JAFC	09/08/2016	ENTRADA	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA

INFORME N° 035 – 2016- OPI - MDP/GDSQ	19/09/2016	SALIDA	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA
INFORME TECNICO N° 08 - 2016 – OPI – MDP/GDSQ	19/09/2016	SALIDA	OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA

9.2 Documentos Complementarios

No se han registrado Documentos Complementarios

10 DATOS DE LA DECLARATORIA DE VIABILIDAD

N° Informe Técnico: INFORME TECNICO N° 08 - 2016 – OPI – MDP/GDSQ

Especialista que Recomienda la Viabilidad: ING° GLORIA DELIASIR SUYON QUIROZ

Jefe de la Entidad Evaluadora que Declara la Viabilidad: ING° GLORIA DELIASIR SUYON QUIROZ

Fecha de la Declaración de Viabilidad: 19/09/2016

11 COMPETENCIAS EN LAS QUE SE ENMARCA EL PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

11.1 La Unidad Formuladora declaró que el presente PIP es de competencia Local y se ejecutará en su circunscripción territorial.

Asignación de la Viabilidad a cargo de **OPI MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACORA**

ANEXO II

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA - LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 3+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos				
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	
0.00	C A L I C A T A	R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.					
0.10										
0.20		0.20								
0.30			M-1		SP	Arena mal Graduada, de nula plasticidad, coloracion gris oscuro.	6.03	N.P	N.P	N.P
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										
1.70										
1.80										
1.90										
2.00	2.00									
					Presencia de filtraciones.					

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Limite Liquido
 LP(%)=Limite Plastico

IP(%)=Indice de Plasticidad



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 4+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos				
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	
0.00	C A L I C A T A	R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.					
0.10										
0.20										
0.30										
0.40							6.55	N.P	N.P	N.P
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00			M-1		SP	Arena mal Graduada, de nula plasticidad, coloración gris oscuro.				
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										
1.70										
1.80										
1.90										
2.00										
					Presencia de filtraciones.					

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Límite Líquido
 LP(%)=Límite Plástico

IP(%)=Índice de Plasticidad



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

FCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 5+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos			
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)
0.00		R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.				
0.10									
0.20	0.20	M-1		SM	Arenalimosa de baja o media plasticidad, color marron oscuro.	3.03	20.91	17.22	3.69
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00	2.00								
					Presencia de filtraciones.				

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Limite Liquido
 LP(%)=Limite Plastico

IP(%)=Indice de Plasticidad

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 6+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos			
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)
0.00	C A L I C A T A	R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.				
0.10									
0.20		M-1		SM	Arena limosa de baja o media plasticidad, color marron oscuro.	6.45	21.00	18.23	2.77
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
					Presencia de filtraciones.				

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Limite Liquido
 LP(%)=Limite Plastico

IP(%)=Indice de Plasticidad



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO WILSON A. OLAYA ECHELLER
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 I.E.E. I.E.M.

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 7+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos				
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	
0.00	C A L I C A T A	R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.					
0.10										
0.20		0.20								
0.30							6.47	N.P	N.P	N.P
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00			M-1		SP	Arena mal Graduada, de nula plasticidad, coloracion gris oscuro.				
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										
1.60										
1.70										
1.80										
1.90										
2.00	2.00									
					Presencia de filtraciones.					

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Limite Liquido
 LP(%)=Limite Plastico

IP(%)=Indice de Plasticidad



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

PCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

Punto de Investigación : 8+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

REGISTRO DE MUESTRA

Profundidad (m)	Tipo de Excavación	Muestra N°	Símbolo	Clasificación SUCS	Descripción	Ensayos			
						W(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)
0.00		R			Material de relleno no clasificado, contaminado, poco humedo, con presencia de materia organica.				
0.10									
0.20	0.20	C A L I C A T A		M-1	SP-SM Arena mal Graduada y Limosa, de nula plasticidad, coloracion gris oscuro.	6.46	N.P	N.P	N.P
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00	2.00								
					Presencia de filtraciones.				

M=Muestra
 P=Punto de investigación
 S/M=Sin muestra

W(%)=Humedad Natural
 LL(%)=Limite Liquido
 LP(%)=Limite Plastico

IP(%)=Indice de Plasticidad



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

ANÁLISIS GRANULOMETRICO

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

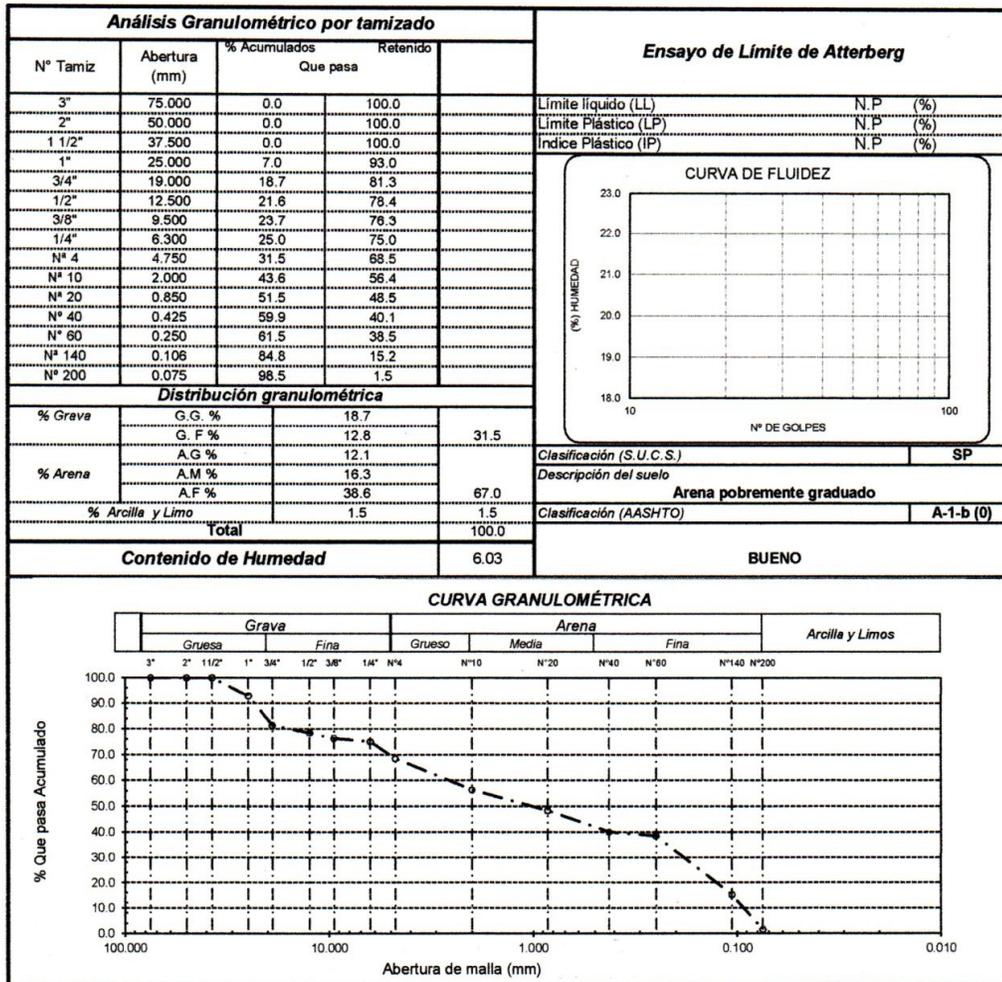
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Punto de Investigación 3+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00



Observaciones:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOPHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

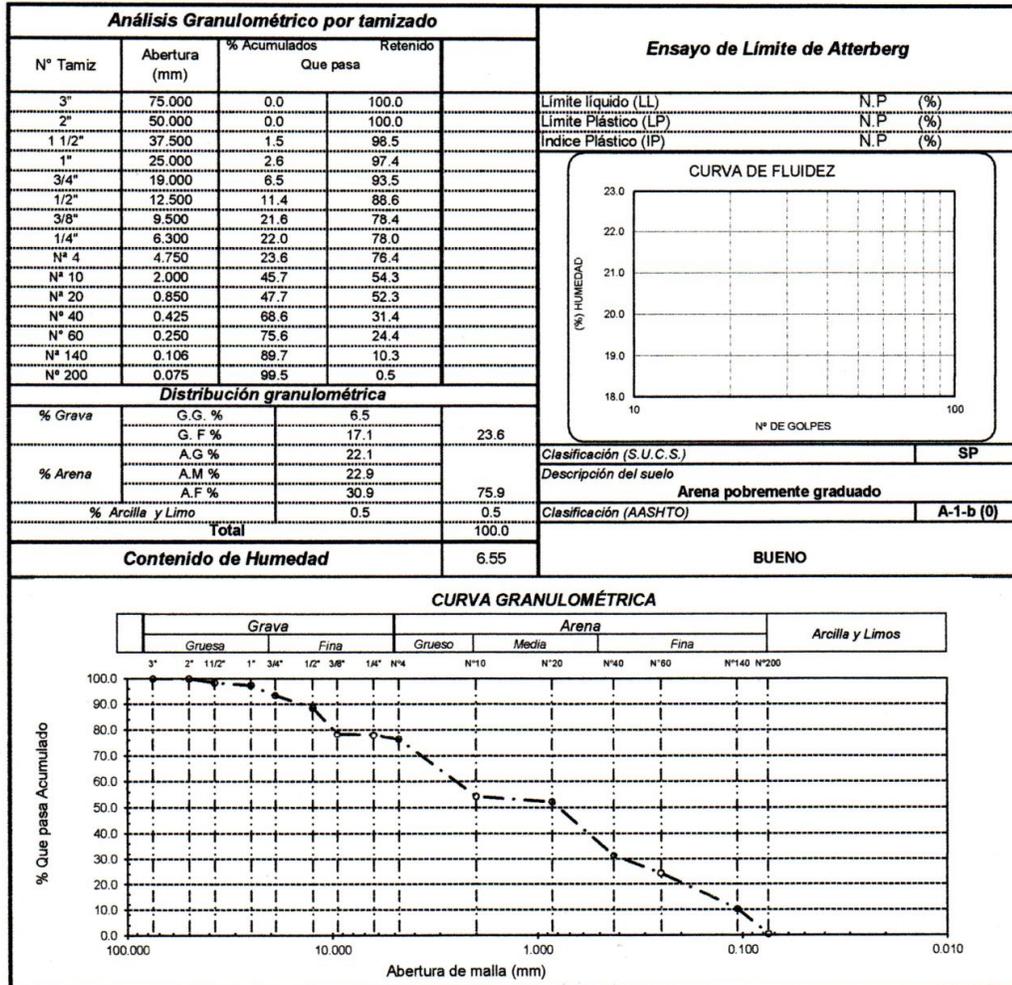
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127 : 1998

Punto de Investigación 4+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00



Observaciones:



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOPHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

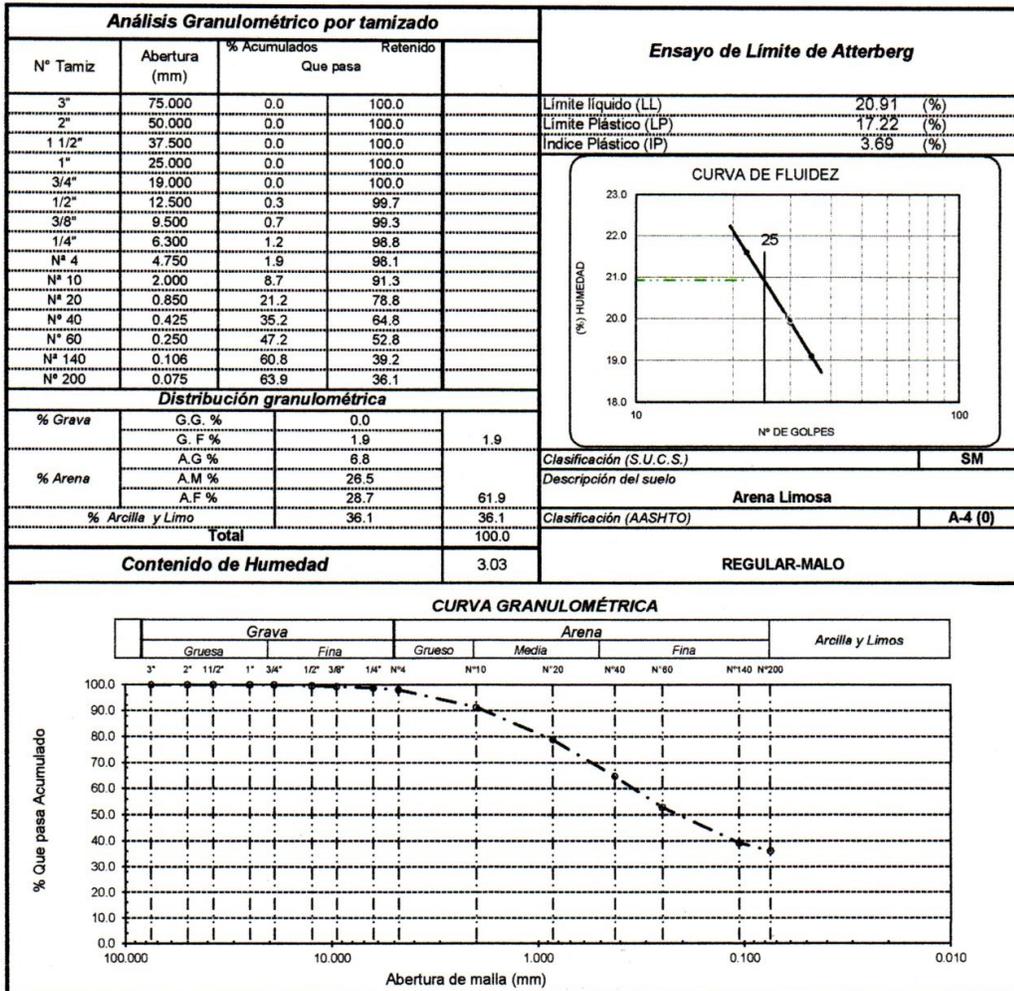
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Punto de Investigación 5+500 **Muestra:** M-1 **Profundidad:** 0.20-2.00



Observaciones:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.R.L.

ING. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA I.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

ING. Omar Coronado Zubeta
JEFE I.E.M.

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

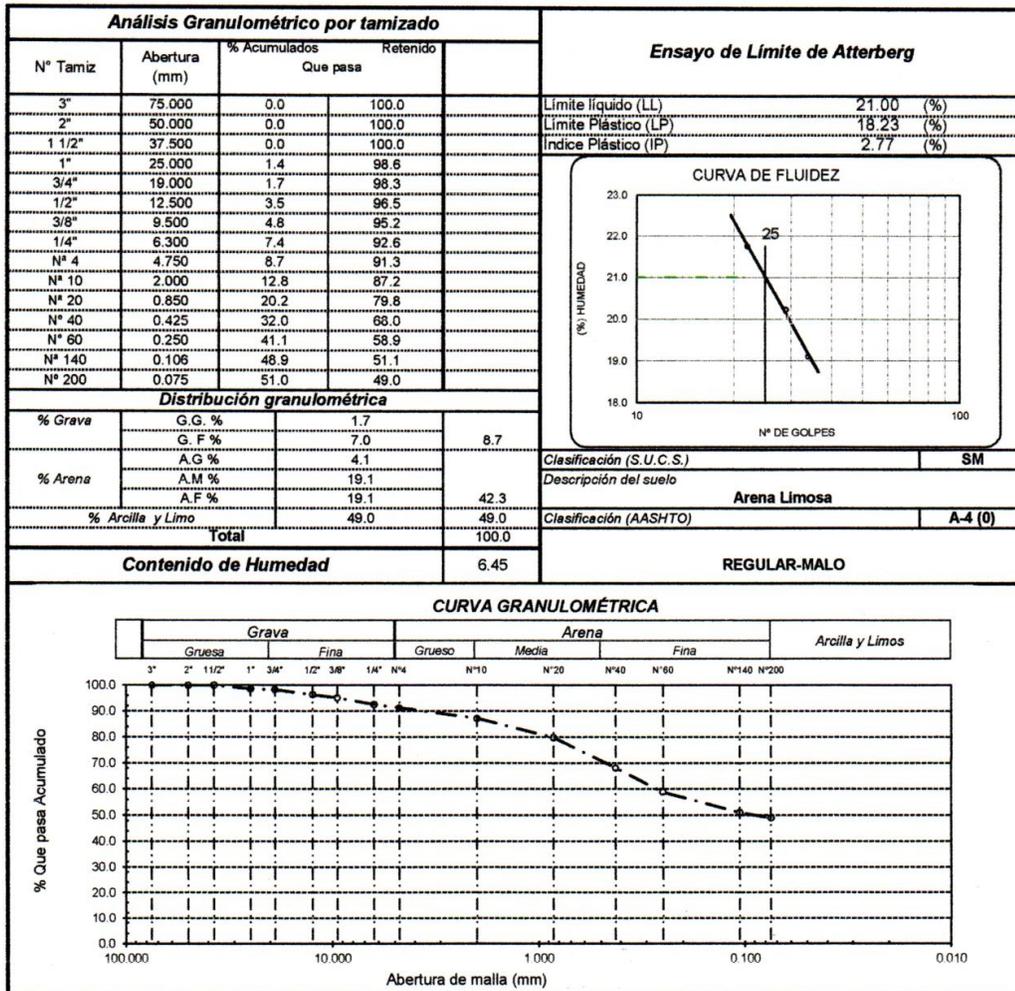
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Punto de Investigación 6+500 **Muestra:** M-1 **Profundidad:** 0.20-2.00



Observaciones:



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. César Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Punto de Investigación 7+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Limite de Atterberg															
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	Retenido																
		Que pasa																	
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P (%)														
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P (%)														
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P (%)														
1"	25.000	6.3	93.7	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE FLUIDEZ</p> </div>															
3/4"	19.000	8.2	91.8																
1/2"	12.500	11.8	88.4																
3/8"	9.500	15.8	84.2																
1/4"	6.300	20.3	79.7																
N° 4	4.750	23.5	76.5																
N° 10	2.000	42.5	57.5																
N° 20	0.850	60.3	39.7																
N° 40	0.425	80.4	19.6																
N° 60	0.250	89.5	10.5																
N° 140	0.106	91.1	8.9																
N° 200	0.075	95.7	4.3																
Distribución granulométrica																			
% Grava		G.G. %	8.2			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Clasificación (S.U.C.S.)</td> <td style="text-align: center;">SP</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Descripción del suelo</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Arena Limosa</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Clasificación (AASHTO)</td> <td style="text-align: center;">A-1-b (0)</td> </tr> </table>		Clasificación (S.U.C.S.)		SP	Descripción del suelo			Arena Limosa			Clasificación (AASHTO)		A-1-b (0)
Clasificación (S.U.C.S.)		SP																	
Descripción del suelo																			
Arena Limosa																			
Clasificación (AASHTO)		A-1-b (0)																	
		G.F. %	15.3																
		A.G. %	19.0																
% Arena		A.M. %	37.9																
		A.F. %	15.3																
% Arcilla y Limo																			
Total		100.0																	
Contenido de Humedad				6.47															
				BUENO															
CURVA GRANULOMÉTRICA																			
Grava		Arena			Arcilla y Limos														
Gruesa Fina		Gruesa Media Fina																	
3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4		N°10 N°20 N°40 N°60 N°140 N°200																	

Observaciones:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

**USS | UNIVERSIDAD
SEÑOR DE SIPÁN**
FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL-SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

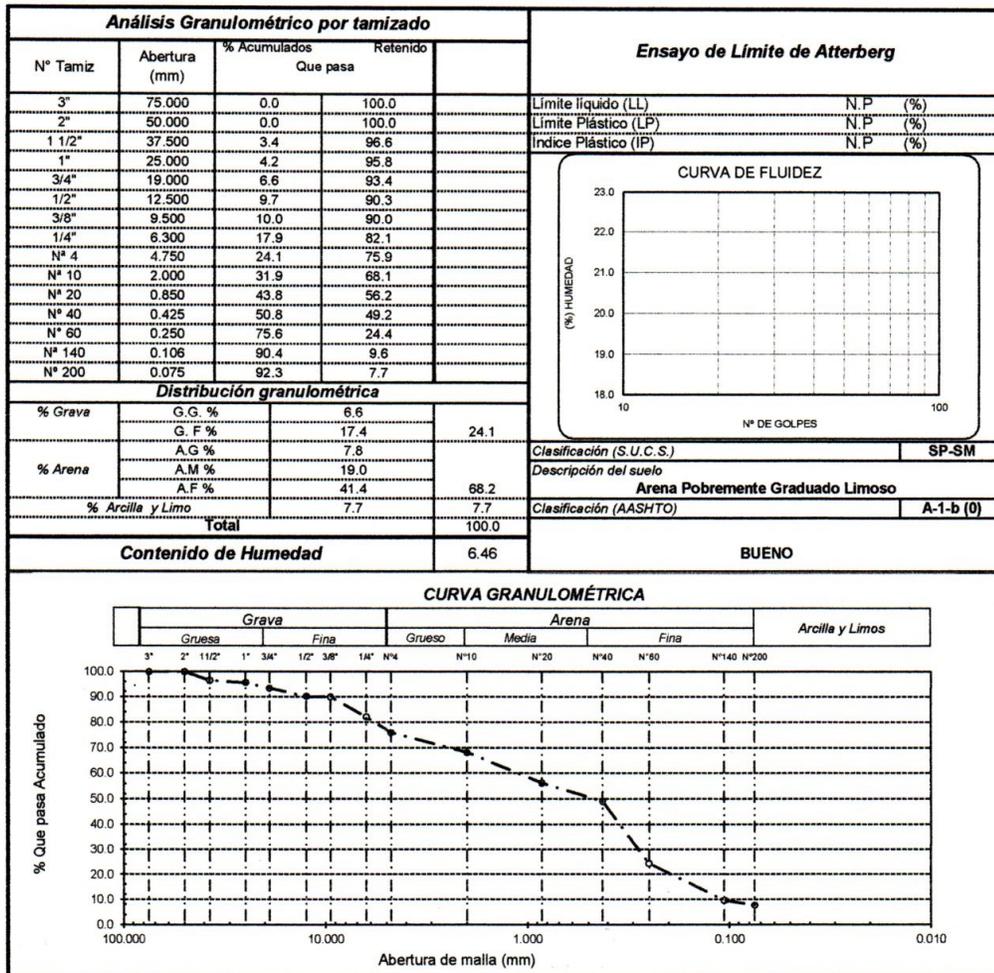
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FECHA DE ENSAYO : 15 de Mayo del 2017

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Punto de Investigación 8+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00



Observaciones:

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

TCO WILSON A. OLAZA AGUILAN
LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

Ing. Omar Coronado Zuloeta
JEFE L.E.M.

PESO ESPECÍFICO RELATIVO

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOPHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA.- LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el peso específico relativo de sólidos.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131 : 1999

Punto de Investigación : 5+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

Tabla.- Densidad Relativa del agua y Factor de conversiones K para diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9987140	0.9986244	0.9985296	0.9984347	0.9983345	0.9982343	0.9981288	0.9980233
Fac. correc. (K)	1.0005	1.0004	1.0003	1.0002	1.0001	1.0000	0.9999	0.9998

Temperatura (°C)	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9979126	0.9978019	0.9976861	0.9975702	0.9974494	0.9973286	0.9972028	0.9970770
Fac. correc. (K)	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993	0.9992	0.9991	0.9990	0.9988

Temperatura (°C)	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9969463	0.9968156	0.9966804	0.9965451	0.9964052	0.9962652	0.9962070	0.9959761
Fac. correc. (K)	0.9987	0.9986	0.9984	0.9983	0.9982	0.9980	0.9979	0.9977

Numero de la Fiola	Volumen de la Fiola	Masa de la Fiola (M _f)	Masa de la fiola + H ₂ O (M _a)
			T _i (21°C)
F - 1	250.0	118.57	368.3
F - 2	250.0	111.0	362.2

$$M_a(T_x) = \frac{\text{Densidad del agua } T_x}{\text{Densidad del agua } T_i} \times (M_a - M_f) + M_f$$

M_a : Masa de la Fiola + Agua
 M_f : Masa de la Fiola
 T_x : temperatura del ensayo
 T_i : Temperatura calibrada

				F - 1	F - 2
01	N° de fiola				
02	Masa de la fiola (M _f)			g. 366.25	362.17
03	Masa de la muestra de suelo - seco			g. 20.05	20.10
04	Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola		(2)+(3)	g. 386.30	382.27
05	Masa de la muestra + Fiola + agua			g. 378.78	374.65
06	Masa de la fiola + peso de agua	[M _a (T _x)]		g. 366.20	362.11
07	Peso específico relativo de sólidos (G _s)		[(3) / [(3) + (6)] - (5)]	g/cm ³ 2.69	2.66
08	Temperatura del ensayo (T _x)			°C 22.00	22.00
09	Factor de corrección			K 1.00	1.00
10	Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)		(7)x(9)	g/cm ³ 2.68	2.66
11	Promedio Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)			g/cm ³ 2.67	

K, Valor que se calcula dividiendo la densidad relativa del agua a la temperatura del ensayo por la densidad relativa del agua a 20°C.

Hecho por: Téc. Wilson A. Olaya Aguilar

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 I.E.F.E.L.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA - LAMBAYEQUE."

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el peso específico relativo de sólidos.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131 : 1999

Punto de Investigación : 6+500 Muestra: M-1 Profundidad: 0.20-2.00

Tabla - Densidad Relativa del agua y Factor de conversiones K para diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0	20.5	21.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9987140	0.9986244	0.9985296	0.9984347	0.9983345	0.9982343	0.9981288	0.9980233
Fac. correc. (K)	1.0005	1.0004	1.0003	1.0002	1.0001	1.0000	0.9999	0.9998

Temperatura (°C)	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9979126	0.9978019	0.9976861	0.9975702	0.9974494	0.9973286	0.9972028	0.9970770
Fac. correc. (K)	0.9997	0.9996	0.9995	0.9993	0.9992	0.9991	0.9990	0.9988

Temperatura (°C)	25.5	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0
Densidad Rel. H ₂ O	0.9969463	0.9968156	0.9966804	0.9965451	0.9964052	0.9962652	0.9962070	0.9959761
Fac. correc. (K)	0.9987	0.9986	0.9984	0.9983	0.9982	0.9980	0.9979	0.9977

Numero de la Fiola	Volumen de la Fiola	Masa de la Fiola (M _f)	Masa de la fiola + H ₂ O (M _a)
			T _i (21 °C)
F - 1	250.0	118.57	366.5
F - 2	250.0	111.0	362.7

$$M_a(T_x) = \frac{\text{Densidad del agua } T_x}{\text{Densidad del agua } T_i} \times (M_a - M_f) + M_f$$

M_a : Masa de la Fiola + Agua
 M_f : Masa de la Fiola
 T_x : temperatura del ensayo
 T_i : Temperatura calibrada

	Nº de fiola					F - 1	F - 2
02	Masa de la fiola (M _f)				g	366.50	362.70
03	Masa de la muestra de suelo - seco				g	20.00	20.00
04	Masa de la muestra de suelo seco + peso de la fiola			(2)+(3)	g	386.50	382.70
05	Masa de la muestra + Fiola + agua				g	378.90	375.30
06	Masa de la fiola + peso de agua		[M _a (T _x)]		g	366.44	362.64
07	Peso específico relativo de sólidos (G _s)			[(3) / [(3) + (6)] - (5)]	g/cm ³	2.65	2.72
08	Temperatura del ensayo (T _x)				°C	22.00	22.00
09	Factor de corrección				K	1.00	1.00
10	Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)			(7)x(9)	g/cm ³	2.65	2.72
11	Promedio Peso específico relativo de sólidos a 20°C (G _s)				g/cm ³	2.69	

K, Valor que se calcula dividiendo la densidad relativa del agua a la temperatura del ensayo por la densidad relativa del agua a 20°C.

Hecho por: Téc. Wilson A. Olaya Aguilar

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE L.E.M.

GRANULOMETRIA POR SEDIMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA - LAMBAYEQUE."

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

TÉCNICO : OLAYA AGUILAR WILSON ARTURO

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

ENSAYO : SUELO. Análisis Granulométrico por Sedimentación.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 ASTM D-422

Punto de Investigación : 5+500 **Muestra:** M-1 **Profundidad:** 0.20-2.00

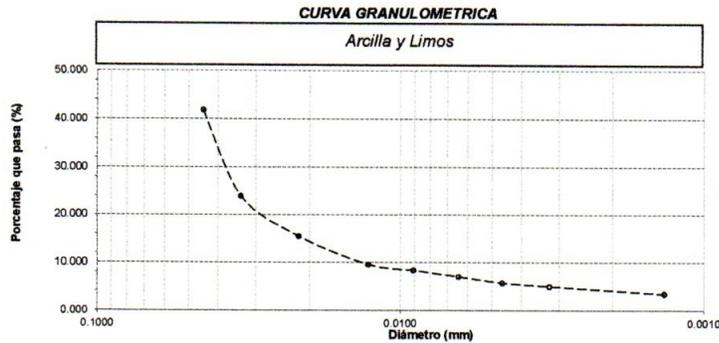
PESO DE LA MUESTRA : 50.00 gr **PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)** : 2.67 g/cm³

HORA DE INICIO : 08:30AM **LECTURA HIDROMETRO EN AGUA+DEFLOCULANTE (C)** : 5.0

LECTURA DE HIDROMETRO EN AGUA (Cm) : 0.5

CORRECCIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA (a) : 0.9954

TIEMPO (min)	Rd	T °c	Ct	Rc	P(%)	R	L(cm)	Lt (cm/min)	K	D (mm)
1	25.00	24.00	1.000	21.0000	41.806	25.50	12.100	12.1000	0.01288	0.0448
2	16.00	24.00	1.000	12.0000	23.889	16.50	13.600	6.8000	0.01288	0.0336
5	11.60	24.50	1.150	7.7500	15.428	12.10	14.290	2.8580	0.01285	0.0217
15	8.80	24.00	1.000	4.8000	9.556	9.30	14.770	0.9847	0.01288	0.0128
30	8.20	24.00	1.000	4.2000	8.361	8.70	14.860	0.4953	0.01288	0.0091
60	7.50	24.00	1.000	3.5000	6.968	8.00	15.000	0.2500	0.01288	0.0064
120	7.00	23.50	0.850	2.8500	5.674	7.50	15.100	0.1258	0.01300	0.0046
250	6.80	23.00	0.700	2.5000	4.977	7.30	15.140	0.0606	0.01312	0.0032
1440	6.00	23.00	0.700	1.7000	3.384	6.50	15.250	0.0106	0.01312	0.0014



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA I.E.M. - USS.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.

 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 JEFE I.E.M.

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA - LAMBAYEQUE."

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

TÉCNICO : OLAYA AGUILAR WILSON ARTURO

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

ENSAYO : SUELO. Análisis Granulométrico por Sedimentación.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 ASTM D-422

Punto de Investigación : 6+500 **Muestra:** M-1 **Profundidad:** 0.20-2.00

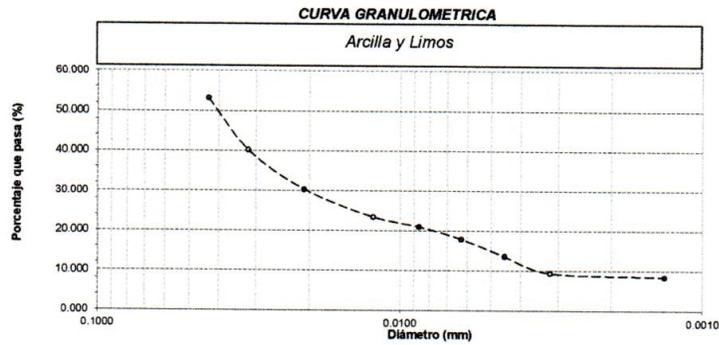
PESO DE LA MUESTRA : 50.00 gr **PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS (Gs)** : 2.69 g/cm³

HORA DE INICIO : 02:50PM **LECTURA HIDROMETRO EN AGUA+DEFLOCULANTE (C)** : 4.0

LECTURA DE HIDROMETRO EN AGUA (Cm) : 0.3

CORRECCIÓN DE GRAVEDAD ESPECÍFICA (a) : 0.9920

TIEMPO (min)	Rd	T °c	Cl	Re	P(%)	R	L(cm)	L/t (cm/min)	K	D (mm)
1	29.50	25.00	1.300	26.8000	53.169	29.80	11.420	11.4200	0.01277	0.0431
2	23.00	25.00	1.300	20.3000	40.273	23.30	12.470	6.2350	0.01277	0.0319
5	18.00	25.00	1.300	15.3000	30.354	18.30	13.270	2.6540	0.01277	0.0208
15	14.50	25.00	1.300	11.8000	23.410	14.80	13.840	0.9227	0.01277	0.0123
30	13.10	25.50	1.480	10.5800	20.990	13.40	14.120	0.4707	0.01264	0.0087
60	12.00	24.00	1.000	9.0000	17.855	12.30	14.270	0.2378	0.01287	0.0063
120	10.00	23.50	0.850	6.8500	13.590	10.30	14.640	0.1220	0.01294	0.0045
250	8.00	23.00	0.700	4.7000	9.324	8.30	14.940	0.0598	0.01307	0.0032
1440	7.50	23.00	0.700	4.2000	8.332	7.80	15.040	0.0104	0.01307	0.0013



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 TCO. WILSON A. OLAYA AGUILAR
 LABORATORISTA L.E.M. - USS.



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.
 Ing. Omar Coronado Zuloeta
 L.E.M.

ANEXO III

RESULTADOS

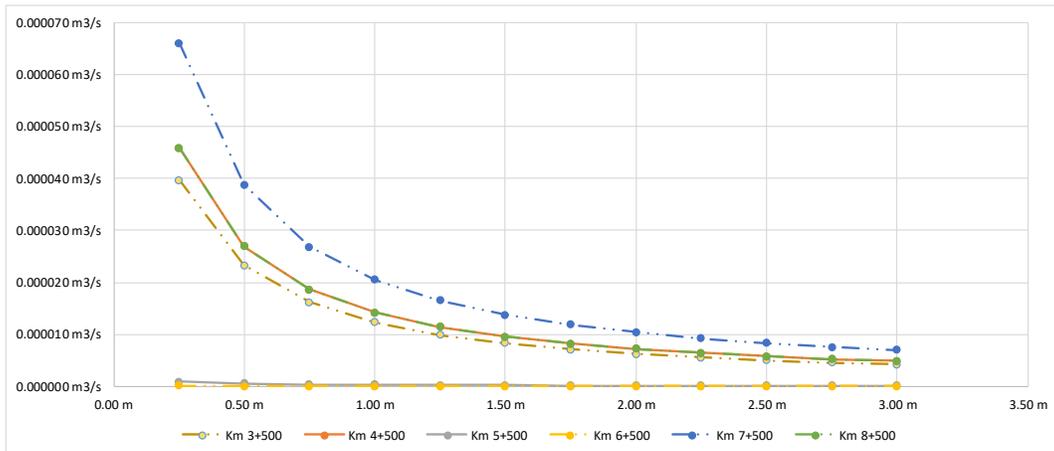
TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "
TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS
UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ

$$Q = b \left(\frac{kH^2}{l + \sqrt{l^2 + \frac{1}{3}H^2}} \right)$$

km-3+500		km-4+500		km-5+500		km-6+500		km-7+500		km-8+500	
k=	0.0001003 m/s	k=	0.0001160 m/s	k=	0.0000023 m/s	k=	0.0000001 m/s	k=	0.0001670 m/s	k=	0.0001160 m/s
H=	0.50 m										
b=	1.00 m										
L1=	0.25 m										
L2=	0.50 m										
L3=	0.75 m										
L4=	1.00 m										
L5=	1.25 m										
L6=	1.50 m										
L7=	1.75 m										
L8=	2.00 m										
L9=	2.25 m										
L10=	2.50 m										
L11=	2.75 m										
L12=	3.00 m										
Q1=	0.000040 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s	Q1=	0.000001 m3/s	Q1=	0.000000 m3/s	Q1=	0.000066 m3/s	Q1=	0.000046 m3/s
Q2=	0.000023 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s	Q2=	0.000001 m3/s	Q2=	0.000000 m3/s	Q2=	0.000039 m3/s	Q2=	0.000027 m3/s
Q3=	0.000016 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000000 m3/s	Q3=	0.000027 m3/s	Q3=	0.000019 m3/s
Q4=	0.000012 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000000 m3/s	Q4=	0.000020 m3/s	Q4=	0.000014 m3/s
Q5=	0.000010 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000000 m3/s	Q5=	0.000016 m3/s	Q5=	0.000011 m3/s
Q6=	0.000008 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000000 m3/s	Q6=	0.000014 m3/s	Q6=	0.000010 m3/s
Q7=	0.000007 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000000 m3/s	Q7=	0.000012 m3/s	Q7=	0.000008 m3/s
Q8=	0.000006 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000000 m3/s	Q8=	0.000010 m3/s	Q8=	0.000007 m3/s
Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000000 m3/s	Q9=	0.000009 m3/s	Q9=	0.000006 m3/s
Q10=	0.000005 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000000 m3/s	Q10=	0.000008 m3/s	Q10=	0.000006 m3/s
Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000000 m3/s	Q11=	0.000008 m3/s	Q11=	0.000005 m3/s
Q12=	0.000004 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000000 m3/s	Q12=	0.000007 m3/s	Q12=	0.000005 m3/s
QT=	0.000142 m3/s	QT=	0.000164 m3/s	QT=	0.000003 m3/s	QT=	0.000000 m3/s	QT=	0.000237 m3/s	QT=	0.000164 m3/s
%=	0.01422%	%=	0.01644%	%=	0.00032%	%=	0.00002%	%=	0.02368%	%=	0.01644%

TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ



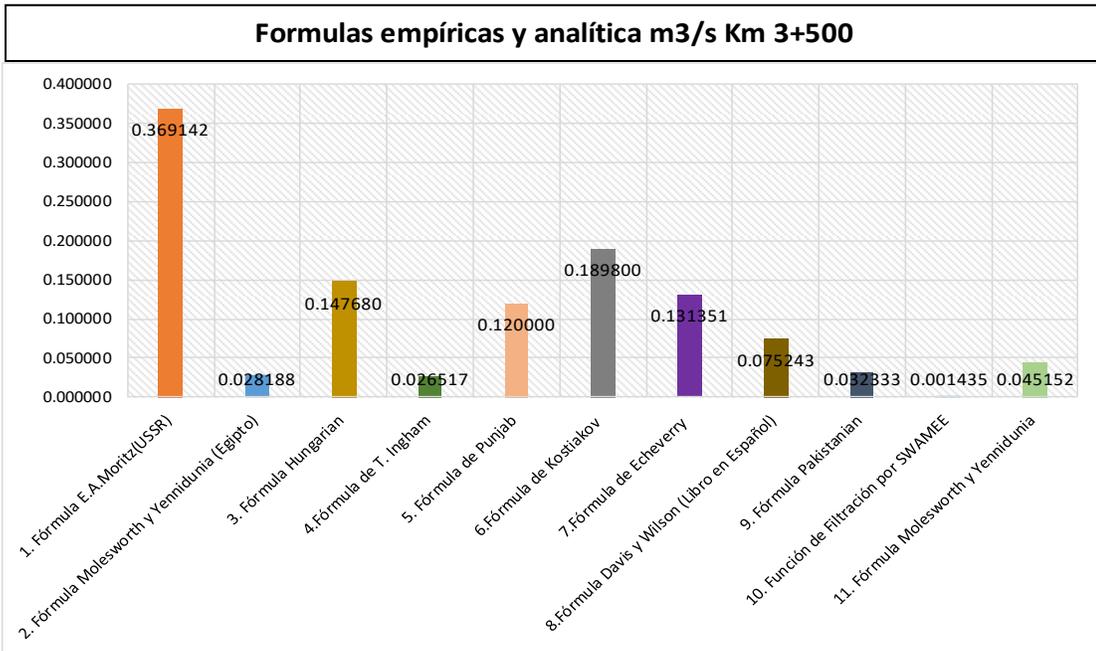
TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FÓRMULAS EMPIRICAS Y ANALÍTICAS

Formulas empíricas y analítica m ³ /s Km 3+500		
Fórmulas empíricas	1. Fórmula E.A.Moritz(USSR)	0.369142
	2. Fórmula Molesworth y Yennidunia (Egipto)	0.028188
	3. Fórmula Hungarian	0.147680
	4.Fórmula de T. Ingham	0.026517
	5. Fórmula de Punjab	0.120000
	6.Fórmula de Kostiakov	0.189800
	7.Fórmula de Echeverry	0.131351
	8.Fórmula Davis y Wilson (Libro en Español)	0.075243
	9. Fórmula Pakistanian	0.032333
	10. Función de Filtración por SWAMEE	0.001435
Fórmula analítica	11. Fórmula Molesworth y Yennidunia	0.045152



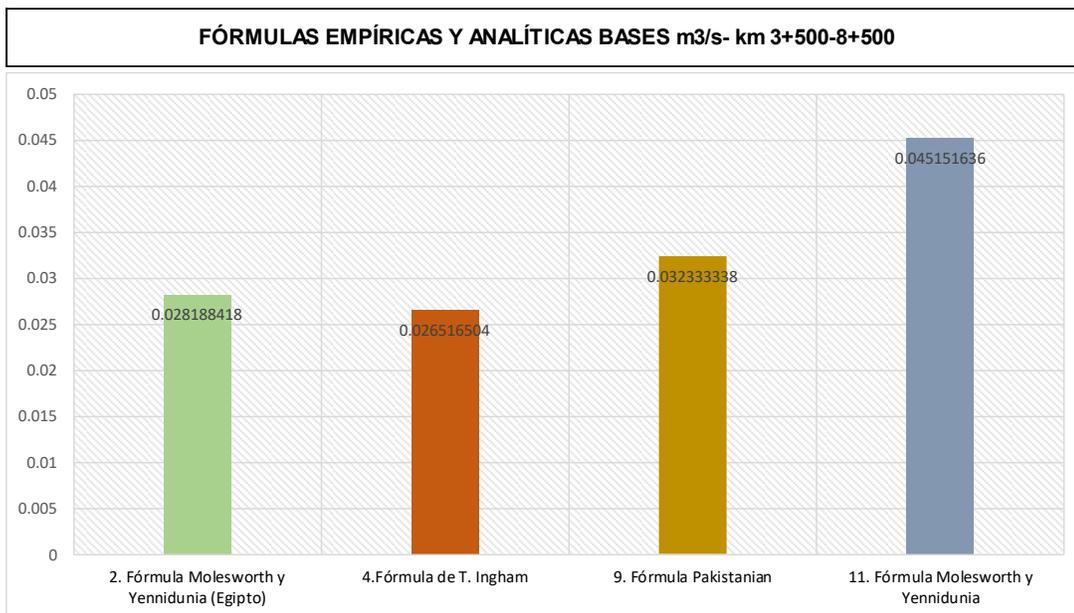
TESIS : "REDES DE FLUJO PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS EN EL CANAL POMA DE LA PROGRESIVA Km 3+500 A Km 8+500 EMPLEANDO LA TRANSFORMADA DE CHRISTOFHELL- SCHWARZ, DISTRITO DE PACORA – LAMBAYEQUE. "

TESISTA : JOSEPH MANUEL FERNANDEZ RIOS

UBICACIÓN : Distr. Pacora-Prov. Lambayeque-Dpto. Lambayeque.

FÓRMULAS EMPÍRICAS Y ANALÍTICAS BASES

Fórmulas empíricas y analítica m3/s	
Fórmulas empíricas y analítica m3/s	3+500-8+500
2. Fórmula Molesworth y Yennidunia (Egipto)	0.028188418
4.Fórmula de T. Ingham	0.026516504
9. Fórmula Pakistanian	0.032333338
11. Fórmula Molesworth y Yennidunia	0.045151636



ANEXO IV

PANEL FOTOGRAFICO

I. Ubicación del Canal Poma:

a) Puente Machuca es la entrada al canal Poma y el final de la captación.



b) Puente Pomac III, ahí comienza la captación del canal Poma.



Captación.

II. Calicatas:

a) C-1 Km 3+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

b) C-2 Km 4+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

c) C-3 Km 5+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

d) C-4 Km 6+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

e) C-5 Km 7+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

f) C-6 Km 8+500



Se observó que tenía un relleno de 20cm y el nivel freático comenzó a visualizarse a partir de 2.00m considerando el relleno.

III. Análisis granulométrico:

- a) Tomamos la muestra alterada.



- b) Se realiza el cuarteo con el fin de obtener una cantidad representativa.



- c) Se pesa la muestra en la balanza mecánica.



- d) Se deja en el horno durante 24 horas para quitarle toda la humedad (con este dato se puede determinar el contenido de humedad de la muestra alterada).



- e) Se lava la muestra en la malla N° 200 hasta quitarle casi todo el contenido de finos y se deja en el horno durante 24 horas.



- f) Luego se pesa la muestra en la balanza mecánica y después se tamiza la muestra en las mallas respectivas y se determina el peso retenido en cada malla.



IV. Limite Liquido y Limite Plastico:

Limite Plastico

- a. Seleccionamos una muestra de suelo que pase la malla N° 40 igual o mayor de 100 g, agrumamos las partículas más gruesas con una comba de goma.



- b. Mezclamos la muestra con agua destilada, y lo cubrimos con una bolsa durante 24 horas.



- c. Se sustrajo un poco de muestra y se rolo sobre una placa de vidrio, hasta tratar de alcanzar un diámetro de 3.2 mm, el bastoncillo esta acto para los ensayos cuando se ve sus grietas.



- d. Este procedimiento se hace dos veces a la misma muestra, luego se calculó el peso húmedo del suelo, el cual nos sirve para calcular el contenido de humedad de este. Después al horno durante 24 horas para después hallar su peso seco.

Luego se aplican los mismos pasos que se realizó para determinar el contenido de humedad.



Limite Liquido

- a. Seleccionamos una muestra de suelo que pase la malla N° 40 igual o mayor de 100 g, agrupamos las partículas más gruesas con una comba de goma.



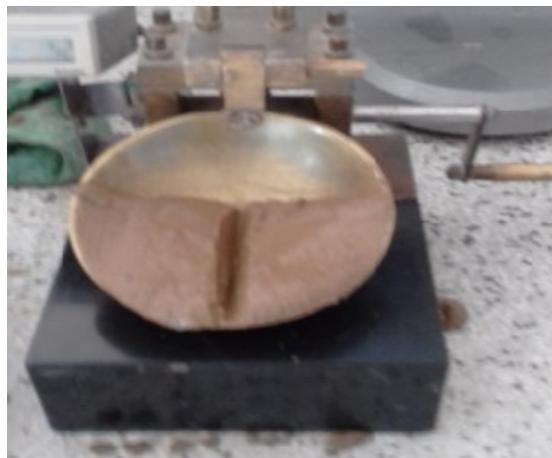
- b. Mezclamos la muestra con agua destilada, y lo cubrimos con una bolsa durante 24 horas.



- c. Después sustraemos un poco de muestra, este mismo procedimiento se repetirá pero con la única diferencia que se le agregara más agua a las que le siguen para ver la variación en la cantidad de golpes. Colocamos la muestra en la copa de Casagrande y formamos la ranura con el ranurador laminar. Accionamos la copa de Casagrande a golpes (2/s), hasta que la parte inferior del talud de la ranura cierre 1.27 cm ($\frac{1}{2}$ ").



- d. Tomamos la muestra próxima a la ranura cerrada y determinamos el contenido de humedad. Remoldamos la muestra de suelo incrementando el contenido de humedad y repetimos los pasos 3 veces por cada estrato de suelo alterado. Luego dibujar la curva de fluidez, con los resultados de N° de golpes y el contenido de humedad. Determinamos en la curva el contenido de humedad para los 25 golpes que será el límite líquido.



V. Análisis granulométrico por sedimentación:

- a) Secar la muestra en el horno, tamizar por la malla N°10 y tomar 50gr de muestra.



- b) Pesar 5.0gr de defloculante, medir 125ml de agua destilada, mezclar ambos componentes.



- c) Mezclar la solución con la muestra, se deja reposar para que el defloculante penetre en la muestra. En arenas reposa de 2 a 4 horas y en arcillas reposa 24 horas.



- d) Luego de reposar se coloca la mezcla en el cilindro de la batidora. Añadir 125ml de agua destilada. Batir la mezcla, para arenas durante 3 a 4 minutos y para arcillas durante 15 minutos.



- e) Se vierte la mezcla en el cilindro de sedimentación, se añade agua destilada hasta completar los 1000ml, se agita el cilindro con la mano por un minuto, se debe hacer 90 ciclos en ese tiempo, se coloca el hidrómetro e inicia la toma de datos, en cada lectura se lee la temperatura.



- f) Hacer ensayo de peso específico relativo de sólidos (Gs) con el material que pasa la malla N°10.



g) Se requiere como dato de lectura el hidrómetro con agua y defloculante.



ANEXO V

PLANO DE UBICACIÓN