



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: MIGUEL ANGEL LEYVA MOGOLLON

Código de alumno: 081.0204.429 Teléfono: 992 753 864

Correo electrónico: Leyva.m0190@gmail.com DNI o Extranjería: 46484822

2. Modalidad de trabajo de investigación:

- Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

- Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

**“ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA
EN CAMPO EN LA LOCALIDAD DE TINGUA - 2017”**

5. Facultad de: FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERIA AGRICOLA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: SALAS DIAZ, Abelardo Manrique Teléfono: 943 847 528

Correo electrónico: Abelardo_mad@hotmail.com DNI o Extranjería: 31609342

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: ... 

D.N.I.: 46484822

FECHA:

18	/	07	/	2019
----	---	----	---	------

UNIVERSIDAD NACIONAL

“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”

CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN CAMPO
EN LA LOCALIDAD DE TINGUA - 2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. LEYVA MOGOLLON, Miguel Angel

PATROCINADO POR:

Dr. SALAS DIAZ, Abelardo Manrique

HUARAZ, PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, nombrados por resolución N° 118-2017-UNASAM-FCA/D, luego de evaluar la tesis denominada: "ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN CAMPO EN LA LOCALIDAD DE TINGUA - 2017", presentada por el Bachiller en Ingeniería Agrícola LEYVA MOGOLLON Miguel Angel, y sustentada el día 20 de Junio del 2019, por Resolución Decanatural N° 258-2019-UNASAM-FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 20 de Junio del 2019

Ing. BAYONA ANTUNEZ, Remo Crisanto
PRESIDENTE

Ing. ESPINOZA MANCISIDOR,
Francisco
SECRETARIO

Ing. M. Sc. TINOCO MEYHUAY, Tito Moner
VOCAL

Dr. DIAZ SALAS, Abelardo
PATROCINADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de Tesis presentada por el Bachiller en Ingeniería Agrícola **LEYVA MOGOLLON Miguel Angel**, denominada: "ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN CAMPO EN LA LOCALIDAD DE TINGUA - 2017", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (*)

16 (DIECISEIS)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 20 de Junio de 2019

Ing. BAYONA ANTUNEZ, Remo Crisanto
PRESIDENTE

Ing. ESPINOZA MANC SIDOR,
Francisco
SECRETARIO

Ing. M. Sc. TINOCO MEYHUAY, Tito Moner
VOCAL

Dr. DIAZ SALAS, Abelardo
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, estas deben ser calificada con los términos de: **APROBADA CON EXCELENCIA** (19 - 20), **APROBADA CON DISTINCIÓN** (17 - 18), **APROBADA** (14 - 16) o **DESAPROBADA** (00 - 13)

DEDICATORIA

Esta tesis dedico con mucho cariño a las personas que contribuyeron para lograr uno de mis sueños importantes, por motivarme y brindarme la mano en los momentos difíciles, mi agradecimiento especial y les llevaré en mi corazón.

A mi madrecita Manuela Concepción Marzano y mi padre Juan Paulino Leyva Gutiérrez quienes con su apoyo incondicional me brindaron sus fuerzas para continuar en los momentos más difíciles de mi formación universitaria. A mis hermanos(as): Priscila, Clemencia, Vilma, Efraín, Teresa, Rodrigo y Misel, y para ti Pedro que estas en el cielo por tu apoyo incondicional y que ahora Dios te tiene en su gloria. Por amor a ellos es importante mejorar cada día de la vida.

¡Gracias a ustedes!

AGRADECIMIENTO

A mis familiares quienes fueron la fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida y en especial quiero expresar mi más gran agradecimiento a mis padres que sin ellos no hubiera sido posible cumplir mi carrera profesional.

Un agradecimiento en particular al Ing. Dr. Abelardo Díaz Salas por su orientación positiva en mi labor científica con un interés único de aportar conocimientos que contribuirán al desarrollo de nuestra profesión y de nuestra región.

A la UNASAM, por las incomparables oportunidades que me está brindado, en especial a la escuela académico profesional de Ingeniería Agrícola (EAPIA) y a los docentes por el conocimiento impartido durante mi permanencia en sus aulas.

¡Gracias!

INDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADEDICIMIENTO.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
ANEXOS.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMARY.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.1. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes del tema	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Infiltración de agua en el suelo	6
2.2.2. Conductividad hidráulica saturada	7
2.2.3. Metodologías de investigación de conductividad hidráulica.	8
2.2.3.1. Permeámetro de Guelph.....	8

2.2.3.2. Infiltrómetro de doble anillo	11
2.2.3.3. Método de Porchet.....	12
2.3. Definición de términos	14
2.3.1. Textura del suelo	14
2.3.2. Suelos arenosos	14
2.3.3. Suelos francos	15
2.3.4. Suelos arcillosos	15
2.3.5. Conductividad hidráulica	15
2.3.6. Capilaridad	15
2.3.7. Potencial Gravitacional.....	16
2.3.8. Carga Hidráulica.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Tipo de Investigación y diseño de Investigación	17
3.2. Descripción de la zona de estudio	17
3.2.1. Ubicación política.....	17
3.2.2. Ubicación geográfica:	17
3.3. Población y muestra	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información	18
3.4.1. Materiales y Equipos	18
3.5. Métodos.	19
3.5.1. Identificación del tipo de suelo	19
3.5.1.1. Determinación de la granulometría	19
3.5.1.2. Determinación del Límite Líquido	19
3.5.1.3. Determinación del Límite Plástico	20
3.5.2. Conductividad Hidráulica	20
3.5.2.1. Medición con Permeámetro Guelph	20
3.5.2.1.1. Instalación del Instrumento	20

3.5.2.1.2. Registro de Datos.....	21
3.5.2.1.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)	22
3.5.2.2. Medición con Infiltrómetro de Doble anillo	22
3.5.2.2.1. Instalación del Instrumento	22
3.5.2.2.2. Registro de Datos.....	22
3.5.2.2.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)	23
3.5.2.3. Medición por el método de Porchet.....	23
3.5.2.3.1. Instalación del Instrumento	23
3.5.2.3.2. Registro de Datos.....	23
3.5.2.3.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)	23
3.5. Trabajo en gabinete	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
4.1. Identificación de los tipos de suelo en la localidad de Tingua.....	25
4.1.1. Discusión.....	27
4.2. Estimación de la Conductividad hidráulica	28
4.3. Análisis estadístico de estimación por los métodos de permeámetro Guelph, Infiltrómetro d doble anillo y Porchet	30
4.3.1. Verificación de las diferencias de variación de la conductividad medida por los tres metodos.....	30
4.3.2. Discusión	32
4.4. Mapa temático de la estimación de la conductividad hidráulica saturada en la localidad de Tingua	34
4.4.1. Discusión.....	35
V. CONCLUSIONES	36
VI. RECOMENDACIONES	37
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	38

ANEXOS

Anexo N° 0 1: Identificación y levantamiento de información de los lugares de prueba.....	40
Anexo N° 0 2: Determinación de la textura de suelo y curva granulométrica.	42
Anexo N° 0 3: Registro de tiempo y cambio estacionario en el permemetro Guelph.	55
Anexo N° 0 4: Registro del tiempo y la infiltración parcial; y determinar la conductividad hidráulica por el método de Pochet.	65
Anexo N° 0 5: Registro del tiempo e infiltración de agua en el suelo, y cálculo de la gradiente de velocidad unitaria.	73
Anexo N° 0 6: Datos del tratamiento estadístico y diseño de bloques aleatorios.	87
Anexo N° 0 7: Anexo de panel fotográfico.	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la conductividad hidráulica, según su rapidez de su movimiento.	7
Tabla 2: Intervalos de magnitud de la conductividad hidráulica.....	7
Tabla 3: valores de alfa recomendados por Reynolds para suelos según estructura y porosidad.	9
Tabla 4: Resultados del análisis granulométrico y clasificación de suelo en la localidad de Tingua.....	26
Tabla 5: Resultados de la determinación de Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad.	27
Tabla 6: Conductividad hidráulica con permeámetro Guelph, Porchet e Infiltrómetro de doble anillo.	28
Tabla 7: Cuadro de Anva.	30
Tabla 8: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Limo Orgánico.....	31
Tabla 9: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Arcilla con Grava.....	31
Tabla 10: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Arcilla Orgánica.	32
Tabla 11: Análisis y determinación de conductividad hidraulica para suelo Arcilla Inorgánica.	32
Tabla 12: Ubicación de los lugares de prueba sistema de coordenadas utm	40
Tabla 13: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 01	42
Tabla 14: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 02.....	43
Tabla 15: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 03	44
Tabla 16: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 04	45
Tabla 17: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 05	46
Tabla 18: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 06.....	47
Tabla 19: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 07	48
Tabla 20: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 08	49
Tabla 21: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 09	50
Tabla 22: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 10.....	51
Tabla 23: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 11	51
Tabla 24: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 12.....	52
Tabla 25: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 13	53
Tabla 26: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 14.....	54
Tabla 27: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 01.....	56
Tabla 28: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 02.....	56
Tabla 29: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 03.....	58
Tabla 30: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 04.....	59
Tabla 31: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 05.....	60
Tabla 32: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 06.....	61
Tabla 33: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 07.....	61
Tabla 34: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 08.....	62

Tabla 35: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 09.....	62
Tabla 36: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 10.....	63
Tabla 37: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 11.....	63
Tabla 38: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 12.....	64
Tabla 39: Permeámetro Guelph: Tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 13 ..	64
Tabla 40: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 14.....	65
Tabla 41: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 01	65
Tabla 42: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 02	66
Tabla 43: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 03	66
Tabla 44: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 04	67
Tabla 45: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 05	67
Tabla 46: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 06	68
Tabla 47: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 07	68
Tabla 48: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 08	69
Tabla 49: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 09	69
Tabla 50: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 10	70
Tabla 51: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 11	70
Tabla 52: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 12	71
Tabla 53: Porchet: Tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 13	71
Tabla 54: Porchet: Tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 14	72
Tabla 55: Infiltrómetro de doble anillo tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 01	73
Tabla 56: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 02	74
Tabla 57: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 03	75
Tabla 58: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 04	76
Tabla 59: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 05	77
Tabla 60: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 06	78
Tabla 61: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 07	79
Tabla 62: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 08	80
Tabla 63: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica	

saturada, Prueba N° 09	81
Tabla 64: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 10	82
Tabla 65: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 11.	83
Tabla 66: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 12	84
Tabla 67: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 13	85
Tabla 68: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 14	86
Tabla 69: Datos de conductividad hidraulica por las 14 pruebas y 03 tratamientos (permeámetro Guelph, Porchet e Infiltrómetro de doble anillo.	87

INDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1: Esquema del permeámetro de Guelph,.....	10
Fig. N° 2: Geometría y símbolos para el sistema de flujo pistón.....	11
Fig. N° 3: Infiltración de agua en el pozo, método de porchet	12
Fig. N° 4: Diagrama de flujo de la elaboración de tesis	24
Fig. N° 5: Determinación de los tipos de suelo según textura en la localidad de Tingua.....	25
Fig. N° 6: Consolidado de tasa de conductividad hidráulica saturada, por los métodos de Permeámetro, Guelph, Porchet e infiltrometro de doble anillo.	30
Fig. N° 7: Mapa temático del consolidado de la tasa de conductividad hidráulica saturada en la localidad de Tingua.....	34
Fig. N° 8: Lugares donde se realizaron las pruebas de conductividad hidráulica saturada	41
Fig. N° 9: Curva granulometrica muestra N° 01	42
Fig. N° 10: Curva granulometrica muestra N° 02	43
Fig. N° 11: Curva granulometrica muestra N° 03	44
Fig. N° 12: Curva granulometrica muestra N° 04	45
Fig. N° 13: Curva granulometrica muestra N° 05	46
Fig. N° 14: Curva granulometrica muestra N° 06	47
Fig. N° 15: Curva granulometrica muestra N° 07	48
Fig. N° 16: Curva granulometrica muestra N° 08	49
Fig. N° 17: Curva granulometrica muestra N° 09	50
Fig. N° 18: Curva granulometrica muestra N° 10	51
Fig. N° 19: Curva granulometrica muestra N° 11	52
Fig. N° 20: Curva granulometrica muestra N° 12	53
Fig. N° 21: Curva granulometrica muestra N° 13	54
Fig. N° 22: Curva granulometrica muestra N° 14	55
Fig. N° 23: Realizando el levantamiento topográfico de los lugares de prueba.....	88
Fig. N° 24: Toma de muestras de suelo.....	88
Fig. N° 25: Toma de muestras de suelo.....	89
Fig. N° 26: Se hicieron agujeros con el barreno no mayor de 40 cm y diámetro 6 cm	89
Fig. N° 27: Se abrió los poros con el cepillo, volviéndolos ásperos.	90
Fig. N° 28: Se verifico la profundidad del agujero con una wincha milimétrica para el permeámetro Guelph y Porchet.	90
Fig. N° 29: Se llenó de agua el tanque del permeámetro Guelph con agua.	91
Fig. N° 30: Se levantó el tubo de aire a 5 cm para medir las variaciones de carga hidráulica a partir de ese momento en el permeámetro Guelph.....	91

Fig. N° 31: Se llenó al agujero de pozo para medir por el método de Porchet.	92
Fig. N° 32: Se Instaló el Infiltrómetro de doble anillo con comba y tabla a 10 cm el de mayor diámetro y 15 el de menor diámetro.	92
Fig. N° 33: Se verifico la correcta instalación del Infiltrómetro de doble anillo	93
Fig. N° 34: Se hizo las lecturas según la descendencia de agua en el infiltrómetro de doble anillo	93

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo estimar la conductividad hidráulica saturada en campo, una propiedad fundamental para describir los procesos de infiltración y redistribución de agua en el suelo, para determinar se usaron tres métodos de prueba comúnmente utilizados in situ: infiltrometro de doble anillo, Porchet y permeámetro de Guelph. En el campo se logró la identificación de los lugares de prueba según textura de suelo y previa coordinación con las autoridades y dueños propietarios.

La localidad de Tingua presenta suelos finos y se delimitó un área de 115.19 Has en la cual se ubicó 14 lugares de prueba. Las pruebas se hicieron en cultivos de alfalfa y maíz; para suelo Limo Orgánico 0.0094 m/día, para suelo Arcilla con Grava 0.0799 m/día, para Arcilla Orgánica 0.0076 m/día y Arcilla Inorgánica 0.0089 m/día.; y su régimen según su rapidez oscila entre una conductividad hidráulica Lenta y muy lenta.

Palabras clave: Conductividad hidráulica, Porchet, doble anillo, permeámetro Guelph, Lenta, muy lenta.

SUMARY

The present investigation aims to estimate the saturated hydraulic conductivity in the field, a fundamental property to describe the processes of infiltration and redistribution of water in the soil, to determine three test methods commonly used in situ were used: double ring infiltrometer, Porchet and Guelph permeameter. In the field, the identification of the test sites according to soil texture and previous coordination with the authorities and owners was achieved.

The locality of Tingua presents fine soils and an area of 115.19 hectares was delimited in which 14 test places were located. The tests were made on alfalfa and corn crops; for Organic Soil Litter 0.0094 m / day, for soil Clay with Gravel 0.0799 m / day, for Organic Clay 0.0076 m / day and Inorganic Clay 0.0089 m / day; and its regime according to its speed oscillates between a hydraulic conductivity Slow and very slow.

Key words: Hydraulic conductivity, Porchet, double ring, Guelph permeameter, Slow, very slow.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades.

La localidad de Tingua presenta una característica de suelos finos, permeabilidad lenta y la topografía en la parte baja es plana; y los problemas de drenaje por usar el riego por gravedad van degradando el suelo, también el empozamiento de agua de lluvias o riego generan problemas en la agricultura. Para eso uno de los parámetros más importantes para determinar el espaciamiento entre drenes y la planificación de los sistemas de riego es la estimación de la conductividad hidráulica.

Para tener mayor certeza y aproximación de resultados se hizo las pruebas en suelo saturado mediante ensayos de Permeámetro Guelph, Infiltrómetro de doble anillo y Porchet. Se identificaron cuatro tipos de suelos Limo Orgánico, Arcilla con Grava, Arcilla Orgánica y Arcilla Inorgánica.

Para estimar y determinar la conductividad hidráulica saturada se usó la clasificación según su magnitud y rapidez de (Villon, 2007) y se obtuvo los siguientes resultados para Limo Orgánico 0.0079 m/día y su régimen es muy lenta, Arcilla con Grava es 0.0759 m/día y su régimen es lenta, Arcilla Orgánica es 0.0059 m/día y su régimen es muy lenta, Arcilla Inorgánica 0.0089 m/día y su régimen es muy lenta.

1.2.Objetivos.

1.2.1. Objetivo General

- ❖ Estimar la conductividad hidráulica saturada en campo en la localidad de Tingua.

1.2.1. Objetivos específicos

- ❖ Estimar la conductividad hidráulica saturada en campo con el Permeámetro Guelph en la Localidad de Tingua.
- ❖ Verificar los resultados de conductividad hidráulica con ensayos de infiltrometro de doble anillo y Porchet.
- ❖ Generar un mapa temático de la conductividad hidráulica en el área de estudio.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes del tema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Cerana, et al. (2003) Muestran en su artículo científico que el Permeámetro de Guelph constituye una herramienta válida para la medición de Conductividad Hidráulica Saturada (Kfs) para los Vertisoles y otros suelos arcillosos agrietables, si se toman precauciones particulares; es una herramienta de uso estándar y su adopción permite comparar los valores de Kfs en suelos con distintas características texturales. Se ha comprobado la conveniencia del uso de cargas hidráulicas (H) altas, de 20 cm, para suelos de textura fina con altos contenidos de humedad.

Bastos, et al. (2003) Muestran en su artículo las variables densidad de suelo, densidad de partículas, porosidad total, macro porosidad y micro porosidad pueden ser descritas por la función densidad de probabilidad normal, y pueden ser representadas por sus parámetros estadísticos. La variable conductividad hidráulica saturada no puede ser descrita por la función densidad de probabilidad normal, por lo tanto sus parámetros no la representan.

La función densidad de probabilidad logaritmo normal es más indicada para describir los datos de la propiedad conductividad hidráulica saturada del suelo. La probabilidad de ocurrencia asociada a la distribución logaritmo normal es una alternativa para la representación de la conductividad hidráulica saturada, permitiendo al investigador avalar el error de la estimación de medidas dependientes de Ksat.

Dafonte, et al. (1999) Comprobaron en su artículo científico que la medida de la Kfs con el método del permeámetro Guelph es una técnica sencilla y relativamente rápida, teniendo cada medida una duración aproximada de 30- 40 minutos, cuando se utilizan dos cargas hidráulicas. La aparición de gran número de datos negativos con el análisis de Richards, puede indicarnos que no se cumplen las hipótesis de homogeneidad, por lo cual se deberían utilizar cargas hidráulicas más pequeñas, para solventar este problema se han utilizado otros métodos como son: Laplace, Elrick y Vieira. Como resumen de los datos analizados con estos diferentes métodos de análisis, se extrae como resultado que el análisis de Vieira tiende a producir valores medios más bajos, pero próximos a los obtenidos con Richards, siendo superiores las medias de Kfs obtenidas el método de Elrick, utilizando $\alpha^* = 12 \text{ m}^{-1}$, siendo claramente superiores los valores obtenidos con la

aproximación de Laplace, debido a que éste atribuye toda la infiltración a la componente saturada. Como inconveniente que presenta la aproximación de Vieira, se puede resaltar la necesidad de un cierto número de resultados válidos calculados con el método de Richards, para poder realizar la curva de correlación. En el caso de tener que efectuar gran cantidad de medidas puede ser recomendable utilizar el método de Elrick para el cálculo de Kfs, por su menor tiempo de ejecución, lo cual nos permitiría realizar mayor número de medidas para estudios de variabilidad espacial. El método de Elrick, se ha visto que no es excesivamente sensible a los errores cometidos en la elección de α^* .

García, et al. (2013) Muestran en su artículo científico la metodología de Guelph es, desde el punto de vista matemático, más sencilla: aunque presenta unas aproximaciones inherentes en el cálculo del factor de forma (C), los errores que pudieran introducirse en el factor de forma quedan enmascarados por la gran variabilidad de esta propiedad en campo. El método de cálculo propuesto por Reynolds y Elrick (1985) es sencillo, pero hubo que desechar muchos valores de Kfs negativos. La metodología de Philip-Dunne es más sofisticada desde el punto de vista matemático, pues requiere la búsqueda de una raíz en una ecuación no lineal y la convergencia del algoritmo empleado depende de las condiciones iniciales, por lo que es más difícil de generalizar como método de utilización fuera de investigación. Así, mientras en la metodología de Guelph se puede llevar a cabo con una calculadora o una hoja de Excel, en el caso de Philip-Dunne se requieren métodos matemáticos robustos capaces de adaptarse sin problemas numéricos de convergencia al amplio elenco de situaciones experimentales posibles. Este puede ser el inconveniente más serio a la hora de poner en práctica la nueva metodología, comparada con la anterior, ya universalmente extendida. Los autores disponen de algoritmos a disposición de actividades de investigación y docencia en las versiones de programa de ordenador y código de la aplicación Matemática.

Los resultados de conductividad hidráulica han presentado una elevada variabilidad con coeficientes de variación en un rango de 58 a 134%. Este hecho hace que las diferencias en los valores de conductividad hidráulica obtenidos con uno y otro método sean de menor importancia. En todo caso, los valores medios obtenidos con el permeámetro de Guelph fueron inferiores en las tres parcelas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Alcántara (2015) Estudia en su tesis de Doctorado las formaciones cóncavas, dependiendo de la infiltración difusa (infiltración básica entre 0.04 a 0.17 cm/h) y escorrentía de infiltración (caudales 0.17 y 12.3 L/s) y la intensidad de la precipitación, pueden mantener determinadas cantidades de agua sobre su superficie. Las acumulaciones son periódicas y no permanentes, debido a que internamente, el agua actúa como un disociador de los materiales rocosos generando inestabilidad en la base de las formaciones cóncavas. Las geoformaciones cóncavas, son procesos de formación continua que obedece al ciclo geológico, se encuentra asociado a procesos físicos y químicos zonales de gravitación continua y disolución de depósitos geológicos, los cuales son depósitos calizos, margas y calizos con otros materiales, altamente susceptibles al intemperismo, ocupando un 34% del espacio en cabeceras de cuenca del río Jequetepeque; éstos, forman hundimientos de hasta 1km de radio en forma de hondonadas, por lo que su ubicación es estratégica, permitiendo un criterio funcional de amortiguamiento de la escorrentía, detenimiento y recarga de aguas subterráneas.

La geomorfología, no es uniforme a lo largo de la cabecera de cuenca, en la parte norte, existen partes llanas a baja pendiente el 67% de los espacios se encuentra formado por lomas y colinas, con pendientes leves y la formación de pequeñas planicies. En ella se encuentran el 46% de geoformaciones cóncavas; en la parte media de la cabecera de cuenca, la pendiente es moderada, y a nivel de cabecera sur, la pendiente se torna más agreste donde el 53.8% se encuentra entre fuertemente inclinado a escarpado, la cual también está relacionado con el grado de concentración de humedad y vegetación. Las geoformaciones cóncavas, aportan el 71.11% de las precipitaciones que ocurren en los espacios de las cabeceras de cuenca, expresado en metros cúbicos, es de 1 309 593.6 m³/año. Su recarga está relacionado directamente con el área de influencia direccionando el afloramiento de las aguas subsuperficiales como escorrentía de infiltración hacia los acuíferos en un 54.44% y una recarga neta del 16.77%, que se perdería si estas geoformas cóncavas no estuviesen presentes. Si consideramos el aporte natural y el aporte artificial, se estaría generando un incremento en la recarga de agua. Tal es el caso de la geoformación cóncava (A-01) donde el aporte natural hacia los acuíferos es de 9 387.31 m³/año, considerándose como el aporte más bajo y sumándole a ello las recargas artificiales en donde se obtuvo un aproximado de 28 067.04 m³, generaría un aporte total 37 454.35 m³/anuales, evitando que las aguas excedentes durante las épocas de lluvia, generen escorrentías y se pierdan en el mar.

2.2.Bases Teóricas.

2.2.1. Infiltración de agua en el suelo

Ruiz, et al. (2004) La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración.

Entonces la capacidad de infiltración conocida también como “infiltrabilidad del suelo” es simplemente el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada, esto nos dice que la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración (o sea, el proceso es controlado por el flujo). Sin embargo existe también la posibilidad que la velocidad de aporte exceda la infiltrabilidad del suelo y en ese mismo momento ésta última es la que determina la velocidad real de infiltración; de ese modo el proceso es controlado por las características del perfil (Gurovich, 1985).

Muchos investigadores han tratado de modernizar el fenómeno de infiltración, a través de formulaciones matemáticas usando algunos supuestos y simplificaciones entre los que se puede mencionar a Horton (1 933 - 1 939), Green y Ampt (1 911), Kostiaikov (1 932), citados por Baver et al. (1973). Entre las fórmulas propuestas por estos investigadores, se destaca la ecuación de Kostiaikov:

$$L = k * T * n \quad (1)$$

Donde:

L: es la lámina infiltrada.

T: es el tiempo.

k: es un parámetro que depende de la estructura y la condición del suelo en el momento en que se aplica el agua (Gavande et al. 1 972).

n: es un parámetro que depende de los cambios de estructura del suelo, resultantes de la Mojadura (Gavande et al. 1 972).

La infiltración del agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud; lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes, esto es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de “Conductividad Hidráulica”.

2.2.2. Conductividad hidráulica saturada

Donado (2004) El movimiento del agua en el suelo se controla por dos factores: la resistencia de la matriz del suelo para fluir agua, y las fuerzas que actúan en cada elemento o unidad de agua del suelo. La ley de Darcy, la ecuación fundamental que describe el movimiento de agua en el suelo, relaciona la proporción de flujo con estos dos factores. El flujo saturado ocurre cuando la presión del agua de poros es positiva; es decir, cuando el potencial matricial del suelo es cero. En la mayoría de suelos esta situación tiene lugar cuando aproximadamente el 95% del espacio del poro total está lleno con agua. El restante 5% está lleno con el aire atrapado.

Villon (2007) La conductividad hidráulica se clasifica en distintos rangos, según rapidez de acuerdo a la Tabla 1, según intervalos y textura de suelo tabla 2.

Tabla 1: Clasificación de la conductividad hidráulica, según su rapidez de su movimiento.

Clasificación de la conductividad hidráulica.	Conductividad Hidráulica m / día
Muy lenta	< 0.03
lenta	0.03 - 0.12
Moderadamente. lenta	0.12 - 0.5
moderada	0.5 - 1.5
moderadamente rapida	1.5 - 3
Rápida	3 - 4.5
Muy rápida	> 4.5

Fuente: Drenaje - Máximo Villón Béjar

Tabla 2: Intervalos de magnitud de la conductividad hidráulica

Textura y Estructura	k (m / día)
Arena gruesa con grava	10 - 50
franco arenoso, arena fina	1 - 5
Franco, franco arcilloso bien estructurado	1 - 3
Franco arenoso muy fino	0.5 - 2
Arcilla con grietas	0.5 - 2
arena muy fina	0.2 - 0.5
Franco arcilloso, arcilloso mal estructurado	0.02 - 0.2
Arcilla compacta	< 0.002

Fuente: Drenaje - Máximo Villón Béjar

2.2.3. Metodologías de investigación de conductividad hidráulica.

2.2.3.1. Permeámetro de Guelph

García, et al. (2013) En referencia que Reynolds y Elrick, (1983) que presentaron el permeámetro de Guelph como una modificación del permeámetro presentado por Talsma y Hallam (1980). Este permeámetro consiste en un Mariotte construido con dos tubos concéntricos que actúan como depósito manteniendo la carga hidráulica constante en un hoyo practicado en el suelo. Los mismos autores desarrollaron además el procedimiento numérico para la determinación de los valores de la conductividad saturada en campo (Kfs) a partir de las mediciones de velocidad de flujo infiltrándose en estado estacionario. La medida de Kfs con el método de Guelph es una técnica sencilla y relativamente rápida, aunque requiere un esfuerzo experimental considerable en el caso de muestreos de gran cantidad de puntos.

La ecuación de Elrick et al (1989), considera para determinación del Kfs la carga hidráulica

Aplicada, la capilaridad y el potencial gravitacional.

$$Kfs = \frac{C * Q}{(2 * \pi * H^2 + \pi * \alpha^2 * C + \frac{2 * \pi * H}{a})} \quad (2)$$

Donde:

Kfs : es la conductividad hidráulica saturada a campo.

C: es un factor de la forma del bulbo de mojado adimensional.

Q es el caudal de agua medido.

H: es la carga hidráulica colocada dentro del orificio.

α : Parámetro que relaciona la textura y la estructura del suelo, se estima según la tabla N° 3.

a: es el radio del orificio.

π : Constante equivalente a 3.1415

Tabla 3: valores de alfa recomendados por Reynolds para suelos según estructura y porosidad.

Valor α	Características del suelo
0.01	Para suelos compactados, no estructurados o depósitos arcillosos lacustres o marinos
0.04.	Para suelos de texturas finas, arcillas no estructuradas
0.12	Para suelos estructurados, arcillosos a franco, arenas finas no estructuradas
0.36	Para suelos de texturas gruesas, arenosos o gravillosos, suelos muy estructurados.

Fuente: Cerana, et al 2003. Permeabilidad saturada en Vertisoles

Reynolds & Elrick (1986), recomiendan expresar el factor C mediante una solución numérica que se expresa como:

$$C = 4 * \left(\frac{1}{2} * \sin^{-1} \left(\frac{H}{2.a} \right) - \sqrt{\left(\frac{a}{H} \right)^2 + \frac{1}{4} + \frac{a}{H}} \right) \quad (3)$$

También caudal se estima según la siguiente expresión:

$$Q = \bar{R} x 35.22 \quad (4)$$

\bar{R} = Tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua (cm / min)

García, et al. (2013) El desarrollo de los dispositivos utilizados fue precedido de un trabajo con varios prototipos, acompañado de una laboriosa búsqueda de soluciones a la larga serie de problemas experimentales que surgen cada vez que se pretende poner en práctica un prototipo, aunque este se encuentre detallado en la bibliografía (Talsma 1987; Reynolds & Elrick 1983, 1986, etc.) o incluso distribuido en el mercado.

El cuerpo del permeámetro consta de dos depósitos, uno externo y otro interno, que fueron construidos con tubos de metacrilato de 80 mm de longitud, cuyos diámetros interiores y exteriores son, 74 mm y 80 mm para el depósito externo, y 20 mm y 25 mm para el depósito interno (según los estándares europeos de diámetros para este tipo de tubos).

Las tapas superior e inferior que cierran los depósitos anteriores, se mecanizaron en PVC. Para asegurar más la estanqueidad del conjunto, se utilizaron juntas tóricas y sellado con silicona en los cierres. La parte superior de los depósitos se comunica con un orificio practicado que permite el funcionamiento del Mariotte en ambos depósitos.

El Tubo Mariotte es también un estándar de metacrilato con diámetros interior y exterior de 7 mm y 10 mm, respectivamente. Dada su longitud, se construye en tres partes unidas por medio de racores neumáticos de 10 mm de diámetro, disponibles también en el mercado. Los detalles de su construcción y materiales se pueden encontrar en Antolín (2000). Se utilizaron dos cargas hidráulicas de 5 y 10 cm para todas las medidas siguiendo el procedimiento de cálculo descrito por Reynolds y Elrick (1986). Para ello es necesario además calcular el valor del factor de forma C.

Siguiendo las recomendaciones de Reynolds et al., (1985) se utilizó la expresión de CHW (Constant Head Well Permeameter), con $b=H/2$ que implica suponer que la longitud de la línea origen de presión es la mitad de la altura H de infiltración. Este método proporciona valores muy precisos de C contrastados por Reynolds et al. (1983). Se esquematiza el permeámetro Guelph en la Figura N° 1.

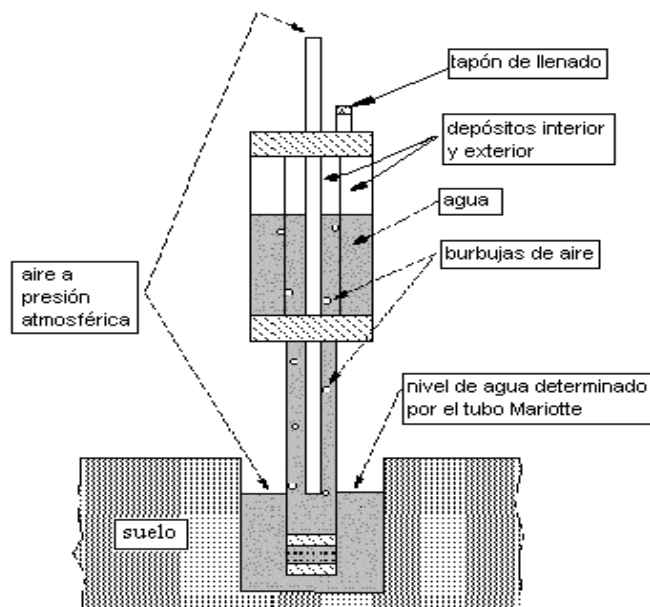


Fig. N° 1: Esquema del permeámetro de Guelph,

Fuente: Garcia, et al (2013): Comparación de los permeámetros de Guelph y Philip-dunne para la estimación de la conductividad hidráulica saturada del suelo.

El método consiste en hincar en el suelo (5 a 10 cm) dos anillos concéntricos, sin alterar el terreno, mantener una altura de agua constante en ambos anillos sobre el suelo de al menos 3 cm y medir la cantidad de agua que es necesaria entregar al cilindro interior para mantener dicha carga. El anillo exterior sirve para asegurar que el agua que se infiltra por el cilindro interior tenga un flujo preferentemente vertical.

2.2.3.2. Infiltrómetro de doble anillo

Cox (2006) La infiltración del agua en el suelo desde inundaciones superficiales puede ser descrita por la teoría de Green-Ampt (Green-Ampt, 1911), que considera que el agua infiltrada avanza como flujo pistón (conductividad hidráulica uniforme en la zona húmeda y presión constante en el frente húmedo; Bouwer, 1978) (Fig. N° 2). Aplicando la ecuación de Darcy a este sistema de flujo:

$$Vi = K_w \frac{(H_w + L_f - h_f)}{L_f} \quad (5)$$

Donde:

Vi: Tasa de infiltración

KW: Conductividad hidráulica de la zona húmeda o zona de transmisión

HW: Profundidad del agua por sobre la superficie o succión efectiva del frente mojado

hf: Presión en el frente húmedo o profundidad de agua encharcada

Lf: Profundidad del frente húmedo o mojado

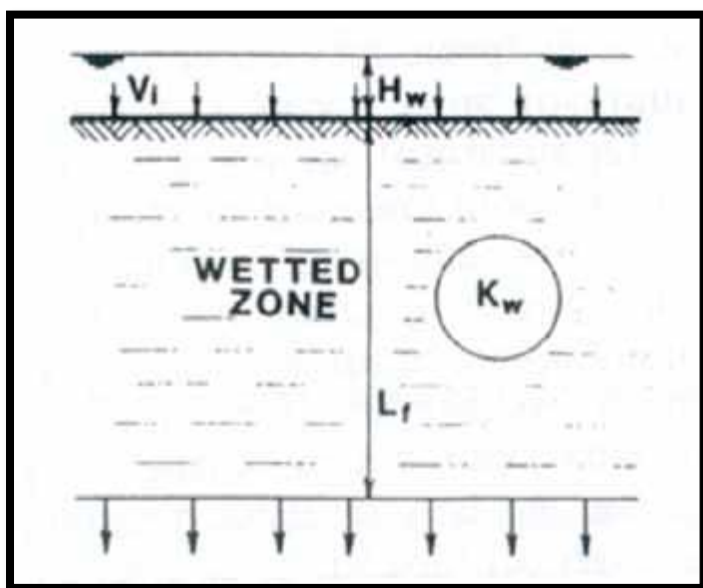


Fig. N° 2: Geometría y símbolos para el sistema de flujo pistón

Fuente: Cox (2006) Determinación de la Conductividad Hidráulica en la Zona No Saturada con el Infiltrómetro de Anillo.

Si la altura superficial de agua Hw es pequeña, después de un tiempo de infiltración, Lf va a ser mucho más grande que Hw. Por lo tanto, la ecuación (18) puede ser escrita como:

$$Vi = K_w \frac{(L_f - h_f)}{L_f} \quad (6)$$

Como no se sabe con exactitud el valor de L_f y los valores de h_f (negativos) son pequeños, se hace un supuesto más cómodo que real: El gradiente de presión es unitario (L_f/L_f). Por lo tanto:

$$V_i \sim K_w \quad (7)$$

Este supuesto se hace más razonable para suelos gruesos, que tienen valores de h_f mayores (menos negativos) que los suelos finos.

Entonces, el valor de K_w puede ser usado como una estimación de la tasa de infiltración vertical en el largo plazo, de áreas amplias y someras de agua. El supuesto de área amplia se justifica porque así el efecto de aumento de la infiltración por flujos divergentes disminuye. Otros supuestos que hay que tener en cuenta para esta aproximación son: Suelo homogéneo, sin capas intermedias, no taponado con gases ni obstrucciones (efecto clogging) y sin actividad microbiana importante.

Como raramente la zona húmeda se encuentra completamente saturada, K_w de la zona húmeda es menor que K_{fs} de la zona saturada. Algunas experiencias dicen que $K_w = 0,5.K_{fs}$ para suelos arenosos y $K_w = 0,25.K_{fs}$ para suelos más finos (Bouwer, 1978).

2.2.3.3. Método de Porchet

Luna (2005) Este método, conocido en la literatura francesa como método de Porchet (Kessler y Oosterbaan, 1977), consiste en un agujero cilíndrico, excavado en tierra, de radio y profundidad constante (Fig. N° 3), en el cual se mide el descenso del nivel del agua dentro del pozo a través del tiempo.

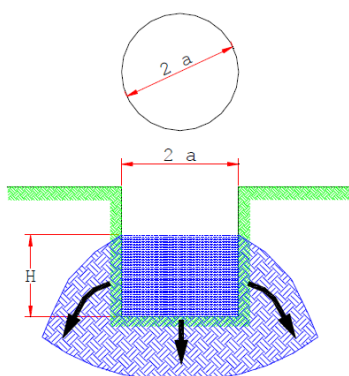


Fig. N° 3: Infiltración de agua en el pozo, método de porchet

.Fuente: Alvarado, et al. (2016) Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador

Una vez alcanzada la saturación del terreno adyacente al pozo, la velocidad de infiltración será casi constante. Bajo estas condiciones, suponiendo conductividad hidráulica constante y aplicando la ley de Darcy, la infiltración total (Q) será igual a:

$$Q = A * K_{fs} * \frac{dE}{dz} \quad (8)$$

Donde:

Q = caudal de ingreso

A: Área del orificio

Kfs = Conductividad hidráulica saturada

dE = diferencial de la zona húmeda

dz = diferencial de z o altura de variación de agua

Si se considera que el flujo que ingresa al suelo por el fondo y las paredes escurre con gradiente hidráulico unitario, la expresión queda reducida a:

$$Q = A * K_{fs} \quad (9)$$

Q = caudal de ingreso

A: Área del orificio

Kfs = Conductividad hidráulica saturada

Como el agua se infiltra tanto por las paredes como por el fondo del pozo, el área total de infiltración en un instante cualquiera ti es:

$$A(t) = 2 * \pi * a * H(t_i) + \pi * a^2$$

Donde:

H = altura de agua (10)

a = radio de orificio del pozo

π = constante pi 3.1415

Donde A(ti) es la superficie sobre la cual se infiltra el agua en el suelo en el tiempo ti [L²], a es el radio del pozo [L] y H(ti) es el nivel del agua en el pozo en el tiempo ti [L] y el caudal se expresa entonces por:

$$Q(t_i) = 2 * K_{fs} * \pi * a * (H(t_i) + \frac{a}{2}) \quad (11)$$

Q(ti) = caudal de ingreso

Kfs = Conductividad hidráulica saturada

H = altura de agua

a = radio de orificio del pozo

π = constante pi 3.1415

Por otro lado, si durante el intervalo de tiempo dt el nivel de agua desciende una altura Dh, la cantidad de agua infiltrada en el suelo es igual a:

$$Q(t_i) = -\pi * a^2 * \frac{dH}{dt} \quad (12)$$

Donde:

Q (ti) = caudal de ingreso

a = radio de orificio del pozo

dH = diferencial de la variación de altura de agua

dt = Diferencial de la variación de tiempo

Que integrando entre los límites H1 y H2, igualando las ecuaciones y despejando Kfs se obtiene:

$$K_{fs} = \frac{a}{2 * (t_2 - t_1)} * Ln \left[\frac{2 * H_1 + a}{2 * H_2 + a} \right] \quad (13)$$

Kfs = Conductividad hidráulica saturada

a = radio de orificio del pozo

H1 = altura de agua medido en el tiempo (t1)

H2 = altura de agua medido en el tiempo (t2)

T1 = tiempo medido en la altura de agua (H1)

T2 = tiempo medido en la altura de agua (H2)

2.3. Definición de términos

2.3.1. Textura del suelo

Es la proporción de arena, limo y arcilla que contiene el suelo, es un factor importante en la capacidad de retención del agua. La textura no puede ser modificada por el agricultor.

2.3.2. Suelos arenosos

Agrupar todos los suelos en los cuales la fracción arena es mayor de 70% en peso. Se les denomina de textura gruesa y se incluye en este grupo dos clases texturales: arenas y arenas francas.

2.3.3. Suelos francos

Suelos que presentan proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla. Se les denomina de textura media. Comprende siete clases texturales: franco arenoso, franco, franco limoso, franco arcillo limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso y limoso.

2.3.4. Suelos arcillosos

Suelos en los que la fracción arcilla es mayor de 40% en peso. Son suelos de textura fina. Comprende tres clases texturales: arcillo arenoso, arcillo limoso y arcilloso. El triángulo textural, está dividido en doce áreas correspondientes a las distintas clases de textura según los porcentajes en peso de arcilla, limo y arena que puede tener un suelo. Su uso ayuda a determinar la clase textural de un suelo cuando se plotea los porcentajes de arena, limo y arcilla, determinados en el laboratorio mediante el análisis correspondiente. El triángulo textural permite determinar las clases de suelos cuando se interceptan los porcentajes de arena, limo y arcilla.

2.3.5. Conductividad hidráulica

La Conductividad Hidráulica es una propiedad de los medios porosos que depende de la permeabilidad intrínseca, de la porosidad del medio y del grado de saturación que este tenga. Para evitar confusiones entre la Permeabilidad Intrínseca y la Conductividad Hidráulica, definiremos la Permeabilidad Intrínseca a continuación. La permeabilidad intrínseca define la capacidad de un medio de transmitir un fluido y esta propiedad esta únicamente en función del medio por lo que es independiente de las propiedades del fluido.

2.3.6. Capilaridad

Se denomina capilaridad al fenómeno que hace que la superficie de un fluido, al estar en contacto con un cuerpo sólido, suba o baje de acuerdo a si moja o no al elemento en cuestión. Puede afirmarse que esta propiedad es dependiente de la tensión superficial del líquido, que hace que el líquido se enfrente a una resistencia a la hora de incrementar su superficie. La tensión superficial, a su vez, se vincula a la cohesión del fluido.

De acuerdo a la tensión superficial, el líquido podrá descender o subir por el tubo capilar. Dicho fenómeno es lo que conocemos como capilaridad. Cuando la cohesión entre las moléculas resulta menor que la adhesión del fluido al tubo, el líquido moja y, por lo tanto, asciende por el conducto. Dicho ascenso continuará hasta que la tensión superficial se equilibre como consecuencia del peso del fluido.

2.3.7. Potencial Gravitacional

La forma de describir la región circundante a un centro de fuerza, o fuente del campo gravitacional, dentro de la cual esa fuerza actúa. Dicha región circundante a la fuente es un conjunto de valores vectoriales de las cuales están ligados a cada punto en el espacio en cada instante en el tiempo; sin una partícula de prueba hipotética fuera colocada en algún punto dado en un instante de tiempo específico, esta sentirá una fuerza, cuya magnitud y dirección pueden ser deducidas del valor del campo gravitacional asociado con esa posición y tiempo.

2.3.8. Carga Hidráulica

Es una medida específica de la presión del líquido por encima del plano de referencia. Por lo general, se mide como una elevación de la superficie líquida, expresada en unidades de longitud, a la entrada de un tubo piezómetro.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Investigación y diseño de Investigación

La investigación es de tipo transversal, se realizó mediciones en campo, para determinar la conductividad hidráulica saturada en cada punto de prueba se usó tres métodos diferentes como Permeámetro Guelph, Porchet e Infiltrómetro de doble anillo.

Así la investigación es de nivel explicativa, porque busca la causa de estudio en función a datos de conductividad hidráulica saturado en campo. Para el análisis de datos se hizo el análisis granulométrico para estimar la textura de suelo en cada punto de prueba, y así buscar una relación entre la conductividad hidráulica y la textura de este mismo.

3.2. Descripción de la zona de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Tingua, se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas 77°41'09.01" Longitud oeste; 9°13'12.10" Latitud Sur. Por norte limita con el caserío de Mita, por Este con el cerro Llaclash Pampa, Por el Oeste con el Rio Santa y por el Sur con el Rio Tingua Uran perteneciente al departamento de Ancash y comprende parte del territorios de la provincia de Yungay, Distrito de Mancos la Localidad de Tingua abarcando una extensión de 115.19 Has.

3.2.1. Ubicación política

- Departamento: Ancash
- Provincia: Yungay
- Distrito: Mancos
- Centro Poblado: Tingua

3.2.2. Ubicación geográfica:

✓ Coordenadas Geográficas:

- Latitud Sur: 9°13'12.10"
- Longitud Oeste: 77°41'09.01"

3.3. Población y muestra

La población es el área total de la Localidad de Tingua que equivale 115.19 Has, y se tomaron 14 lugares prueba de conductividad hidráulica y análisis de textura de suelo. Las pruebas se hicieron dentro de los meses de diciembre y febrero del 2019 en suelo saturado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de información

Se hizo la coordinación con los propietarios para el acceso a sus predios y se levantó información topográfica con GPS de los puntos identificados por conveniencia, se tomó muestras de suelo para llevarlos al laboratorio de mecánica de suelos de la UNASAM, y posteriormente se instaló los equipos como permeámetro Guelph, infiltrometro de anillo y Porchet en los lugares de prueba y se tomaron datos de tiempo vs descenso de agua a través de una tablas pre elaboradas para cada método.

3.4.1. Materiales y Equipos

3.4.1.1.Campo

a) Materiales:

- ❖ Wincha de 5mts
- ❖ Regla graduada en mm
- ❖ Nivel de mano
- ❖ Pintura
- ❖ Arco de sierra
- ❖ Cuaderno de registro
- ❖ Lapicero

b) Equipos:

- ❖ GPS.
- ❖ Permeámetro Guelph
- ❖ Infiltrometro de doble anillo
- ❖ Cámara fotográfica

3.4.1.2.Laboratorio

c) Materiales y equipos

- ❖ Probeta
- ❖ Anillo de acero
- ❖ Horno
- ❖ Balanza

3.5. Métodos.

3.5.1. Identificación del tipo de suelo

3.5.1.1. Determinación de la granulometría

1. Se identificó 14 lugares de prueba en la localidad de Tingua por conveniencia.
2. Se Coordinó con las autoridades y los propietarios de cada predio.
3. Se hizo calicatas a una profundidad 0.90 a 1.00 m.
4. Se tomó muestras de suelo a capacidad de campo y a una profundidad 0.90 a 1.00 m.
5. Se hizo cuarteo de muestras y se tomó 5 kilos aproximado.
6. La muestra se llevó al laboratorio de Mecánica de Suelos y se lavó para el análisis granulométrico.
7. Se llevó al horno a 110°C por 12 horas cada muestra.
7. Se hizo el tamizado con diferentes números de malla y se pesó para dibujar la curva granulométrica.

3.5.1.2. Determinación del Límite Líquido

1. Se toma parte del suelo que pasa por la malla N° 40, pesamos una muestra de suelo aproximado de 200 gr y añadimos agua destilada de 40 ml aproximado dependiendo de cada tipo de suelo.
2. Se preparó la pasta de suelo en la capsula, se desmonto y seco la capsula de la máquina de Casagrande, asegurándome que esté limpio y seca.
3. Se montó la capsula en su posición para el ensayo y colocar entre 10 y 15 gramos de suelo húmedo aislando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula.
4. Usando un acanalador se separó el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la capsula.
5. Se giró la manivela de manera uniforme a una velocidad de dos rev/seg; hasta que el surco se cierre en mitad de la longitud; anotar el número de golpes el número de golpes debe ser menor a 40.
6. Tome una muestra de 5 gramos de suelo de la zona donde cerro el surco y pesarla inmediato para obtener su contenido de humedad, lo que permitirá obtener un punto en el grafico semilogarítmico de humedad vs número de golpes; después puse la muestra al horno a 110°C para obtener el peso del suelo seco por un promedio de 18 a 24 horas.

3.5.1.3. Determinación del Límite Plástico

1. Se tomó una muestra de la pasta de suelo que se preparó anteriormente como ya hemos mencionado, la cual haya requerido más de 40 golpes para cerrar la ranura que se le hace el procedimiento para este ensayo.
2. Esta muestra, que se acerca más al estado plástico, se le adiciona un poco más de la muestra seca hasta alcanzar una consistencia aparentemente en estado plástico (parecida a la conocida plastilina) que no se agriete pero no con muchas grietas.
3. Con pasta preparada se procede a moldear rollitos cilíndricos de aproximadamente 1/8" mm de diámetro y 5 centímetros de longitud sobre una lámina de vidrio de superficie totalmente lisa.
4. Luego estos rollitos se colocan en dos recipientes y se pesan en una balanza de sensibilidad de 0.1 gramos y se meten a un horno en una temperatura de 100 a 110°C, por un intervalo de 24 horas aproximado.
5. Después de pasada las 24 horas se retiraron las dos muestras y se pesan, para así determinar el contenido de humedad.
6. Se tomaron dos muestras, para el promedio de los contenidos de humedad, determinar el límite plástico de las muestras.

3.5.2. Conductividad Hidráulica

3.5.2.1. Medición con Permeámetro Guelph

- Se registró su ubicación en coordenadas UTM en el sistema de coordenadas WGS 1984 empleando para ello un receptor GPS y anotadas en el formulario de campo (Tabla N° 12).
- Se registró el tipo de cobertura vegetal.

3.5.2.1.1. Instalación del Instrumento

1. Con el barreno del suelo se hizo un agujero no mayor a 40 cm y un diámetro de 6 cm; y con el entallado se perfila el agujero.
2. Con el cepillo se abrió los poros volviéndolos ásperos para volverlos un suelo casi en su estado natural después de la perforación.
3. Se hizo el montaje del trípode en la base de éste y luego insertar la cadena de seguridad a través de los orificios que se encuentran en cada una de las patas con dirección al agujero para luego sentar el cuerpo del permeámetro.

4. Se conectó el tubo de aire inferior con el tubo de aire medio, mediante la conexión de goma diseñada para unir los dos tubos. Se presiona firmemente el tubo de aire inferior contra la conexión hasta quedar lo más firme posible. La conexión de ambos tubos puede no quedar completamente rígida y tener cierta flexibilidad horizontal, lo importante es que la conexión se mantenga firme cuando el permeámetro se encuentre en la vertical.
5. Se unió el tubo de soporte con los recipientes interior y exterior, procurando que quede firmemente unido a la base de los recipientes, para evitar la entrada y salida de aire.
6. Se montó el permeámetro dentro del trípode y se lleva el soporte deslizante hasta ajustarlo en la base del trípode.
7. Se conectó el tubo de aire superior con el tubo de aire medio mediante una segunda conexión de goma.
8. Se insertó firmemente la regleta para medir el nivel de agua sobre la tapa de los recipientes. Para insertarla adecuadamente hay que tener en cuenta que el "0" en la regleta deberá estar aproximadamente 5 mm por debajo del tope de la tapa de los reservorios interior y exterior.
9. Se verifico la configuración del permeámetro en cuanto a la carga hidráulica (H)
10. Se configuro la válvula de la base del recipiente con su indicador hacia arriba.
11. El indicador de nivel de agua estuvo asentado a la base de la tapa del permeámetro.
12. El orificio para llenar el permeámetro estuvo tapado.
13. El tubo de vacío estuvo correctamente sellado.
14. Se estableció la altura del nivel de agua en el agujero.

3.5.2.1.2. Registro de Datos

1. Se levantó suavemente el tubo de aire superior hasta que el indicador de altura de agua en el pozo marque la altura deseada. En este punto se debe tener cuidado con levantar el tubo de aire muy rápidamente puesto que se pueden generar turbulencias que ocasionan erosión en las paredes y en el fondo del agujero y además puede producirse que el nivel de agua suba bruscamente rebalsando el agujero.
2. Se siguió el comportamiento del nivel de agua dentro del permeámetro, se midió el descenso o la variación de la carga hidráulica (H).

3. Se determinó la tasa de infiltración mediante el descenso de niveles en un determinado intervalo de tiempo que va desde los 5, 10 hasta los 130 minutos aproximados dependiendo del tipo de suelo que se esté estudiando. Según el formato de las tablas N° 27 al 40.

3.5.2.1.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)

1. Se determinó la tasa estacionario (R) o la infiltración de agua en el suelo en (cm/min) promedio, según el anexo 02 y las tablas 21 al 34.
2. Se determinó en valor de α según la tabla N° 3, en nuestro estudio se identificó Suelos de texturas finas y suelos compactos con valores de 0.04 y 0.01 respectivamente.
3. A partir de lo anterior se determinó el factor de forma (C), según la ecuación (3).
4. Se determinó el caudal de agua medido (Q), según la ecuación (4).
5. Al final ya teniendo todos los valores de C, Q, H y α se determina la tasa de conductividad hidráulica según Reynolds & Elrick, expresado en la ecuación (2).

3.5.2.2. Medición con Infiltrómetro de Doble anillo

- Se registró su ubicación en coordenadas UTM en el sistema de coordenadas WGS 1984 empleando para ello un receptor GPS y anotadas en el formulario de campo (Tabla N° 12)
- Se registró el tipo de cobertura vegetal.

3.5.2.2.1. Instalación del Instrumento

1. Se introdujeron los cilindros empleando una comba y golpeando un tablón puesto encima de los cilindros. Primero se introdujo el cilindro de mayor diámetro unos 10 cm dentro del suelo y luego el cilindro de menor diámetro unos 15 cm dentro del suelo.
2. Se llenó los cilindros con agua en forma rápida hasta un nivel de 10 a 15cm ambos cilindros de manera simultánea. El nivel del agua igual para los dos cilindros evitó el desplazamiento lateral del agua del cilindro interior.

3.5.2.2.2. Registro de Datos

1. Se fijó una wincha a la pared interna del cilindro de menor diámetro y se midió el nivel del agua registrándolo en el formulario de campo en el anexo 05 y las tablas 55 al 69. Se continuó midiendo el nivel del agua cada cinco minutos durante la primeros 15 a 30 minutos, posteriormente dado que las diferencias de niveles no eran significativas se midió el nivel del agua cada 10 minutos, posteriormente se cambiaron los intervalos de tiempo a 20, 30, 40, 50 minutos hasta alcanzar una saturación y una infiltración constante de agua en el suelo.

3.5.2.2.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)

1. Una vez que se tiene un cambio estacionario constante llega el suelo a la saturación y se estima la velocidad de infiltración unitaria, y esto a su vez según la ecuación (18) es igual a la conductividad hidráulica húmeda.
2. La conductividad hidráulica saturada en campo se calcula de forma directa, según (Cox,2006) la conductividad hidráulica de la zona húmeda (K_w) es igual a 0.25 K_{fs} (conductividad hidráulica saturada en campo).

3.5.2.3. Medición por el método de Porchet

3.5.2.3.1. Instalación del Instrumento

1. Ubicamos el lugar de estudio.
2. Limpiamos y excavamos el pozo de observación ($\varnothing=20\text{cm}$, $h=40\text{cm}$).
3. Colocamos el equipo de medida, afirmando su base para mejores resultados.
4. Echamos agua hasta una altura en la que se pueda medir.

3.5.2.3.2. Registro de Datos

1. Comenzamos a medir en tiempos de 5',10',20',30',40',50',60', 80'. Según anexo 04 las tablas del 41 al 54.

3.5.2.3.3. Cálculo de conductividad hidráulica (Gabinete)

1. Una vez determinados los valores de tiempo e infiltración parcial se determina la conductividad hidráulica de forma directa según la ecuación (25).

3.5. Trabajo en gabinete

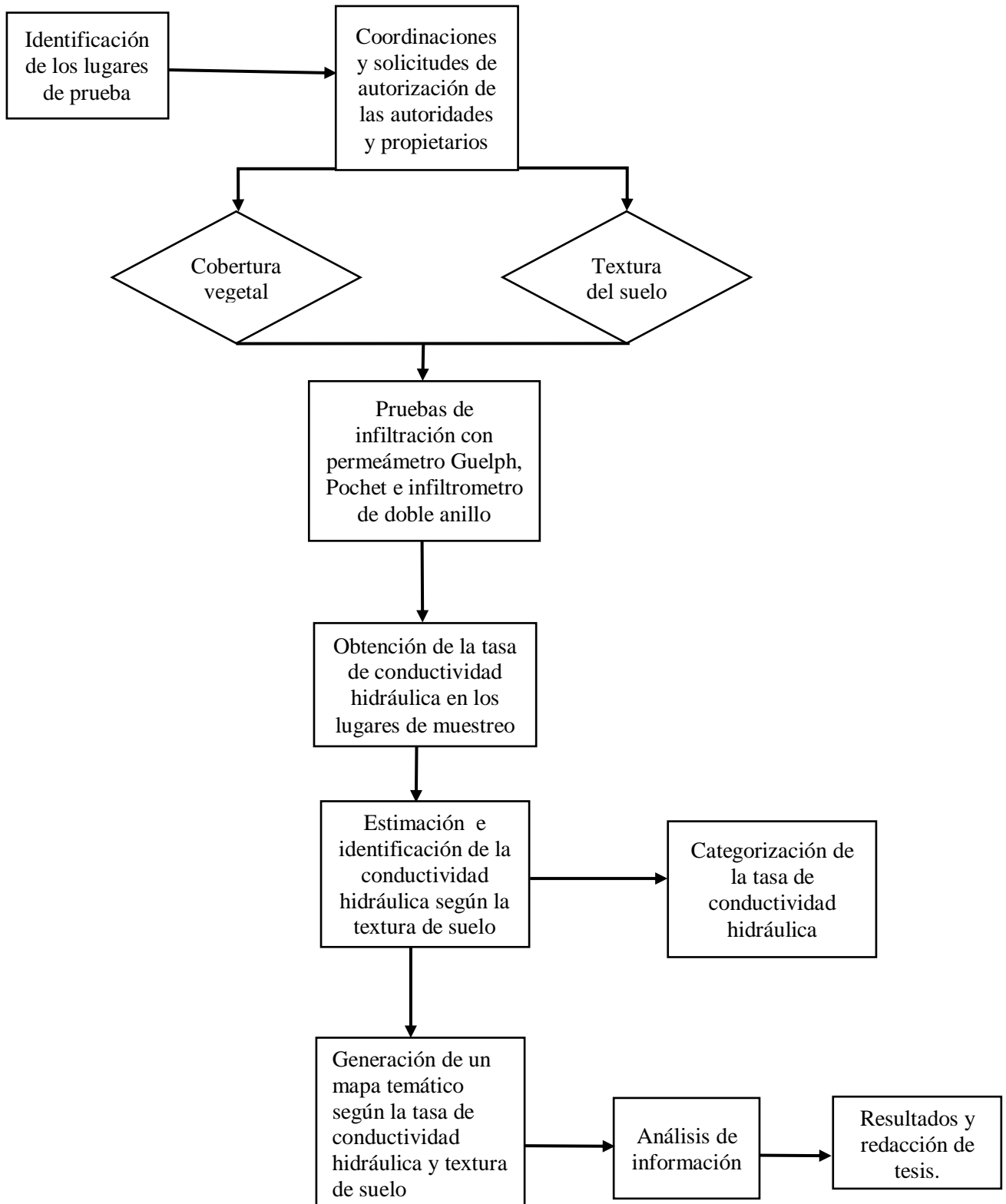


Fig. N° 4: Diagrama de flujo de la elaboración de tesis

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados son obtenidos por tres métodos diferentes como el Permeámetro Guelph, Infiltrómetro de doble anillo y Porchet.

4.1. Identificación de los tipos de suelo en la localidad de Tingua

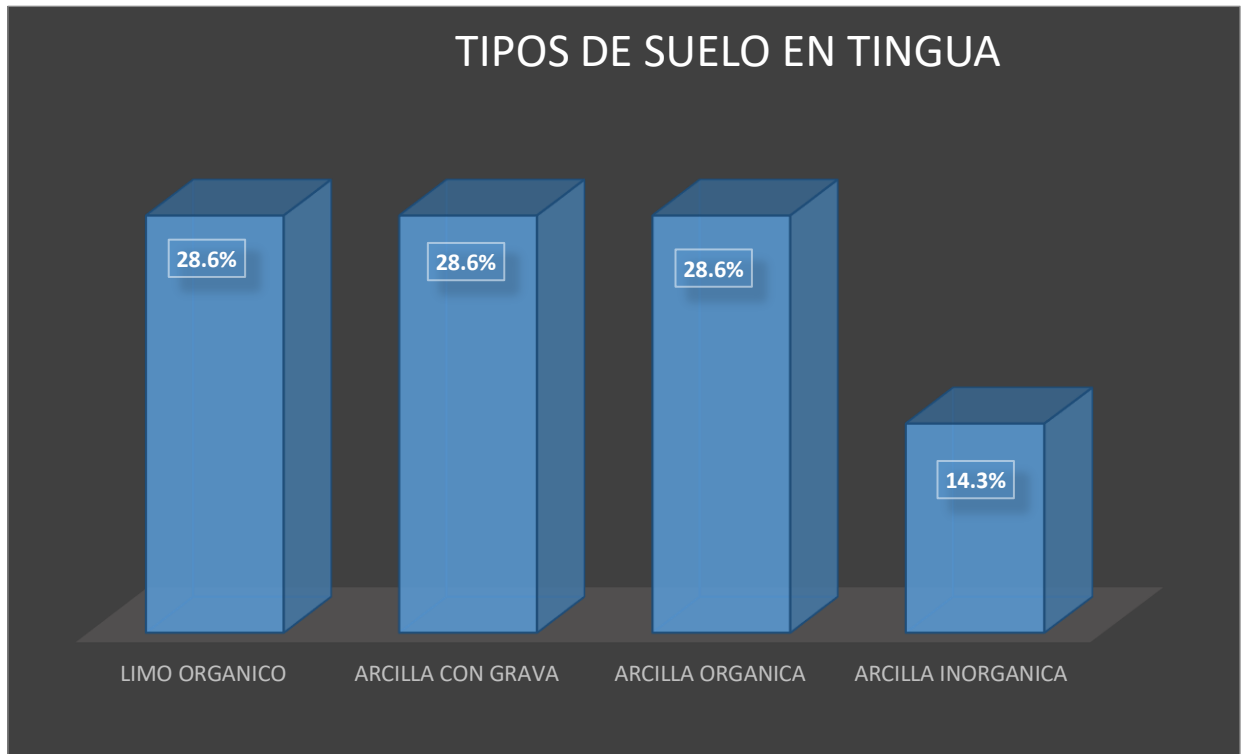


Fig. N° 5: Determinación de los tipos de suelo según textura en la localidad de Tingua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 5 se ha graficado en la ordenada el tipo de suelo y la abscisa porcentaje que representa cada tipo de suelo en la localidad de Tingua. Tenemos un 28.6% de Limo orgánico, 28.6 % de Arcilla con grava, 28.6% de Arcilla Orgánica y 14.3% de Arcilla Inorgánica

Tabla 4: Resultados del análisis granulométrico y clasificación de suelo en la localidad de Tingua.

Nº	DESCRIPCION	SIMBOLOGIA	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACION DE SUELO SEGÚN SUCS
1	PC-01	OL	5.22	30.20	58.79	LIMO ORGÁNICO
2	PC-02	CL	7.87	39.00	53.13	ARCILLA CON GRAVA
3	PC-03	CL	9.87	38.67	51.46	ARCILLA CON GRAVA
4	PC-04	OH	6.34	36.08	57.58	ARCILLA ORGÁNICA
5	PC-05	OL	11.07	35.17	53.76	LIMO ORGÁNICO
6	PC-06	CL	11.01	37.61	51.38	ARCILLA CON GRAVA
7	PC-07	OH	16.92	30.53	52.54	ARCILLA ORGÁNICA
8	PC-08	OH	18.38	30.28	51.34	ARCILLA ORGÁNICA
9	PC-09	OL	13.03	36.80	50.17	LIMO ORGÁNICO
10	PC-10	OH	13.55	28.32	58.13	ARCILLA ORGÁNICA
11	PC-11	CH	9.41	32.07	58.52	ARCILLA INORGÁNICA
12	PC-12	OL	8.35	40.62	51.03	LIMO ORGÁNICO
13	PC-13	CL	6.76	42.92	50.32	ARCILLA CON GRAVA
14	PC-14	CH	10.59	37.83	51.58	ARCILLA INORGÁNICA

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se muestra el análisis granulométrico % grava, % Arena y % de finos; y la clasificación según Sistema unificado de clasificación de suelos. Observamos que tenemos el porcentaje de finos mayor a 50%.

Tabla 5: Resultados de la determinación de Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad.

Nº	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	Limite liquido (L.L.)	Limite Plástico (L.P.)	Índice Plástico (I.P.)	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS
1	PC-01	OL	36.15	30.91	5.24	LIMO ORGÁNICO
2	PC-02	CL	32.94	4.56	28.38	ARCILLA CON GRAVA
3	PC-03	CL	41.365	9.425	31.94	ARCILLA CON GRAVA
4	PC-04	OH	65.23	52.90	12.33	ARCILLA ORGÁNICA
5	PC-05	OL	44.55	40.9	3.65	LIMO ORGÁNICO
6	PC-06	CL	45.45	6.27	39.18	ARCILLA CON GRAVA
7	PC-07	OH	58.34	46.39	11.95	ARCILLA ORGÁNICA
8	PC-08	OH	53.62	43.77	9.85	ARCILLA ORGÁNICA
9	PC-09	OL	45.211	38.76	6.45	LIMO ORGÁNICO
10	PC-10	OH	62.34	49.22	13.12	ARCILLA ORGÁNICA
11	PC-11	CH	70.35	26.79	43.56	ARCILLA INORGÁNICA
12	PC-12	OL	48.26	45.61	2.65	LIMO ORGÁNICO
13	PC-13	CL	38.45	18.79	19.66	ARCILLA CON GRAVA
14	PC-14	CH	66.94	25.01	41.93	ARCILLA INORGÁNICA

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra de la determinación de Limite Liquido, Límite plástico e Índice plástico; se observa que para suelo Limo Orgánico se tiene un índice de plasticidad menor a 6, para Arcilla con grava un índice plástico mayor a 19 y menor a 40, para Arcilla Orgánica un índice plástico mayor a 11 y menor a 14, para suelo Arcilla inorgánica mayor a 40.

4.1.1. Discusión

La localidad de Tingua presenta finos mayor a 50% presentándose entonces un tipo de suelo fino como se muestra en la figura 5 y tabla 4; contenidos de materia orgánica alta. Se puede verificar que este análisis de suelo es aproximado a los tipos de suelos descritos en el estudio de la Oner que hizo el año 1973. La variación en cuanto a las cifras de los índices de plasticidad entre los suelos Limo Organico, Arcila con Grava y Arcilla Orgánica se debe a la presencia de los coloides que se presentan en el suelo de manera involuntaria y microscópica.

4.2. Estimación de la Conductividad hidráulica

a. Resultados

1. Prueba de conductividad hidráulica y tipo de suelo.

Tabla 6: Conductividad hidráulica con permeámetro Guelph, Porchet e Infiltrómetro de doble anillo.

PUNTO DE PRUEBA	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	PERMEÁMETRO GUELPH m/día	PORCHET m/día	INFILTRÓMETRO DE DOBLE ANILLO m/día	PROMEDIO m/día
PC-01	LIMO ORGÁNICO	0.0072	0.0067	0.0192	0.0111
PC-02	ARCILLA CON GRAVA	0.0649	0.0477	0.0979	0.0702
PC-03	ARCILLA CON GRAVA	0.0590	0.0643	0.1152	0.0795
PC-04	ARCILLA ORGÁNICA	0.0096	0.0051	0.0096	0.0081
PC-05	LIMO ORGÁNICO	0.0075	0.0081	0.0115	0.0091
PC-06	ARCILLA CON GRAVA	0.0610	0.0544	0.1152	0.0769
PC-07	ARCILLA ORGÁNICA	0.0066	0.0043	0.0065	0.0058
PC-08	ARCILLA ORGÁNICA	0.0059	0.0073	0.0065	0.0066
PC-09	LIMO ORGÁNICO	0.0061	0.0129	0.0081	0.0090
PC-10	ARCILLA ORGÁNICA	0.0219	0.0039	0.0045	0.0101
PC-11	ARCILLA INORGÁNICA	0.0229	0.0070	0.0075	0.0125
PC-12	LIMO ORGÁNICO	0.0068	0.0082	0.0108	0.0086
PC-13	ARCILLA CON GRAVA	0.0534	0.1255	0.1008	0.0933
PC-14	ARCILLA INORGÁNICA	0.0071	0.0046	0.0040	0.0053

Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 6 la conductividad hidráulica estimado referenciando al permeámetro Guelph según su rapidez tenemos para suelos Limo Orgánico un mínimo 0.0061 m/día y máximo 0.0075 m/día, arcilla con Grava mínimo de 0.0534 m/día y un máximo 0.0649 m/día, Arcilla Inorgánica mínimo 0.0059 m/día y un máximo 0.0219 m/día y Arcilla Inorgánica mínimo 0.0071 m/día y un máximo 0.02290 m/día.

Del consolidado determinado por los tres métodos se tiene una conductividad hidráulica promedio para suelo Limo Orgánico 0.0094 m/día, para suelo Arcilla con Grava 0.0799 m/día, para Arcilla Orgánica 0.0076 m/día y Arcilla Inorgánica 0.0089 m/día.

b. Discusiones

1. La conductividad hidráulica estimado con el permeámetro Guelph según el tipo de suelo como indica máximo Villon en su libro de drenaje del 2007, tenemos para suelos Limo Orgánico un mínimo 0.0061 m/día y máximo 0.0075 m/día, arcilla con Grava mínimo de 0.0534 m/día y un máximo 0.0649 m/día, Arcilla Inorgánica mínimo 0.0059 m/día y un máximo 0.0219 m/día y Arcilla Inorgánica mínimo 0.0071 m/día y un máximo 0.02290.0216 m/día. Por lo que las tasas de conductividad hidráulica saturada en la Localidad de Tingua se responden al dato bibliográfico con diferencias mínimas por el tipo de suelo más específico.

4.3. Análisis estadístico de estimación por los métodos de permeámetro Guelph, Infiltrómetro d doble anillo y Porchet

4.3.1. Verificación de las diferencias de variación de la conductividad medida por los tres métodos.

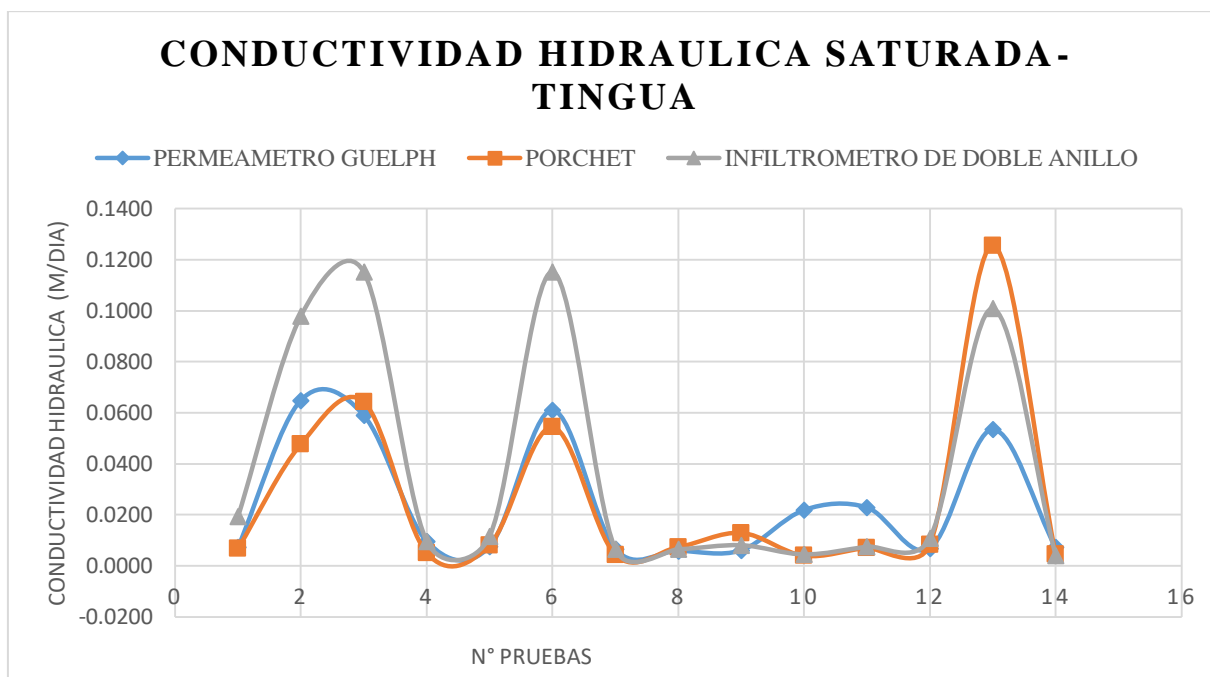


Fig. N° 6: Consolidado de tasa de conductividad hidráulica saturada, por los métodos de Permeámetro, Guelph, Porchet e infiltrómetro de doble anillo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Cuadro de ANVA

F. de V.	GL	SC	CM	Fe	Fo
Media	1	0.43271562	0.43271562		
Tratamiento	4	0.14634922	0.0365873	1.40999896	3.58010616
Error total	75	1.94613468	0.02594846		
	80	2.52519951			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Limo Orgánico.

PUNTO DE PRUEBA	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	PERMEÁMETRO GUELPH m/día	PORCHET m/día	INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO m/día	PROMEDIO m/día
PC-01	LIMO ORGÁNICO	0.0072	0.0067	-	0.0070
PC-05	LIMO ORGÁNICO	0.0075	0.0081	0.0115	0.0091
PC-09	LIMO ORGÁNICO	0.0061	-	0.0081	0.0071
PC-12	LIMO ORGÁNICO	0.0068	0.0082	0.0108	0.0086
	promedio	0.0069	0.0077	0.0101	0.0082
	DESV. ESTANDAR	0.0006	0.0008	0.0018	0.0011
	COEF. DE VARIACION	9.24%	11.01%	18.00%	12.92%

Tabla 9: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Arcilla con Grava.

PUNTO DE PRUEBA	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	PERMEÁMETRO GUELPH m/día	PORCHET m/día	INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO m/día	PROMEDIO m/día
PC-02	ARCILLA CON GRAVA	0.0649	0.0477	0.0979	0.0702
PC-03	ARCILLA CON GRAVA	0.0590	0.0643	0.1152	0.0795
PC-06	ARCILLA CON GRAVA	0.0610	0.0544	0.1152	0.0769
PC-13	ARCILLA CON GRAVA	0.0534		0.1008	0.0771
	PROMEDIO	0.0596	0.0555	0.1073	0.074
	DESV. ESTANDAR	0.0048	0.0083	0.0092	0.0040
	COEF. DE VARIACION	8.00%	15.06%	8.59%	5.41%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Análisis de Desviación Estándar y Coeficiente de Variación para suelo Arcilla Orgánica.

PUNTO DE PRUEBA	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	PERMEÁMETRO GUELPH m/día	PORCHET m/día	INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO m/día	PROMEDIO m/día
PC-04	ARCILLA ORGÁNICA	0.010	0.0051		0.0073
PC-07	ARCILLA ORGÁNICA	0.007	0.0043	0.0065	0.0058
PC-08	ARCILLA ORGÁNICA	0.006		0.0065	0.0062
PC-10	ARCILLA ORGÁNICA		0.0039	0.0045	0.0042
	promedio	0.0074	0.0045	0.0058	0.006
	DESV. ESTANDAR	0.0020	0.0006	0.0012	0.0013
	COEF. DE VARIACION	26.97%	12.93%	20.04%	22.10%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Análisis y determinación de conductividad hidraulica para suelo Arcilla Inorgánica.

PUNTO DE PRUEBA	CLASIFICACIÓN DE SUELO SEGÚN SUCS	PERMEÁMETRO GUELPH m/día	PORCHET m/día	INFILTROMETRO DE DOBLE ANILLO m/día	PROMEDIO m/día
PC-11	ARCILLA INORGANICA	0.0229	0.0070	0.0075	0.0125
PC-14	ARCILLA INORGANICA	0.0071	0.0046	0.0040	0.0053
	PROMEDIO	0.0150	0.0058	0.0058	0.0089

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Discusión

1. Según la tabla 6 y fig. N° 7, se verifica que las tasas de conductividad hidráulica determinado por los tres métodos hay una relación lineal o similitud entre los tres métodos de Permeámetro Guelph, Porchet e infiltrometro de doble anillo; con diferencias mínimas entre los tres.

2. Según la tabla 7, análisis de varianza se tiene que $F_e = 1.41$ menor que $F_o = 3.58$, no existe mayor diferencia significativa entre los tres métodos y se puede aplicar cualquiera de los tres métodos en la Localidad de Tingua para determinar la conductividad hidráulica.
3. Para suelo de tipo **Limo Orgánico**, en la tabla 6 y prueba N° 01 se verifica que la prueba Infiltrómetro de doble anillo se aleja del promedio, del mismo modo en la prueba N° 09 de Porchet por lo tanto se descarta los ambos datos. Y según la tabla 8 se tiene un coeficiente de variación para el Permeámetro Guelph es 9.24% por lo tanto el promedio es **altamente representativo**, para Porchet es 11.01% y para el Infiltrómetro de doble anillo 18.92% por lo tanto en promedio en ambos casos es **muy representativo**.
4. Para suelo de tipo **Arcilla con Grava**, en la tabla 6 y prueba N° 13 se verifica en la prueba de Porchet la conductividad hidráulica estimada se aleja del promedio por lo tanto se descarta. Según la tabla 9 tenemos un coeficiente de variación que para el Permeámetro Guelph es 8.00% por lo tanto el promedio es **altamente representativo**, para Porchet 15.06% y el promedio es **muy representativo**, para el Infiltrómetro de anillo 8.59% por lo tanto el promedio es **altamente representativo**.
5. Para suelo **Arcilla Orgánica**, en la tabla 6 y las pruebas 04, 08 y 10 las pruebas de infiltrómetro de doble anillo, Porchet y Permeámetro Guelph se alejan del promedio por lo que se descarta para la estimación final de la conductividad hidráulica. Según la tabla 10 tenemos un coeficiente de variación que para el Permeámetro Guelph es 26.97% el promedio es **representativo**, para Porchet 12.93% el promedio es **muy representativo**, para el Infiltrómetro de anillo 20.04% el promedio es **representativo**.
6. Según la tabla 11 no se puede estimar el coeficiente de variación debido a que solo se tiene dos datos, en este caso para el obtener la conductividad hidráulica optaremos por el promedio.

4.4. Mapa temático de la estimación de la conductividad hidráulica saturada en la localidad de Tingua

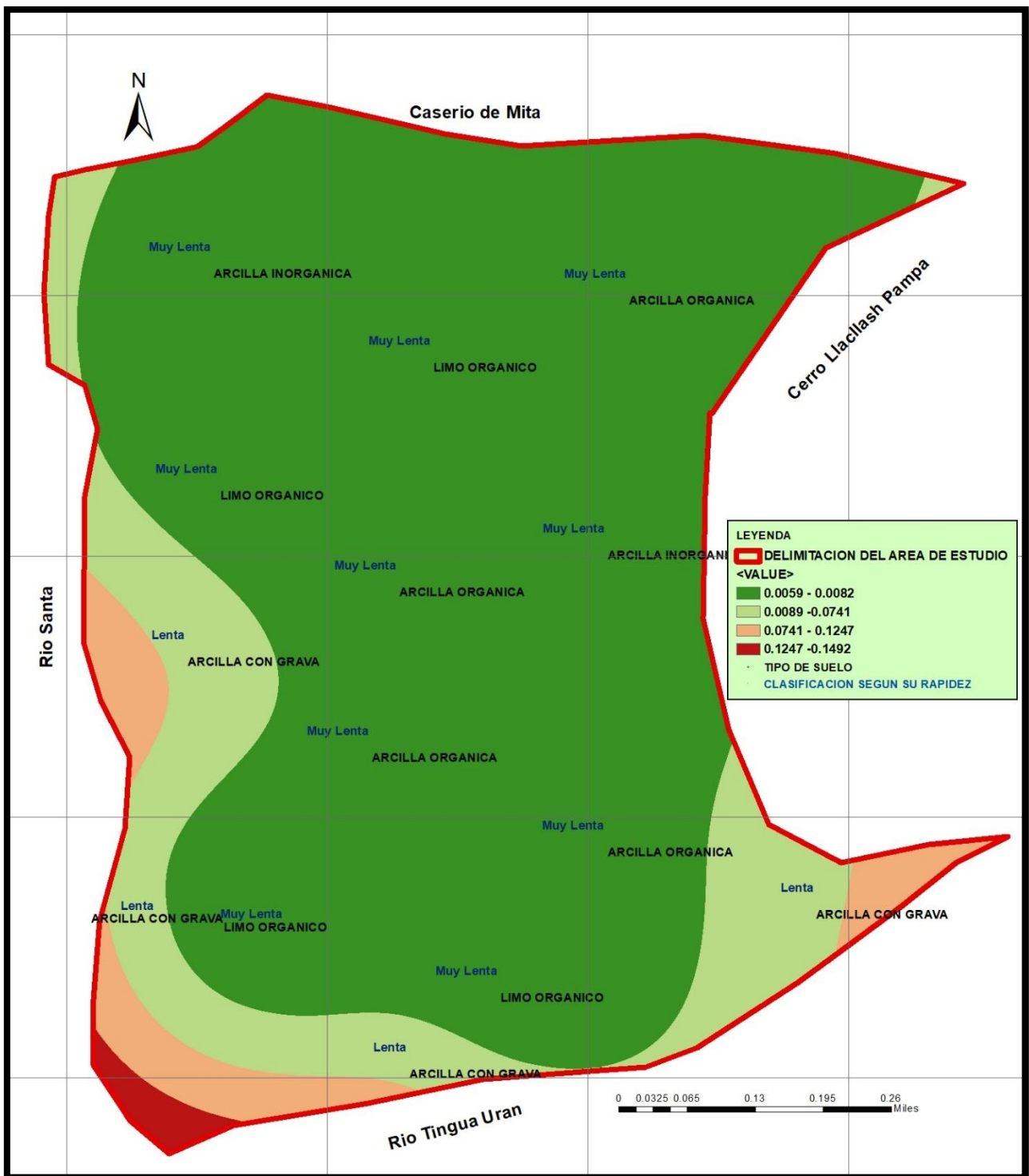


Fig. N° 7: Mapa temático del consolidado de la tasa de conductividad hidráulica saturada en la localidad de Tingua.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 8 se muestra un mapa bajo la interpolación Spline sobre las tasas de conductividad hidráulica saturada en la localidad de Tingua.

4.4.1. Discusión

La localidad de Tingua presenta una conductividad hidráulica lenta y muy lenta según su rapidez, se observa en la figura N° 8 la tasa es mayor cercanas a las orillas del Rio Santa y Uran Tingua. La mayoría de la localidad según tabulaciones de aplicación Spline presenta un suelo fino y una tasa de conductividad hidráulica que varía entre 0.0059 y 0.1492.

V. CONCLUSIONES

- 5.1.** En la localidad de Tingua se identificó 04 tipos de suelo Arcilla con Grava, Limo Orgánico, Arcilla Orgánica y Arcilla Inorgánica.
- 5.2.** La conductividad hidráulica saturada, estimada con el permeámetro Guelph en la localidad de Tingua según tipo de suelo tenemos para Arcilla con Grava 0.0596 m/día, Limo Orgánico 0.0069 m/día, Arcilla Orgánica es 0.0074 m/día y Arcilla Inorgánica 0.0150 m/día.
- 5.3.** En la determinación y verificación de la conductividad hidráulica se comprueba que los métodos de infiltrometro de doble anillo y porchet se asemejan al método de permeámetro Guelph, resultando que no existe diferencia significativa entre los tres métodos según análisis de coeficientes de variación ($F_e = 1.41$ menor que $F_o = 3.58$).
- 5.4.** Del mapa temático Figura 7 y análisis de datos se concluye que en la localidad de Tingua, la conductividad hidráulica saturada promedio es 0.0243 m/día y su régimen según sus rapidez es lenta. También se estima que para suelo Limo Orgánico su conductividad hidráulica saturada es 0.0082 m/día y su régimen es muy lenta, Arcilla con Grava es 0.0741 m/día y su régimen es lenta, Arcilla Orgánica es 0.0059 m/día y su régimen es muy lenta, Arcilla Inorgánica 0.0089 m/día y su régimen es muy lenta.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Para determinar la conductividad hidráulica, se recomienda primero hacer el análisis y clasificación de suelo del área de estudio según muestreo o lugares identificados hacer la prueba.
- 6.2. Para clasificar correctamente y no alterar propiedades de textura, tomar muestras de suelo en su estado natural.
- 6.3. En forma general se recomienda usar el permeámetro Guelph para la estimación de la conductividad hidráulica debido a que es más práctico su instalación y medición, según análisis estadístico los coeficientes de variación entre sus resultados nos arroja que son representativos.
- 6.4. Se recomienda hacer dos o tres repeticiones de prueba de cada método, y así evitar errores en la determinación de la conductividad hidráulica.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alcántara.2015.** Modelo de geoformaciones cóncavas para recargas de agua subterránea en cabeceras de cuenca del río Jequetepeque, Cajamarca. Universidad Nacional Agraria la Molina. Escuela de Posgrado. Lima, Peru.
- Alvarado C.; Barahona M. (2016).** Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la cuenca de río Suquiapa. El Salvador: Escuela de Física, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador.
- Barbecho J.; Calle J. . (2012).** Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la Sub cuenca del Río Tarqui. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Barreto. 2011.** Evaluación de la erosión hídrica en áreas con zanjas de infiltración. Ministerio de Agricultura- programa de desarrollo productivo agrario rural .Lima, Perú. (Onern, 1973)
- Bastos M. y Oliveira S. 2003.** Densidad de probabilidad como herramienta en la caracterización de la conductividad hidráulica saturada de los suelos. Universidad Federal de Lavras. Departamento de Ciencia do Solo. C.P. 37, Campus Universitario, Lavras, Minas Gerais, Brasil. 2Universidade do Estado de São Paulo.
- Bouwer, H. (1986).** Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. U.S. Water Conservation Laboratory, ARS, USDA. Phoenix Arizona.
- Cerana J.; Pablo F.; Fontanini J.; Duarte O.; Rivarola S.; Diaz E.; Benavides R. 2003.** Permeabilidad saturada en Vertisoles, Uso del Permeámetro Guelph. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina.
- Cox, C. (2006).** Determinación de la Conductividad Hidráulica en la Zona No Saturada con el Infiltró metro de Anillo. Santiago: Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile.
- Dafonte J.; Valcárcel M.; Neira S. y Paz A. 1999.** Análisis de los métodos de cálculo de la conductividad hidráulica saturada de campo medida con permeámetro Guelph. Dpto. Enxeñería Agroforestal. Escola Politécnica Superior. Universidad. Santiago de Compostela. Campus Universitario. 27002 Lugo.
- Dieleman P.; Christopher J.; Westcot D.; Hotes F. 1985.** Elementos para el proyecto de Drenajes. Estudio FAO Riego y Drenaje. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Donado. 2004.** Modelo de conductividad hidráulica en suelos (Tesis de maestría).

Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola,
Ciudad Universitaria, Bogotá D.C. Colombia.

FAO. 1997. Medición sobre el terreno de la Erosión Hídrica del Suelo y de la Escorrentía.
Boletín N° 68 de Suelos de la FAO.

García D.; Regalado C.; Muñoz R.; y Álvarez J. 2013. Comparación de los
Permeámetros de Guelph y Philip-dunne para la estimación de la conductividad
hidráulica saturada del suelo. Servicio de Investigación y Tecnología Agraria, Junta
de Castilla y León, Apdo 172, 47080- Valladolid.

Heliodoro. 1986. Potencial del Agua del Suelo. REVISTA FACULTAD NACIONAL DE
AGRONOMIA VOL. XXXIX -No. 2 -1986.

Luna D.; Sanchez C.; Muñoz P. (2005). Metodos para medir la conductividad hidraulica
saturada de campo. Santiago. Pontificia Universidad Catolica de Chile.

Reina, J. (2004). Potencial Gravitacional, Densidad Superficial y velocidad circular para
modelos planos de galaxias. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander,
Facultad de Ciencias, Escuela de Fisica.

Reynolds, Elrick. 1983. A reexamination of the constant head well permeameter method
for measuring saturated hidraulic conductivity above the water table. Soil Sci. 136 (4):
250-268.

Ruiz E.; Crispín A.; Noemí C.; Octavio y María C. 2004. Infiltración de agua en el
suelo con diferentes usos. Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos - Facultad de
Ciencias Agrarias – UNNE. Sargento Cabral 2131 -3400 - Corrientes. Argentina.

Soil Moisture Equipment Corp. 2800 K1 operating instructions. Soil moisture equipment
Corp. Santa Barbara, CA. 27 pp, 1991.

Villon, M. (2007). Drenaje. Costa Rica. Editorial Tecnologica de CR.

ANEXOS

Anexo N° 0 1: Identificación y levantamiento de información de los lugares de prueba.

Tabla 12: Ubicación de los lugares de prueba sistema de coordenadas UTM

N°	DESCRIPCIÓN	ESTE(X)	NORTE (Y)	ALTITUD (msnm)
1	PC-01	204636.12	8979433.20	2504
2	PC-02	204482.00	8979446.00	2486
3	PC-03	204921.00	8979208.00	2529
4	PC-04	205258.00	8980395.00	2637
5	PC-05	205061.00	8979325.00	2554
6	PC-06	205546.00	8979452.00	2613
7	PC-07	205225.00	8979548.00	2578
8	PC-08	204863.00	8979693.00	2511
9	PC-09	204631.00	8980095.00	2508
10	PC-10	204906.00	8979947.00	2562
11	PC-11	204621.00	8980436.00	2531
12	PC-12	204958.00	8980292.00	2603
13	PC-13	204581.00	8979840.00	2483
14	PC-14	205226.00	8980004.00	2615

Fuente: Elaboración propia.

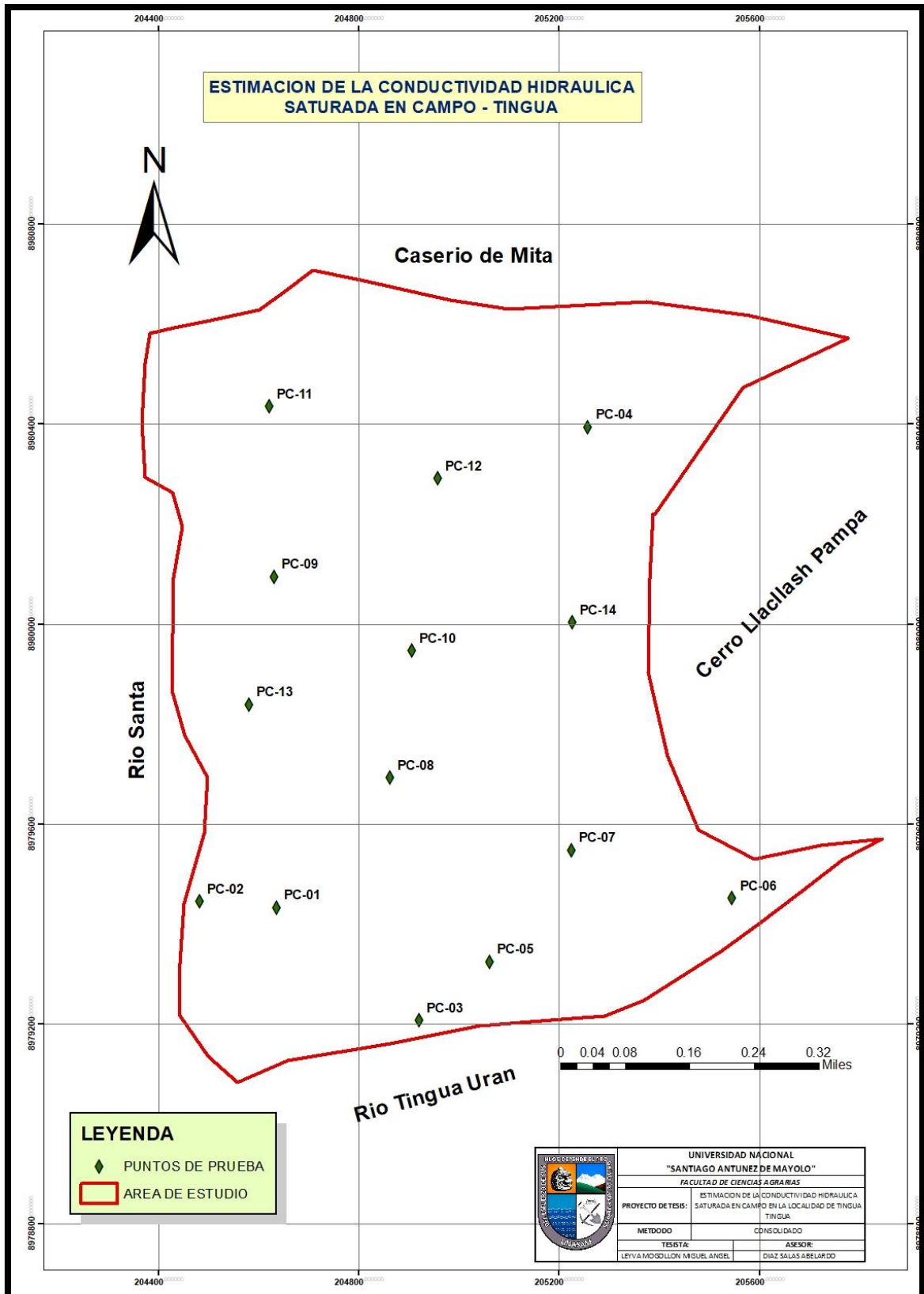


Fig. N° 8: Lugares donde se realizaron las pruebas de conductividad hidráulica saturada

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 2: Determinación de la textura de suelo y curva granulométrica.

Tabla 13: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 01

PESO INICIAL SECO 2514.26 grs
 PESO LAVADO SECO 1036.04 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	94.78
3/4"	19.050	39.56	1.57	1.57	98.43	% QUE PASA N° 20	64.57
3/8"	9.525	34.13	1.36	2.93	97.07	L.L.	36.15
N° 4	4.760	57.64	2.29	5.22	94.78	L.P.	30.91
N° 8	2.380	44.46	1.77	6.99	93.01	I.P.	5.24
N° 16	1.190	80.82	3.21	10.21	89.79	D10	
N° 30	0.590	158.42	6.30	16.51	83.49	D30	
N° 50	0.297	212.74	8.46	24.97	75.03	D60	
N° 100	0.149	176.41	7.02	31.98	68.02	Cu	
N° 200	0.074	86.51	3.44	35.43	64.57	Cc	
< N° 200	0.000	145.35	5.781025	41.21	58.79	W (%)	
TOTAL		1036.04	41.21			GRAVA (%)	5.22
						ARENA (%)	30.20
						FINOS (%)	58.79

Fuente: Elaboración propia.

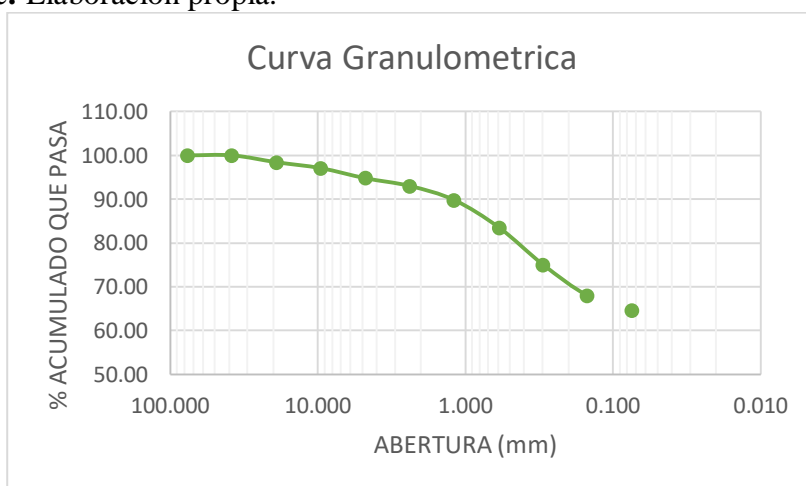


Fig. N° 9: Curva granulométrica muestra N° 01

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 02

PESO INICIAL
SECO 2045.26 grs
PESO LAVADO
SECO 958.59 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
						% QUE PASA	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	92.13
3/4"	19.050	14.11	0.69	0.69	99.31	% QUE PASA N° 20	53.13
3/8"	9.525	56.21	2.75	3.44	96.56	L.L.	32.94
N° 4	4.760	90.65	4.43	7.87	92.13	L.P.	4.56
N° 8	2.380	92.32	4.51	12.38	87.62	I.P.	28.38
N° 16	1.190	150.23	7.35	19.73	80.27	D10	
N° 30	0.590	148.12	7.24	26.97	73.03	D30	
N° 50	0.297	192.65	9.42	36.39	63.61	D60	
N° 100	0.149	121.65	5.95	42.34	57.66	Cu	
N° 200	0.074	92.65	4.53	46.87	53.13	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	46.87	53.13	W (%)	
TOTAL		958.59	46.87			GRAVA (%)	7.87
						ARENA (%)	39.00
						FINOS (%)	53.13

Fuente: Elaboración propia.

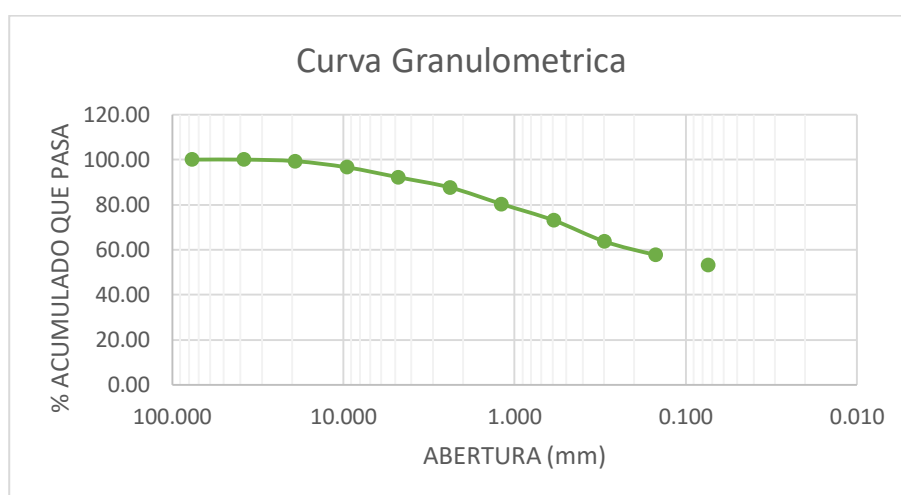


Fig. N° 10: Curva granulométrica muestra N° 02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 03

PESO INICIAL
 SECO 3951.24 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1918.01 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	90.13
3/4"	19.050	20.59	0.52	0.52	99.48	% QUE PASA N° 20	51.46
3/8"	9.525	59.51	1.51	2.03	97.97	L.L.	41.365
N° 4	4.760	309.80	7.84	9.87	90.13	L.P.	9.425
N° 8	2.380	194.94	4.93	14.80	85.20	I.P.	31.94
N° 16	1.190	240.90	6.10	20.90	79.10	D10	
N° 30	0.590	312.55	7.91	28.81	71.19	D30	
N° 50	0.297	358.41	9.07	37.88	62.12	D60	
N° 100	0.149	280.85	7.11	44.99	55.01	Cu	
N° 200	0.074	140.46	3.55	48.54	51.46	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	48.54	51.46	W (%)	
TOTAL		1918.01	48.54			GRAVA (%)	9.87
						ARENA (%)	38.67
						FINOS (%)	51.46

Fuente: Elaboración propia.

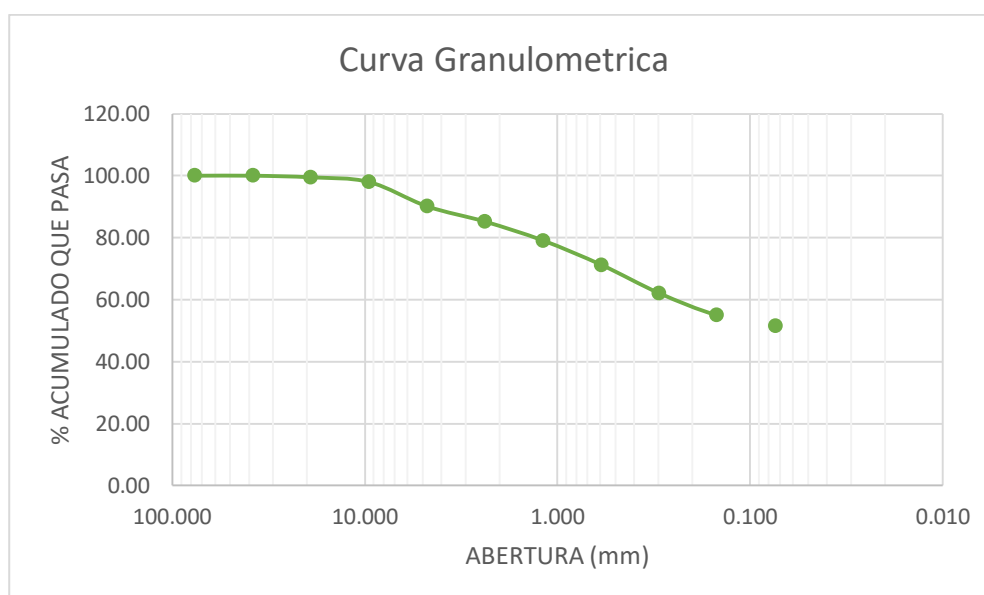


Fig. N° 11: Curva granulometrica muestra N° 03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 04

PESO INICIAL
 SECO 2174.43 grs
 PESO LAVADO
 SECO 922.39 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	93.66
3/4"	19.050	13.26	0.61	0.61	99.39	% QUE PASA N° 20	57.58
3/8"	9.525	54.15	2.49	3.10	96.90	L.L.	65.23
N° 4	4.760	70.40	3.24	6.34	93.66	L.P.	52.90
N° 8	2.380	73.44	3.38	9.72	90.28	I.P.	12.33
N° 16	1.190	107.22	4.93	14.65	85.35	D10	
N° 30	0.590	147.83	6.80	21.44	78.56	D30	
N° 50	0.297	162.62	7.48	28.92	71.08	D60	
N° 100	0.149	191.78	8.82	37.74	62.26	Cu	
N° 200	0.074	101.69	4.68	42.42	57.58	Cc	
< N° 200	0.000		0.00	42.42	57.58	W (%)	
TOTAL		922.39	42.42			GRAVA (%)	6.34
						ARENA (%)	36.08
						FINOS (%)	57.58

Fuente: Elaboración propia.

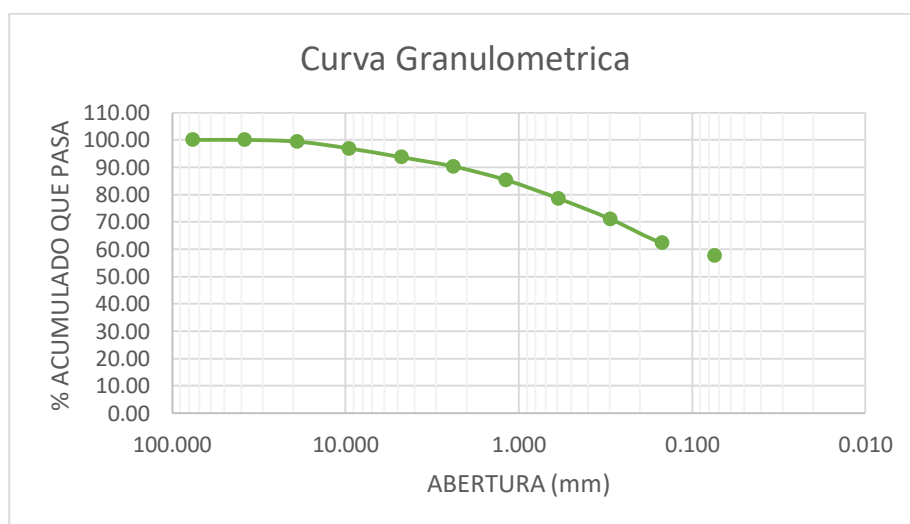


Fig. N° 12: Curva granulometrica muestra N° 04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 05

PESO INICIAL
 SECO 4502.2 grs
 PESO LAVADO
 SECO 2081.71 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	88.93
3/4"	19.050	22.45	0.50	0.50	99.50	% QUE PASA N° 20	53.76
3/8"	9.525	46.22	1.03	1.53	98.47	L.L.	44.55
N° 4	4.760	429.55	9.54	11.07	88.93	L.P.	40.9
N° 8	2.380	194.94	4.33	15.40	84.60	I.P.	3.65
N° 16	1.190	240.90	5.35	20.75	79.25	D10	
N° 30	0.590	312.55	6.94	27.69	72.31	D30	
N° 50	0.297	358.41	7.96	35.65	64.35	D60	
N° 100	0.149	280.85	6.24	41.89	58.11	Cu	
N° 200	0.074	195.84	4.35	46.24	53.76	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	46.24	53.76	W (%)	
TOTAL		2081.71	46.24			GRAVA (%)	11.07
						ARENA (%)	35.17
						FINOS (%)	53.76

Fuente: Elaboración propia.

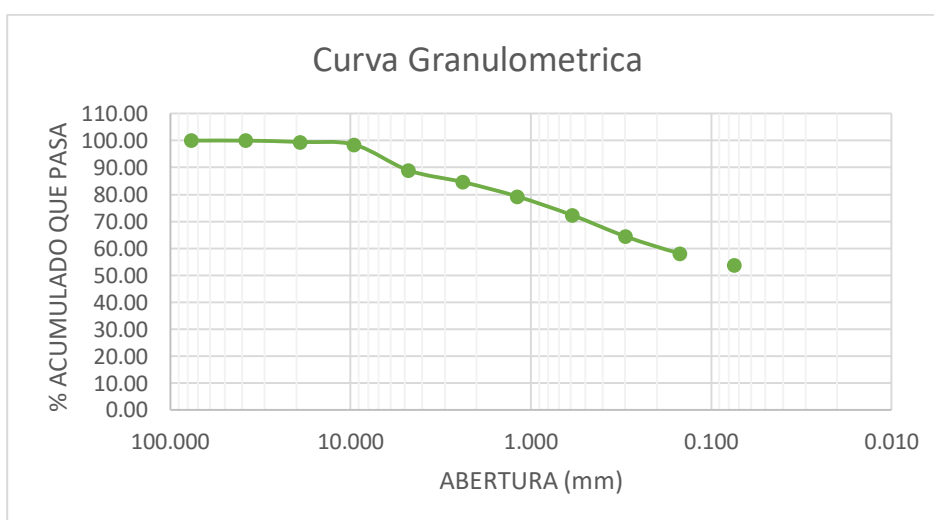


Fig. N° 13: Curva granulometrica muestra N° 05

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 06

PESO INICIAL SECO 4212.15 grs
 PESO LAVADO SECO 2048.04 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	88.99
3/4"	19.050	12.65	0.30	0.30	99.70	% QUE PASA N° 20	51.38
3/8"	9.525	47.54	1.13	1.43	98.57	L.L.	45.45
N° 4	4.760	403.55	9.58	11.01	88.99	L.P.	6.27
N° 8	2.380	195.45	4.64	15.65	84.35	I.P.	39.18
N° 16	1.190	240.90	5.72	21.37	78.63	D10	
N° 30	0.590	312.55	7.42	28.79	71.21	D30	
N° 50	0.297	358.41	8.51	37.30	62.70	D60	
N° 100	0.149	281.59	6.69	43.98	56.02	Cu	
N° 200	0.074	195.40	4.64	48.62	51.38	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	48.62	51.38	W (%)	
TOTAL		2048.04	48.62			GRAVA (%)	11.01
						ARENA (%)	37.61
						FINOS (%)	51.38

Fuente: Elaboración propia.

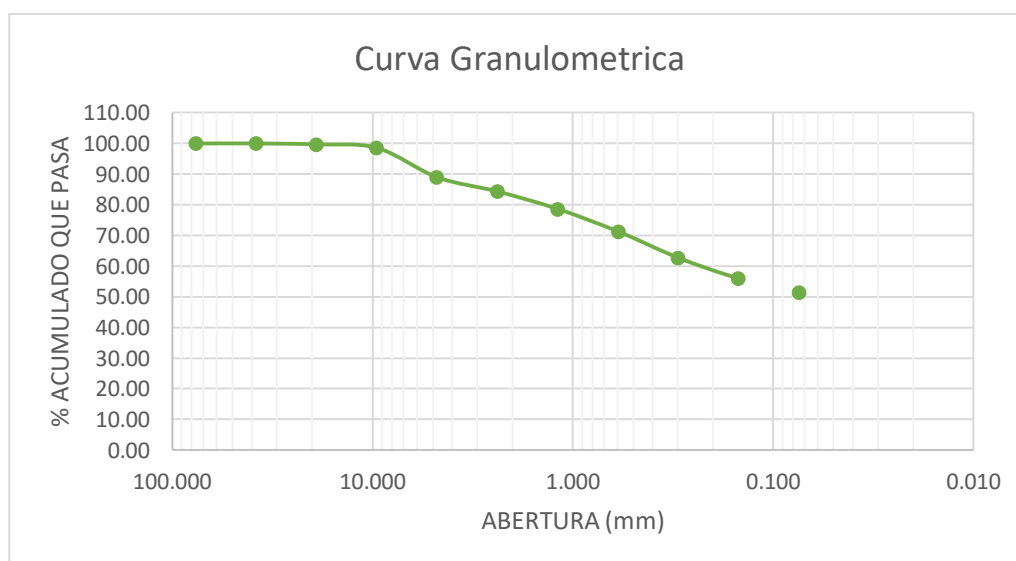


Fig. N° 14: Curva granulometrica muestra N° 06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 07

PESO INICIAL
 SECO 3015.26 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1430.97 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	83.08
3/4"	19.050	124.24	4.12	4.12	95.88	% QUE PASA N° 20	52.54
3/8"	9.525	143.19	4.75	8.87	91.13	L.L.	58.34
N° 4	4.760	242.90	8.06	16.92	83.08	L.P.	46.39
N° 8	2.380	91.27	3.03	19.95	80.05	I.P.	11.95
N° 16	1.190	77.12	2.56	22.51	77.49	D10	
N° 30	0.590	106.05	3.52	26.03	73.97	D30	
N° 50	0.297	208.65	6.92	32.95	67.05	D60	
N° 100	0.149	302.45	10.03	42.98	57.02	Cu	
N° 200	0.074	135.10	4.48	47.46	52.54	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	47.46	52.54	W (%)	
TOTAL		1430.97	47.46			GRAVA (%)	16.92
						ARENA (%)	30.53
						FINOS (%)	52.54

Fuente: Elaboración propia.

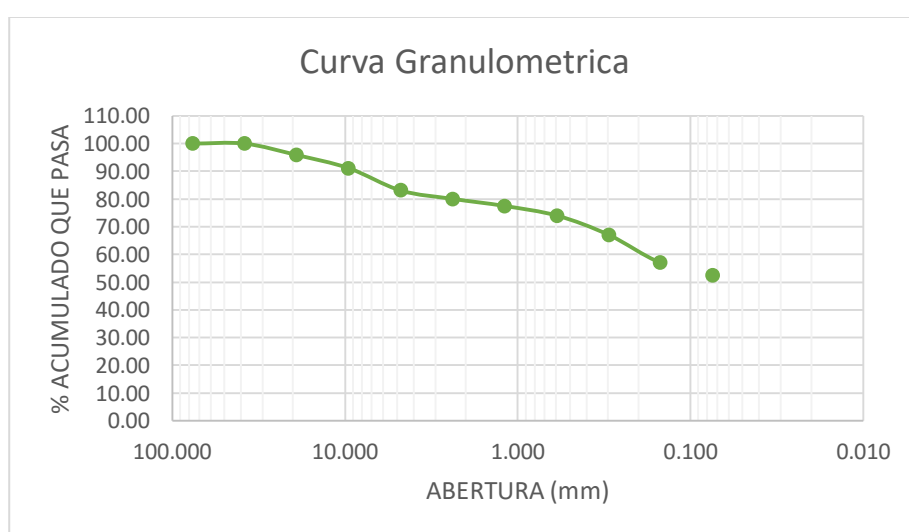


Fig. N° 15: Curva granulometrica muestra N° 07

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 08

PESO INICIAL
 SECO 3501.12 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1703.59 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	81.62
3/4"	19.050	205.40	5.87	5.87	94.13	% QUE PASA N° 20	51.34
3/8"	9.525	195.25	5.58	11.44	88.56	L.L.	53.62
N° 4	4.760	242.90	6.94	18.38	81.62	L.P.	43.77
N° 8	2.380	44.28	1.26	19.65	80.35	I.P.	9.85
N° 16	1.190	355.64	10.16	29.80	70.20	D10	
N° 30	0.590	106.50	3.04	32.85	67.15	D30	
N° 50	0.297	207.60	5.93	38.78	61.22	D60	
N° 100	0.149	313.48	8.95	47.73	52.27	Cu	
N° 200	0.074	32.54	0.93	48.66	51.34	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	48.66	51.34	W (%)	
TOTAL		1703.59	48.66			GRAVA (%)	18.38
						ARENA (%)	30.28
						FINOS (%)	51.34

Fuente: Elaboración propia.

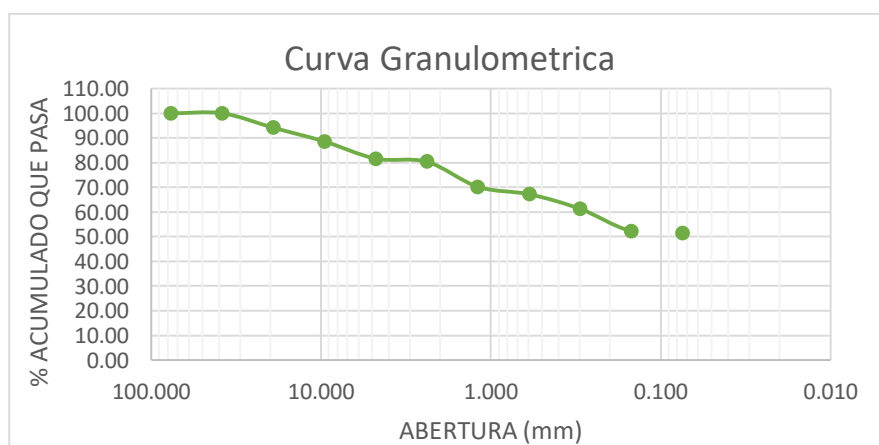


Fig. N° 16: Curva granulométrica muestra N° 08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 09

PESO INICIAL
 SECO 3665.25 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1826.38 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	86.97
3/4"	19.050	45.62	1.24	1.24	98.76	% QUE PASA N° 20	50.17
3/8"	9.525	122.20	3.33	4.58	95.42	L.L.	45.211
N° 4	4.760	309.80	8.45	13.03	86.97	L.P.	38.761
N° 8	2.380	194.94	5.32	18.35	81.65	I.P.	6.45
N° 16	1.190	240.90	6.57	24.92	75.08	D10	
N° 30	0.590	312.55	8.53	33.45	66.55	D30	
N° 50	0.297	358.41	9.78	43.23	56.77	D60	
N° 100	0.149	101.50	2.77	46.00	54.00	Cu	
N° 200	0.074	140.46	3.83	49.83	50.17	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	49.83	50.17	W (%)	
TOTAL		1826.38	49.83			GRAVA (%)	13.03
						ARENA (%)	36.80
						FINOS (%)	50.17

Fuente: Elaboración propia.

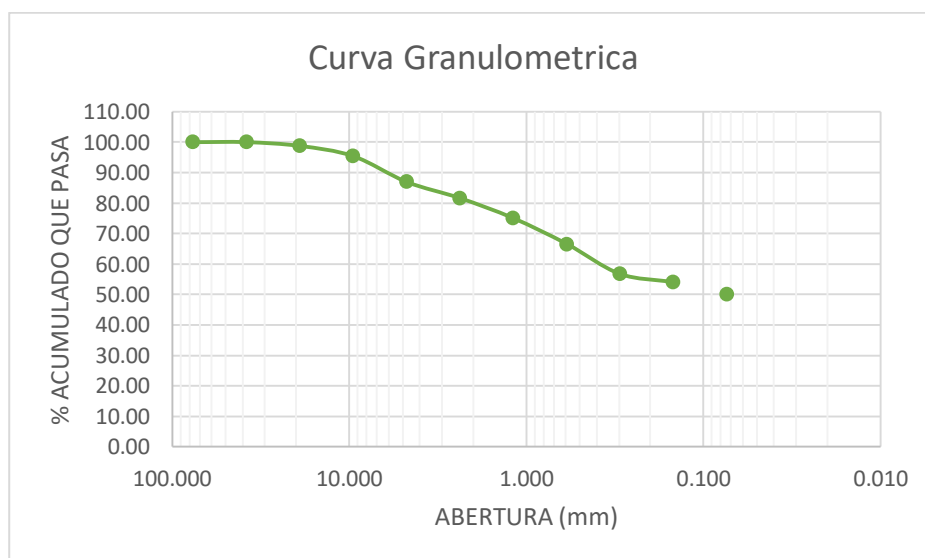


Fig. N° 17: Curva granulometrica muestra N° 09

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 10

PESO INICIAL
 SECO 3106.98 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1300.80 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	86.45
3/4"	19.050	55.24	1.78	1.78	98.22	% QUE PASA N° 20	58.13
3/8"	9.525	65.21	2.10	3.88	96.12	L.L.	62.34
N° 4	4.760	300.50	9.67	13.55	86.45	L.P.	49.22
N° 8	2.380	92.01	2.96	16.51	83.49	I.P.	13.12
N° 16	1.190	75.22	2.42	18.93	81.07	D10	
N° 30	0.590	106.20	3.42	22.35	77.65	D30	
N° 50	0.297	200.12	6.44	28.79	71.21	D60	
N° 100	0.149	150.65	4.85	33.64	66.36	Cu	
N° 200	0.074	255.65	8.23	41.87	58.13	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	41.87	58.13	W (%)	
TOTAL		1300.80	41.87			GRAVA (%)	13.55
						ARENA (%)	28.32
						FINOS (%)	58.13

Fuente: Elaboración propia.

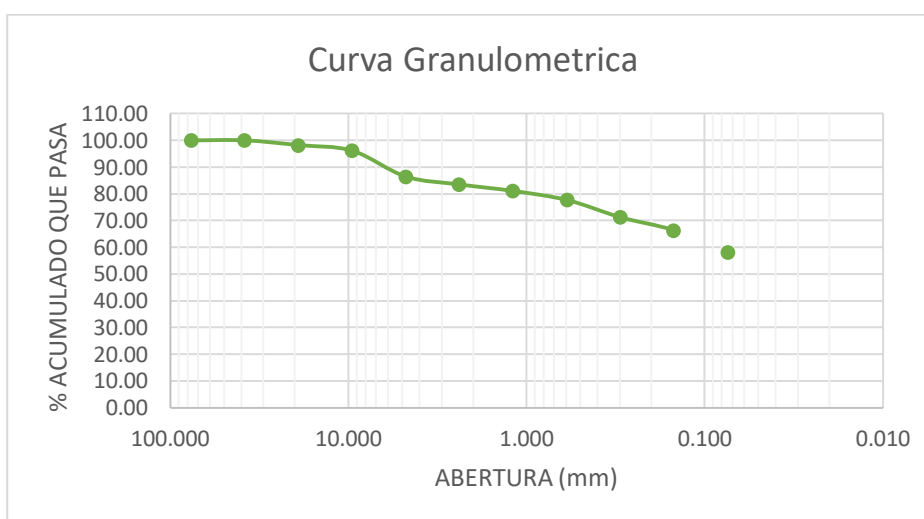


Fig. N° 18: Curva granulometrica muestra N° 10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 11

PESO INICIAL
SECO 4065.24 grs
PESO LAVADO
SECO 1686.38 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	90.59
3/4"	19.050	65.24	1.60	1.60	98.40	% QUE PASA N° 20	58.52
3/8"	9.525	12.50	0.31	1.91	98.09	L.L.	70.35
N° 4	4.760	305.00	7.50	9.41	90.59	L.P.	26.79
N° 8	2.380	132.00	3.25	12.66	87.34	I.P.	43.56
N° 16	1.190	124.65	3.07	15.73	84.27	D10	
N° 30	0.590	212.10	5.22	20.95	79.05	D30	
N° 50	0.297	124.00	3.05	24.00	76.00	D60	
N° 100	0.149	405.24	9.97	33.96	66.04	Cu	
N° 200	0.074	305.65	7.52	41.48	58.52	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	41.48	58.52	W (%)	
TOTAL		1686.38	41.48			GRAVA (%)	9.41
						ARENA (%)	32.07
						FINOS (%)	58.52

Fuente: Elaboración propia.

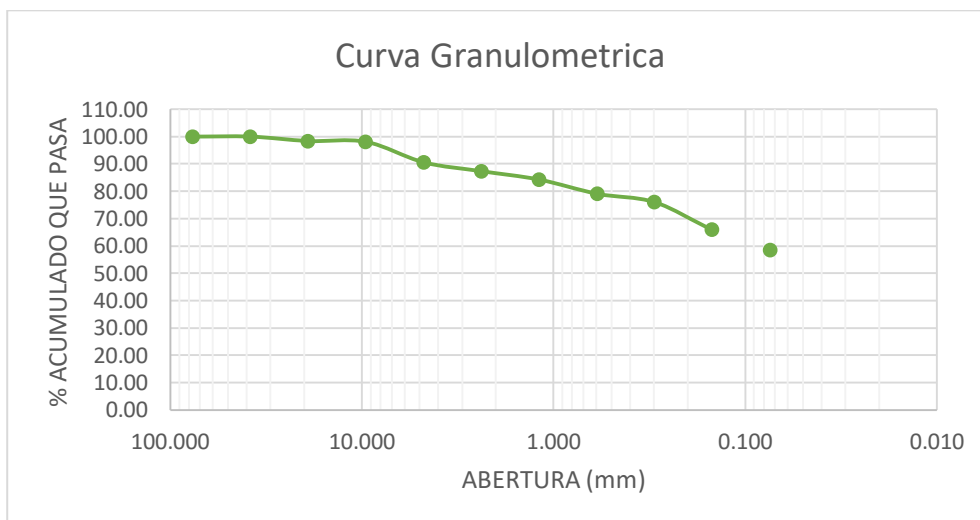


Fig. N° 19: Curva granulométrica muestra N° 11

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 12

PESO INICIAL
SECO 3254.21 grs
PESO LAVADO
SECO 1593.48 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	91.65
3/4"	19.050	15.64	0.48	0.48	99.52	% QUE PASA N° 20	51.03
3/8"	9.525	25.90	0.80	1.28	98.72	L.L.	48.26
N° 4	4.760	230.20	7.07	8.35	91.65	L.P.	45.61
N° 8	2.380	192.35	5.91	14.26	85.74	I.P.	2.65
N° 16	1.190	260.44	8.00	22.26	77.74	D10	
N° 30	0.590	412.20	12.67	34.93	65.07	D30	
N° 50	0.297	126.25	3.88	38.81	61.19	D60	
N° 100	0.149	189.25	5.82	44.63	55.37	Cu	
N° 200	0.074	141.25	4.34	48.97	51.03	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	48.97	51.03	W (%)	
TOTAL		1593.48	48.97			GRAVA (%)	8.35
						ARENA (%)	40.62
						FINOS (%)	51.03

Fuente: Elaboración propia.

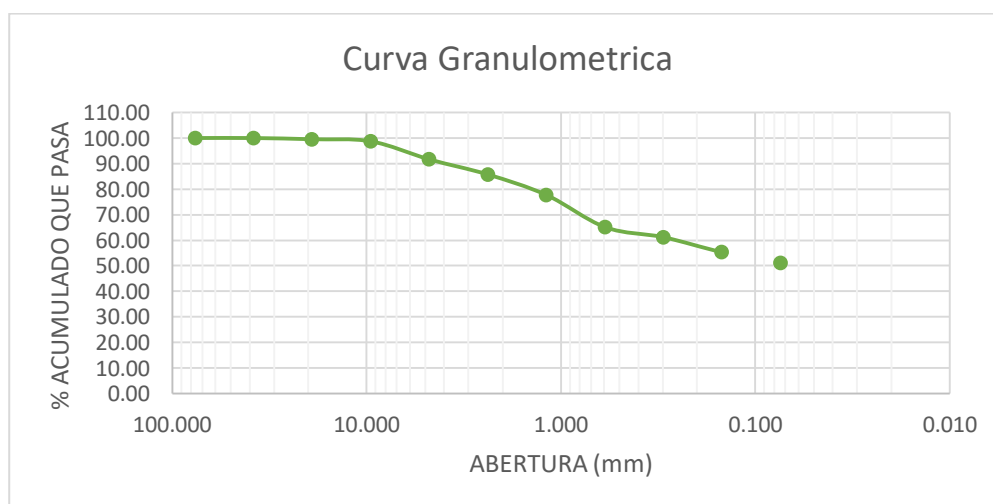


Fig. N° 20: Curva granulometrica muestra N° 12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 13

PESO INICIAL SECO 4478.95 grs
 PESO LAVADO
 SECO 2225.14 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	93.24
3/4"	19.050	65.54	1.46	1.46	98.54	% QUE PASA N° 20	50.32
3/8"	9.525	12.24	0.27	1.74	98.26	L.L.	38.45
N° 4	4.760	225.20	5.03	6.76	93.24	L.P.	18.79
N° 8	2.380	113.10	2.53	9.29	90.71	I.P.	19.66
N° 16	1.190	194.60	4.34	13.63	86.37	D10	
N° 30	0.590	645.50	14.41	28.05	71.95	D30	
N° 50	0.297	416.20	9.29	37.34	62.66	D60	
N° 100	0.149	298.56	6.67	44.00	56.00	Cu	
N° 200	0.074	254.20	5.68	49.68	50.32	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	49.68	50.32	W (%)	
TOTAL		2225.14	49.68			GRAVA (%)	6.76
						ARENA (%)	42.92
						FINOS (%)	50.32

Fuente: Elaboración propia.

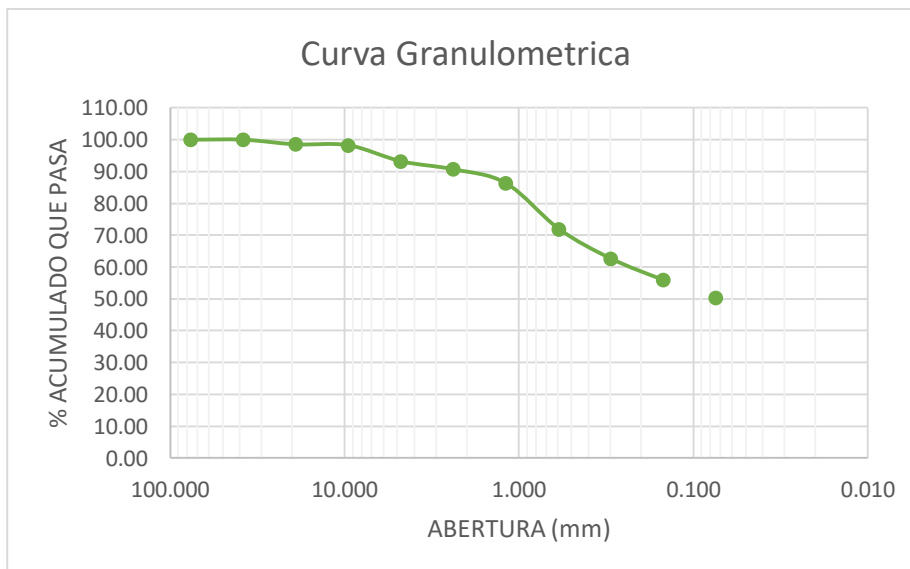


Fig. N° 21: Curva granulometrica muestra N° 13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Análisis granulométrico del punto de prueba N° 14

PESO INICIAL
 SECO 3655.97 grs
 PESO LAVADO
 SECO 1770.22 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado Que pasa	RESUMEN DE DATOS	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA 3"	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% QUE PASA N° 04	89.41
3/4"	19.050	65.42	1.79	1.79	98.21	% QUE PASA N° 20	51.58
3/8"	9.525	192.56	5.27	7.06	92.94	L.L.	66.94
N° 4	4.760	129.14	3.53	10.59	89.41	L.P.	25.01
N° 8	2.380	96.54	2.64	13.23	86.77	I.P.	41.93
N° 16	1.190	95.22	2.60	15.83	84.17	D10	
N° 30	0.590	195.60	5.35	21.18	78.82	D30	
N° 50	0.297	204.50	5.59	26.78	73.22	D60	
N° 100	0.149	368.59	10.08	36.86	63.14	Cu	
N° 200	0.074	422.65	11.56	48.42	51.58	Cc	
< N° 200	0.000	0	0	48.42	51.58	W (%)	
TOTAL		1770.22	48.42			GRAVA (%)	10.59
						ARENA (%)	37.83
						FINOS (%)	51.58

Fuente: Elaboración propia.

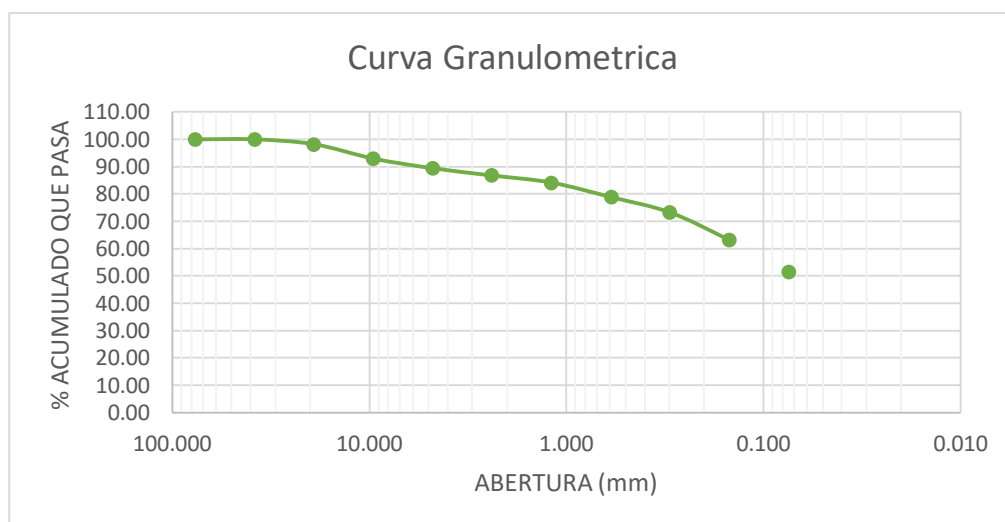


Fig. N° 22: Curva granulometrica muestra N° 14

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 3: Registro de tiempo y cambio estacionario en el permeámetro Guelph.

Tabla 27: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 01

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	19.00	-
5	19.30	0.0600
10	19.85	0.1098
15	20.20	0.0704
20	20.50	0.0606
25	20.84	0.0679
30	21.20	0.0706
35	21.56	0.0729
40	21.92	0.0718
45	22.20	0.0562
50	22.51	0.0616
55	23.07	0.1125
60	23.34	0.0544
65	23.61	0.0533
70	23.87	0.0516
75	24.11	0.0477
80	24.32	0.0436
90	24.73	0.0411
100	25.09	0.0360
110	25.38	0.0290
120	25.68	0.0296
130	25.98	0.0301
	R PROMEDIO	0.0586

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba

N° 02.

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	17.95	-
5	19.15	0.2400
10	20.30	0.2300
15	21.31	0.2020
20	22.21	0.1800
25	23.06	0.1700
30	23.96	0.1800
35	24.66	0.1400
40	25.41	0.1500
45	26.11	0.1400
50	26.76	0.1300
55	27.26	0.1000
60	27.76	0.1000
65	28.16	0.0800
70	28.56	0.0800
75	28.96	0.0800
	R PROMEDIO	0.1468

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 03.

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	4.00	-
5	5.35	0.2700
10	6.30	0.1900
15	7.20	0.1800
20	8.18	0.1960
25	9.03	0.1700
30	9.83	0.1600
35	10.53	0.1400
40	11.24	0.1420
45	11.99	0.1500
50	12.71	0.1440
55	13.31	0.1200
60	13.91	0.1200
65	14.53	0.1240
70	15.14	0.1220
75	15.72	0.1160
80	16.30	0.1160
85	16.76	0.0920
90	17.20	0.0880
95	17.59	0.0780
100	17.96	0.0740
105	18.33	0.0740
110	18.68	0.0700
	R PROMEDIO	0.1335

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 04.

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	2.00	-
5	2.90	0.1800
10	3.75	0.1700
15	4.55	0.1600
20	5.36	0.1620
25	6.19	0.1660
30	6.90	0.1420
35	7.62	0.1440
40	8.31	0.1380
45	8.92	0.1220
50	9.50	0.1160
55	10.07	0.1140
60	10.47	0.0800
65	10.57	0.0200
70	10.66	0.0180
75	10.75	0.0180
80	10.80	0.0096
85	10.83	0.0060
90	10.86	0.0060
95	10.88	0.0052
100	10.90	0.0032
105	10.91	0.0020
110	10.92	0.0020
115	10.93	0.0020
	R PROMEDIO	0.0777

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 05

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	19.50	-
5	19.91	0.0817
10	20.35	0.0880
15	20.70	0.0704
20	21.00	0.0606
25	21.34	0.0679
30	21.70	0.0706
35	22.06	0.0729
40	22.42	0.0718
45	22.70	0.0562
50	23.01	0.0616
55	23.35	0.0684
60	23.75	0.0800
65	24.11	0.0719
70	24.37	0.0516
75	24.61	0.0477
80	24.82	0.0436
90	25.23	0.0411
100	25.59	0.0360
110	25.88	0.0290
120	26.18	0.0296
130	26.48	0.0301
	R PROMEDIO	0.0586

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 06.

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	14.50	-
5	15.48	0.1960
10	16.52	0.2080
15	17.47	0.1900
20	18.12	0.1300
25	18.97	0.1700
30	19.82	0.1700
35	20.61	0.1580
40	21.36	0.1500
45	22.04	0.1360
50	22.71	0.1340
55	23.22	0.1020
60	23.73	0.1020
65	24.11	0.0760
70	24.48	0.0740
75	24.85	0.0740
	R PROMEDIO	0.1380

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 07

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	14.50	-
5	14.91	0.0817
10	15.35	0.0880
15	15.70	0.0704
20	16.10	0.0799
25	16.34	0.0486
30	16.70	0.0706
35	17.01	0.0629
40	17.25	0.0480
45	17.35	0.0200
50	17.40	0.0100
55	17.42	0.0040
	R PROMEDIO	0.0531

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 08

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	15.35	-
5	15.91	0.1117
10	16.35	0.0880
15	16.70	0.0704
20	17.24	0.1079
25	17.34	0.0206
30	17.85	0.1014
35	18.01	0.0320
40	18.25	0.0480
45	18.35	0.0200
50	18.38	0.0060
55	18.40	0.0040
60	18.42	0.0040
65	18.44	0.0040
	R PROMEDIO	0.0475

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 09

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	15.50	-
5	15.91	0.0817
10	16.35	0.0880
15	16.70	0.0704
20	17.00	0.0606
25	17.34	0.0679
30	17.70	0.0706
35	18.01	0.0629
40	18.25	0.0480
45	18.35	0.0200
50	18.39	0.0080
55	18.43	0.0080
60	18.44	0.0020
	R PROMEDIO	0.0490

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 10

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	10.15	-
5	10.65	0.1000
10	10.82	0.0340
15	11.11	0.0580
20	11.32	0.0420
25	11.75	0.0860
30	12.15	0.0800
35	12.37	0.0440
40	12.76	0.0780
45	12.81	0.0100
50	12.86	0.0100
55	12.87	0.0020
	R PROMEDIO	0.0495

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 11

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	9.35	-
5	9.80	0.0900
10	10.24	0.0880
15	10.59	0.0704
20	10.89	0.0606
25	11.21	0.0640
30	11.52	0.0620
35	11.72	0.0400
40	11.94	0.0440
45	12.03	0.0180
50	12.11	0.0160
55	12.19	0.0160
	R PROMEDIO	0.0517

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 12

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	6.35	-
5	6.91	0.1117
10	7.35	0.0880
15	7.70	0.0704
20	8.00	0.0606
25	8.34	0.0679
30	8.70	0.0706
35	9.02	0.0649
40	9.25	0.0460
45	9.35	0.0200
50	9.38	0.0060
55	9.39	0.0020
R PROMEDIO		0.0553

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39: Permeámetro Guelph: Tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 13

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	5.93	-
5	7.05	0.2240
10	8.00	0.1900
15	8.88	0.1760
20	9.64	0.1520
25	10.33	0.1380
30	10.89	0.1120
35	11.38	0.0980
40	11.73	0.0700
45	12.02	0.0580
50	12.30	0.0560
55	12.58	0.0560
R PROMEDIO		0.1209

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40: Permeámetro Guelph tasa de estado estacionario de cambio de nivel de agua, Prueba N° 14

t (min)	h (cm)	R (cm/min)
0	5.50	-
5	6.05	0.1100
10	6.47	0.0840
15	6.79	0.0640
20	7.09	0.0606
25	7.43	0.0679
30	7.74	0.0620
35	8.06	0.0629
40	8.32	0.0520
45	8.44	0.0240
50	8.50	0.0120
55	8.56	0.0120
R PROMEDIO		0.0556

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 4: Registro del tiempo y la infiltración parcial; y determinar la conductividad hidráulica por el método de Pochet.

Tabla 41: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 01

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	455.00	0.00	
5.00	454.20	0.80	0.6000
10.00	452.80	1.40	0.0018
15.00	451.82	0.98	0.0013
20.00	450.86	0.96	0.0013
30.00	449.41	1.45	0.0010
40.00	448.61	0.80	0.0005
50.00	447.91	0.70	0.0005
60.00	447.21	0.70	0.0005
70.00	446.51	0.70	0.0005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 02

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	449	0.00	
5.00	445.5	3.50	0.005
10.00	443.46	2.04	0.003
15.00	441.41	2.05	0.003
20.00	439.41	2.00	0.003
25.00	437.49	1.92	0.003
30.00	435.39	2.10	0.003
35.00	433.09	2.30	0.003
40.00	430.69	2.40	0.003

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 03

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	322.5	0.00	
5.00	319.6	2.90	0.005
10.00	317.55	2.05	0.004
15.00	316.05	1.50	0.003
20.00	314.6	1.45	0.003
25.00	312	2.60	0.005
30.00	309.6	2.40	0.005
35.00	307.3	2.30	0.004
40.00	305	2.30	0.004

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 04

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	174.00		
5.00	173.97	0.03	0.00010
10.00	173.93	0.04	0.00014
15.00	173.92	0.01	0.00003
20.00	172.88	1.05	0.00356
25.00	171.92	0.95	0.00327
30.00	170.94	0.98	0.00337
35.00	170.01	0.93	0.00322
40.00	169.11	0.90	0.00313
45.00	168.31	0.80	0.00281
50.00	167.81	0.50	0.00175
55.00	167.41	0.40	0.00141
60.00	167.31	0.10	0.00035
65.00	167.21	0.10	0.00035

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 05

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	322.65	0.00	
5.00	321.80	0.85	0.6000
10.00	320.56	1.24	0.0023
15.00	319.66	0.90	0.0017
20.00	318.81	0.85	0.0016
30.00	318.05	0.76	0.0007
40.00	317.35	0.70	0.0007
50.00	316.70	0.65	0.0006
60.00	316.10	0.60	0.0006
70.00	315.50	0.60	0.0006

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 06

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	411.26	0.00	
5.00	407.72	3.54	0.005
10.00	404.76	2.96	0.004
15.00	402.81	1.95	0.003
20.00	399.7	3.11	0.005
25.00	397.07	2.63	0.004
30.00	394.58	2.49	0.004
35.00	392.1	2.48	0.004
40.00	389.62	2.48	0.004

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 47: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 07

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	192.70		
5.00	192.67	0.03	0.00009
10.00	192.63	0.04	0.00012
15.00	192.48	0.15	0.00046
20.00	190.33	2.15	0.00664
25.00	188.87	1.46	0.00454
30.00	188.22	0.65	0.00205
35.00	187.23	0.99	0.00311
40.00	186.62	0.61	0.00194
45.00	185.72	0.89	0.00284
50.00	185.10	0.62	0.00197
55.00	184.97	0.13	0.00042
60.00	184.88	0.09	0.00030
65.00	184.78	0.09	0.00030

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 08

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	121.15		
5.00	120.65	0.50	0.00242
10.00	120.03	0.62	0.00302
15.00	119.78	0.25	0.00124
20.00	118.16	1.62	0.00797
25.00	116.83	1.32	0.00659
30.00	116.21	0.62	0.00312
35.00	115.29	0.92	0.00467
40.00	114.72	0.56	0.00287
45.00	114.27	0.45	0.00230
50.00	114.04	0.23	0.00118
55.00	113.83	0.21	0.00108
60.00	113.73	0.10	0.00051
65.00	113.63	0.10	0.00051

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 09

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	256.45	0.00	
5.00	254.80	1.65	0.6000
10.00	253.56	1.24	0.0029
15.00	252.61	0.95	0.0022
20.00	252.16	0.45	0.0011
30.00	251.21	0.95	0.0011
40.00	250.41	0.80	0.0009
50.00	249.66	0.75	0.0009
60.00	248.91	0.75	0.0009
70.00	248.16	0.75	0.0009

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 10

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	246.37		
5.00	246.03	0.34	0.00082
10.00	245.61	0.42	0.00101
15.00	244.96	0.65	0.00157
20.00	243.42	1.54	0.00374
25.00	241.79	1.63	0.00398
30.00	240.84	0.95	0.00233
35.00	239.99	0.85	0.00210
40.00	239.35	0.64	0.00158
45.00	238.94	0.41	0.00102
50.00	238.68	0.26	0.00066
55.00	238.51	0.16	0.00041
60.00	238.40	0.11	0.00027
65.00	238.29	0.11	0.00027

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 11

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	111.62		
5.00	111.22	0.40	0.00210
10.00	110.92	0.30	0.00158
15.00	110.77	0.15	0.00079
20.00	108.62	2.15	0.01145
25.00	107.16	1.46	0.00788
30.00	106.51	0.65	0.00358
35.00	105.52	0.99	0.00543
40.00	104.91	0.61	0.00340
45.00	104.01	0.89	0.00499
50.00	103.39	0.62	0.00349
55.00	103.23	0.16	0.00090
60.00	103.15	0.09	0.00049
65.00	103.06	0.09	0.00049

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 52: Porchet tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 12

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	297.65	0.00	
5.00	296.30	1.35	0.6000
10.00	295.04	1.26	0.0025
15.00	294.05	0.99	0.0020
20.00	293.18	0.87	0.0018
30.00	292.55	0.63	0.0006
40.00	291.91	0.64	0.0007
50.00	291.34	0.57	0.0006
60.00	290.77	0.57	0.0006
70.00	290.21	0.56	0.0006

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53: Porchet: Tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 13

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	199.45	0.00	
5.00	196.505	2.94	0.009
10.00	193.665	2.84	0.009
15.00	191.525	2.14	0.007
20.00	188.265	3.26	0.010
25.00	185.395	2.87	0.009
30.00	182.645	2.75	0.009
35.00	180.005	2.64	0.009
40.00	177.365	2.64	0.009

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54: Porchet: Tasa de conductividad hidráulica medido en campo, Prueba N° 14

Tiempo Acum. (min)	Lectura Infiltración cm	Infiltración parcial (cm)	Conductividad hidráulica (cm/min)
0.00	221.31		
5.00	220.67	0.64	0.00171
10.00	220.30	0.37	0.00099
15.00	219.75	0.55	0.00148
20.00	218.21	1.54	0.00416
25.00	216.72	1.49	0.00406
30.00	215.87	0.85	0.00233
35.00	214.90	0.97	0.00267
40.00	214.44	0.46	0.00127
45.00	213.86	0.58	0.00160
50.00	213.67	0.19	0.00053
55.00	213.55	0.12	0.00033
60.00	213.44	0.12	0.00032
65.00	213.32	0.12	0.00032

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 5: Registro del tiempo e infiltración de agua en el suelo, y cálculo de la gradiente de velocidad unitaria.

Tabla 55: Infiltrómetro de doble anillo tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 01

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	477.50	0.00		
300	5.00	5.00	478.40	0.90	0.18000	10.368
300	5.00	10.00	479.25	0.85	0.17000	9.792
300	5.00	15.00	479.65	0.40	0.08000	4.608
300	5.00	20.00	480.45	0.80	0.16000	9.216
600	10.00	30.00	481.25	0.80	0.08000	4.608
600	10.00	40.00	481.85	0.60	0.06000	3.456
600	10.00	50.00	482.65	0.80	0.08000	4.608
600	10.00	60.00	483.15	0.50	0.05000	2.880
1200	20.00	80.00	483.55	0.40	0.02000	1.152
1200	20.00	100.00	483.85	0.30	0.01500	0.864
1200	20.00	120.00	484.05	0.20	0.01000	0.576
1200	20.00	140.00	484.15	0.10	0.00500	0.288
1200	20.00	160.00	484.20	0.05	0.00250	0.144
1800	30.00	190.00	484.22	0.02	0.00067	0.038
1800	30.00	220.00	484.23	0.01	0.00033	0.019
1800	30.00	250.00	484.24	0.01	0.00033	0.019
1800	30.00	280.00	484.25	0.01	0.00027	0.015
1800	30.00	310.00	484.26	0.01	0.00040	0.023
1800	30.00	340.00	484.27	0.01	0.00033	0.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 02

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	35.50	0.00	0	-
300	5.00	5.00	36.86	1.36	0.272	15.67
300	5.00	10.00	37.96	1.10	0.220	12.67
300	5.00	15.00	38.92	0.96	0.192	11.06
600	10.00	25.00	39.41	0.49	0.049	2.82
600	10.00	35.00	39.99	0.58	0.058	3.34
1200	20.00	55.00	40.28	0.29	0.015	0.84
1200	20.00	75.00	40.53	0.25	0.013	0.72
1800	30.00	105.00	40.65	0.12	0.004	0.23
1800	30.00	135.00	40.74	0.09	0.003	0.17
2400	40.00	175.00	40.83	0.09	0.002	0.13
2400	40.00	215.00	40.92	0.09	0.002	0.12
3000	50.00	265.00	41.00	0.09	0.002	0.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 03

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	43.30	0.00	0	-
300	5.00	5.00	46.80	3.50	0.700	40.32
300	5.00	10.00	48.40	1.60	0.320	18.43
600	10.00	20.00	48.90	0.50	0.050	2.88
600	10.00	30.00	49.25	0.35	0.035	2.02
600	10.00	40.00	49.59	0.34	0.034	1.96
1200	20.00	60.00	49.89	0.30	0.015	0.86
1200	20.00	80.00	50.14	0.25	0.013	0.72
1200	20.00	100.00	50.29	0.15	0.007	0.43
1800	30.00	130.00	50.39	0.10	0.003	0.19
1800	30.00	160.00	50.48	0.09	0.003	0.17
1800	30.00	190.00	50.57	0.09	0.003	0.17
2400	40.00	230.00	50.65	0.08	0.002	0.12
2400	40.00	270.00	50.73	0.08	0.002	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 04

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	363.24	0.00	0	-
300	5.00	5.00	364.20	0.96	0.193	11.11
300	5.00	10.00	365.05	0.85	0.170	9.79
300	5.00	15.00	365.80	0.75	0.150	8.64
600	10.00	25.00	366.51	0.71	0.071	4.09
600	10.00	35.00	367.17	0.66	0.066	3.80
600	10.00	45.00	367.82	0.65	0.065	3.74
600	10.00	55.00	368.07	0.25	0.025	1.44
600	10.00	65.00	368.72	0.65	0.065	3.74
1200	20.00	85.00	368.88	0.16	0.008	0.46
1200	20.00	105.00	369.04	0.15	0.008	0.45
1200	20.00	125.00	369.16	0.12	0.006	0.35
1800	30.00	155.00	369.25	0.09	0.003	0.17
1800	30.00	185.00	369.30	0.05	0.002	0.096
1800	30.00	215.00	369.31	0.01	0.000	0.019
1800	30.00	245.00	369.32	0.01	0.000	0.019
1800	30.00	275.00	369.33	0.01	0.000	0.017
1800	30.00	305.00	369.33	0.00	0.000	0.010
1800	30.00	335.00	369.34	0.00	0.000	0.010

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 05

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	426.30	0.00	0	-
300	5.00	5.00	427.15	0.85	0.170	9.79
300	5.00	10.00	427.95	0.80	0.160	9.22
300	5.00	15.00	428.55	0.60	0.120	6.91
300	5.00	20.00	429.30	0.75	0.150	8.64
600	10.00	30.00	430.10	0.80	0.080	4.61
600	10.00	40.00	430.70	0.60	0.060	3.46
600	10.00	50.00	431.50	0.80	0.080	4.61
600	10.00	60.00	432.00	0.50	0.050	2.88
1200	20.00	80.00	432.40	0.40	0.020	1.15
1200	20.00	100.00	432.70	0.30	0.015	0.86
1200	20.00	120.00	433.00	0.30	0.015	0.86
1800	30.00	150.00	433.10	0.10	0.003	0.19
1800	30.00	180.00	433.20	0.10	0.003	0.192
1800	30.00	210.00	433.29	0.09	0.003	0.173
1800	30.00	240.00	433.39	0.10	0.003	0.182
1800	30.00	270.00	433.46	0.07	0.002	0.144
1800	30.00	300.00	433.47	0.01	0.000	0.017
1800	30.00	330.00	433.48	0.01	0.000	0.012
1800	30.00	360.00	433.48	0.01	0.000	0.012

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 60: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 06

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	433.30	0.00	0	-
300	5.00	5.00	435.99	2.69	0.538	30.99
300	5.00	10.00	438.53	2.54	0.508	29.26
300	5.00	15.00	439.18	0.65	0.131	7.53
600	10.00	25.00	439.51	0.32	0.032	1.87
1200	20.00	45.00	439.96	0.45	0.023	1.30
1200	20.00	65.00	440.35	0.39	0.020	1.14
1800	30.00	95.00	440.70	0.35	0.012	0.66
1800	30.00	125.00	440.94	0.24	0.008	0.46
2400	40.00	165.00	441.07	0.13	0.003	0.18
2400	40.00	205.00	441.19	0.12	0.003	0.18
3000	50.00	255.00	441.29	0.10	0.002	0.12
3000	50.00	305.00	441.39	0.10	0.002	0.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 07

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	477.20	0.00	0	-
300	5.00	5.00	478.05	0.85	0.1700	9.7920
300	5.00	10.00	478.75	0.70	0.1400	8.0640
300	5.00	15.00	479.15	0.40	0.0800	4.6080
600	10.00	25.00	479.95	0.80	0.0800	4.6080
600	10.00	35.00	480.75	0.80	0.0800	4.6080
600	10.00	45.00	481.35	0.60	0.0600	3.4560
1200	20.00	65.00	481.85	0.50	0.0250	1.4400
1200	20.00	85.00	482.05	0.20	0.0100	0.5760
1200	20.00	105.00	482.15	0.10	0.0050	0.2880
1800	30.00	135.00	482.24	0.09	0.0030	0.1728
1800	30.00	165.00	482.29	0.05	0.0017	0.0960
1800	30.00	195.00	482.30	0.01	0.0003	0.0173
1800	30.00	225.00	482.31	0.01	0.0002	0.0115
2400	40.00	265.00	482.31	0.00	0.0001	0.0065
2400	40.00	305.00	482.31	0.00	0.0001	0.0065

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 08

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	256.44	0.00	0	-
300	5.00	5.00	258.13	1.69	0.3374	19.4342
300	5.00	10.00	260.08	1.95	0.3908	22.5101
300	5.00	15.00	261.04	0.95	0.1908	10.9901
600	10.00	25.00	261.60	0.56	0.0564	3.2486
600	10.00	35.00	262.86	1.26	0.1264	7.2806
600	10.00	45.00	263.03	0.16	0.0164	0.9446
600	10.00	55.00	263.29	0.27	0.0265	1.5287
1200	20.00	75.00	263.53	0.23	0.0117	0.6739
1200	20.00	95.00	263.74	0.21	0.0106	0.6077
1200	20.00	115.00	263.85	0.12	0.0058	0.3312
1800	30.00	145.00	263.95	0.10	0.0034	0.1939
1800	30.00	175.00	264.05	0.10	0.0032	0.1851
1800	30.00	205.00	264.06	0.01	0.0004	0.0230
1800	30.00	235.00	264.07	0.01	0.0002	0.0125
2400	40.00	275.00	264.07	0.00	0.0001	0.0066
2400	40.00	315.00	264.08	0.00	0.0001	0.0065
2400	40.00	355.00	264.08	0.00	0.0001	0.0065

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 63: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 09

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	511.32	0.00	0	-
300	5.00	5.00	512.77	1.45	0.2900	16.7040
300	5.00	10.00	513.72	0.95	0.1900	10.9440
300	5.00	15.00	514.32	0.60	0.1200	6.9120
300	5.00	20.00	515.07	0.75	0.1500	8.6400
300	5.00	25.00	515.84	0.77	0.1540	8.8704
600	10.00	35.00	516.49	0.65	0.0650	3.7440
600	10.00	45.00	517.29	0.80	0.0800	4.6080
600	10.00	55.00	517.79	0.50	0.0500	2.8800
600	10.00	65.00	518.22	0.43	0.0430	2.4768
1200	20.00	85.00	518.58	0.36	0.0180	1.0368
1200	20.00	105.00	518.80	0.22	0.0110	0.6336
1200	20.00	125.00	518.93	0.13	0.0065	0.3744
1800	30.00	155.00	519.09	0.16	0.0053	0.3072
1800	30.00	185.00	519.19	0.10	0.0032	0.1862
1800	30.00	215.00	519.20	0.01	0.0003	0.0177
1800	30.00	245.00	519.20	0.01	0.0003	0.0159
2400	40.00	285.00	519.21	0.01	0.0001	0.0084
2400	40.00	325.00	519.22	0.01	0.0001	0.0082
2400	40.00	365.00	519.22	0.01	0.0001	0.0082
2400	40.00	405.00	519.23	0.01	0.0001	0.0081

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 10

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	336.12	0.00	0	-
300	5.00	5.00	337.22	1.10	0.2200	12.6720
300	5.00	10.00	338.17	0.95	0.1894	10.9094
300	5.00	15.00	339.16	1.00	0.1990	11.4624
300	5.00	20.00	340.05	0.88	0.1768	10.1837
300	5.00	25.00	340.70	0.65	0.1310	7.5433
600	10.00	35.00	341.35	0.64	0.0645	3.7152
600	10.00	45.00	341.69	0.35	0.0345	1.9872
600	10.00	55.00	341.94	0.25	0.0245	1.4112
600	10.00	65.00	342.30	0.36	0.0364	2.0966
1200	20.00	85.00	342.56	0.26	0.0132	0.7603
1200	20.00	105.00	342.69	0.12	0.0062	0.3571
1200	20.00	125.00	342.69	0.00	0.0002	0.0144
1800	30.00	155.00	342.70	0.00	0.0001	0.0077
1800	30.00	185.00	342.70	0.00	0.0001	0.0065
1800	30.00	215.00	342.70	0.00	0.0001	0.0061
2400	40.00	255.00	342.71	0.00	0.0001	0.0045
2400	40.00	295.00	342.71	0.00	0.0001	0.0045

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 11.

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	253.65	0.00	0	-
300	5.00	5.00	254.60	0.95	0.1900	10.9440
300	5.00	10.00	255.15	0.55	0.1100	6.3360
300	5.00	15.00	255.79	0.64	0.1280	7.3728
600	10.00	25.00	256.59	0.80	0.0800	4.6080
600	10.00	35.00	257.39	0.80	0.0800	4.6080
600	10.00	45.00	257.99	0.60	0.0600	3.4560
1200	20.00	65.00	258.49	0.50	0.0250	1.4400
1200	20.00	85.00	258.69	0.20	0.0100	0.5760
1200	20.00	105.00	258.79	0.10	0.0050	0.2880
1800	30.00	135.00	258.88	0.09	0.0030	0.1728
1800	30.00	165.00	258.93	0.05	0.0017	0.0960
1800	30.00	195.00	258.94	0.01	0.0003	0.0173
2400	40.00	235.00	258.95	0.01	0.0002	0.0130
2400	40.00	275.00	258.95	0.01	0.0001	0.0075
2400	40.00	315.00	258.96	0.01	0.0001	0.0075

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 12

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	361.35	0.00	0	-
300	5.00	5.00	362.98	1.63	0.3260	18.7776
300	5.00	10.00	363.89	0.91	0.1820	10.4832
600	10.00	20.00	364.51	0.62	0.0620	3.5712
600	10.00	30.00	365.15	0.64	0.0640	3.6864
1200	20.00	50.00	365.98	0.83	0.0415	2.3904
1200	20.00	70.00	366.63	0.65	0.0325	1.8720
1200	20.00	90.00	367.51	0.88	0.0440	2.5344
1800	30.00	120.00	368.03	0.52	0.0173	0.9984
1800	30.00	150.00	368.64	0.61	0.0203	1.1712
1800	30.00	180.00	369.24	0.60	0.0200	1.1520
1800	30.00	210.00	369.65	0.41	0.0137	0.7872
2400	40.00	250.00	369.81	0.16	0.0040	0.2304
2400	40.00	290.00	369.82	0.01	0.0002	0.0127
2400	40.00	330.00	369.83	0.01	0.0002	0.0108
2400	40.00	370.00	369.83	0.01	0.0002	0.0108

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 13

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	316.14	0.00	0	-
300	5.00	5.00	319.02	2.88	0.5760	33.1776
300	5.00	10.00	321.69	2.67	0.5340	30.7584
600	10.00	20.00	323.63	1.94	0.1940	11.1744
600	10.00	30.00	324.75	1.12	0.1120	6.4512
600	10.00	40.00	325.71	0.96	0.0960	5.5296
1200	20.00	60.00	326.45	0.74	0.0370	2.1312
1200	20.00	80.00	326.96	0.51	0.0255	1.4688
1800	30.00	110.00	327.38	0.42	0.0140	0.8064
1800	30.00	140.00	327.75	0.37	0.0123	0.7104
1800	30.00	170.00	328.04	0.29	0.0097	0.5568
2400	40.00	210.00	328.19	0.15	0.0037	0.2160
2400	40.00	250.00	328.29	0.10	0.0025	0.1440
2400	40.00	290.00	328.36	0.07	0.0017	0.1008
2400	40.00	330.00	328.43	0.07	0.0017	0.1008

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68: Infiltrómetro de doble anillo: Tasa de infiltración y determinación de la conductividad hidráulica saturada, Prueba N° 14

Intervalo de Medición (seg)	Intervalo de Medición (min)	Tiempo Acumulado (Min)	Lecturas Parciales (cm)	Infiltración Parcial (cm)	velocidad de Infiltración Parcial unitario (cm/min)	Conductividad hidráulica estimado (m/día)
0	0.00	0.00	196.38	0.00	0	-
300	5.00	5.00	197.36	0.98	0.1960	11.2896
300	5.00	10.00	198.21	0.85	0.1700	9.7920
300	5.00	15.00	199.06	0.85	0.1708	9.8381
600	10.00	25.00	199.84	0.78	0.0776	4.4698
600	10.00	35.00	200.49	0.65	0.0655	3.7716
600	10.00	45.00	201.14	0.65	0.0645	3.7152
1200	20.00	65.00	201.47	0.33	0.0165	0.9504
1200	20.00	85.00	201.71	0.25	0.0123	0.7056
1200	20.00	105.00	202.08	0.36	0.0182	1.0483
1800	30.00	135.00	202.34	0.26	0.0088	0.5069
1800	30.00	165.00	202.47	0.12	0.0041	0.2381
1800	30.00	195.00	202.47	0.00	0.0001	0.0067
1800	30.00	225.00	202.47	0.00	0.0001	0.0061
2400	40.00	265.00	202.48	0.00	0.0001	0.0045
2400	40.00	305.00	202.48	0.00	0.0001	0.0042
2400	40.00	345.00	202.48	0.00	0.0001	0.0040
2400	40.00	385.00	202.49	0.00	0.0001	0.0040

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 6: Datos del tratamiento estadístico y diseño de bloques aleatorios.

Tabla 69: Datos de conductividad hidráulica por las 14 pruebas y 03 tratamientos (permeámetro Guelph, Porchet e Infiltrómetro de doble anillo).

Pruebas	Tratamientos				
	1	2	3	TOTAL	PROMEDIO
01	0.0072	0.0067	0.0192	0.0332	0.0111
02	0.0649	0.0477	0.0979	0.2105	0.0702
03	0.0590	0.0643	0.1152	0.2385	0.0795
04	0.0096	0.0051	0.0096	0.0243	0.0081
05	0.0075	0.0081	0.0115	0.0272	0.0091
06	0.0610	0.0544	0.1152	0.2306	0.0769
07	0.0066	0.0043	0.0065	0.0174	0.0058
08	0.0059	0.0073	0.0065	0.0197	0.0066
09	0.0061	0.0129	0.0081	0.0270	0.0090
10	0.0219	0.0039	0.0045	0.0303	0.0101
11	0.0229	0.0070	0.0075	0.0374	0.0125
12	0.0068	0.0082	0.0108	0.0259	0.0086
13	0.0534	0.1255	0.1008	0.2798	0.0933
14	0.0071	0.0046	0.0040	0.0158	0.0053
TOTAL	0.3399	0.3602	0.5172	1.2173	0.4058
PROMEDIO	0.0243	0.0257	0.0369	0.0870	0.0290

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 0 7: Anexo de panel fotográfico.



Fig. N° 23: Realizando el levantamiento topográfico de los lugares de prueba

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 24: Toma de muestras de suelo

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 25: Toma de muestras de suelo

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 26: Se hicieron agujeros con el barreno no mayor de 40 cm y diámetro 6 cm

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 27: Se abrió los poros con el cepillo, volviéndolos ásperos.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 28: Se verifico la profundidad del agujero con una wincha milimétrica para el permeámetro Guelph y Porchet.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 29: Se llenó de agua el tanque del permeámetro Guelph con agua.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 30: Se levantó el tubo de aire a 5 cm para medir las variaciones de carga hidráulica a partir de ese momento en el permeámetro Guelph.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 31: Se llenó al agujero de pozo para medir por el método de Porchet.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 32: Se Instaló el Infiltrómetro de doble anillo con comba y tabla a 10 cm el de mayor diámetro y 15 el de menor diámetro.

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 33: Se verifico la correcta instalación del Infiltrómetro de doble anillo

Fuente: Elaboración propia



Fig. N° 34: Se hizo las lecturas según la descendencia de agua en el infiltrómetro de doble anillo

Fuente: Elaboración propia