UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025”

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Diseño y gestión de sistemas hidráulicos

Autor(es):

Jorge Anderson Fernández Saucedo

José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:

Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Chota – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARTA Nº 16-2026-UNACH/UI/MAST

A : **Dra. Martha Gladys Huamán Tant**
Presidente del jurado de tesis FCI-UNACH.

ASUNTO : Constancia de Originalidad de Turnitin de Jorge Anderson Fernández Saucedo y José Leandro Vásquez Idrogo.

FECHA : Colpa Matara, 20 de julio del 2026.

REFERENCIA: i) Envío de tesis en digital en su versión final
ii) INFORME N° 068-2025-UNACH/MGHT / Conformidad por parte del presidente del jurado de tesis.
iii) Carta N° 025-2026-UNACH-CRCR / Conformidad por parte del secretario del jurado de tesis.
iv) CONFORMIDAD DE TESIS (S/N) / Conformidad por parte del vocal del jurado de tesis
v) CARTA N° 0015 – 2026 – DGCD – DO – UNACH / Conformidad por parte del accesitario del jurado de tesis

De mi mayor consideración

Es grato dirigirme a Usted para expresar mi saludo, y a la vez alcanzar la constancia de originalidad de TURNITIN de la tesis denominada: **"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025"**, elaborado por el bachiller en ingeniería civil **Jorge Anderson Fernández Saucedo y José Leandro Vásquez Idrogo**, para continuar con sus trámites ante la UNACH.

Sin otro particular, es propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi distinguida consideración y estima.

Atentamente,

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL
CIP 157782

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

CC.
Archivo
Adjunto:
1) Constancia de originalidad N° 16-2026.
2) Reporte TURNITIN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Colpa Matara, 20 de julio del 2026.

C.O. N° 16-2026-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025"**, elaborado por el bachiller en ingeniería civil: **Jorge Anderson Fernández Saucedo y José Leandro Vásquez Idrogo**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 10% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. Nº 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

Jorge A. Fernández Saucedo y José Leandro Vásqu...

CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO ...

Informe Final de Tesis

UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2026

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3614643957

Fecha de entrega
20 jul 2026, 5:39 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
20 jul 2026, 5:47 p.m. GMT-5

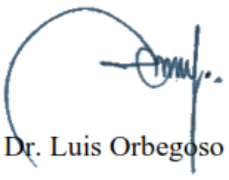
Nombre del archivo
Tesis_Jorge_Fernández_Jose_Vásquez_05.07.2026_TNT.pdf

Tamaño del archivo
11.5 MB

207 páginas

53.956 palabras

274.492 caracteres



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro

ASESOR

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

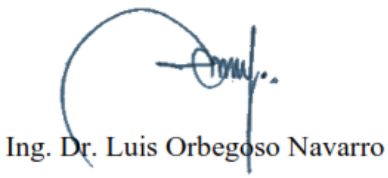
Marcas de integridad

N.° de alerta de integridad para revisión

Texto oculto
5 caracteres sospechosos en N.° de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro

ASESOR

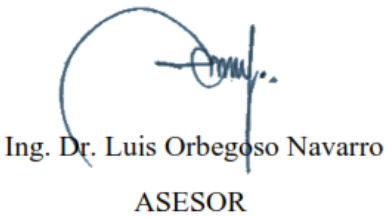
Fuentes principales

9% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

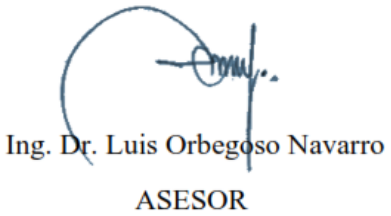
Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe 1%
2	Internet	hdl.handle.net <1%
3	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe <1%
4	Internet	www.weadapt.org <1%
5	Trabajos del estudiante	Escuela Politecnica Nacional <1%
6	Internet	repositorio.unc.edu.pe <1%
7	Internet	www.corantioquia.gov.co <1%
8	Internet	www.slideshare.net <1%
9	Internet	www.yumpu.com <1%
10	Internet	vsip.info <1%
11	Internet	repositorio.unas.edu.pe <1%



12	Internet	
repositorio.lamolina.edu.pe		<1%
13	Internet	
docplayer.es		<1%
14	Internet	
ingeciv.com		<1%
15	Internet	
fdocuments.es		<1%
16	Trabajos del estudiante	
uncedu		<1%
17	Internet	
apirepositorio.unh.edu.pe		<1%
18	Internet	
es.slideshare.net		<1%
19	Trabajos del estudiante	
Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC		<1%
20	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo		<1%
21	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Agraria La Molina		<1%
22	Internet	
pimzulema.wordpress.com		<1%
23	Internet	
www.repositorio.unach.edu.pe		<1%
24	Internet	
revistas.untumbes.edu.pe		<1%
25	Internet	
1library.co		<1%



26 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

27 Internet
repositorio.utc.edu.ec <1%

28 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Cajamarca <1%

29 Trabajos del estudiante
Universidad de Jaén <1%

30 Internet
idoc.pub <1%

31 Trabajos del estudiante
Universidad Ricardo Palma <1%

32 Trabajos del estudiante
Universidad Católica de Colombia <1%

33 Internet
sedici.unlp.edu.ar <1%

34 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Autonoma de Chota <1%

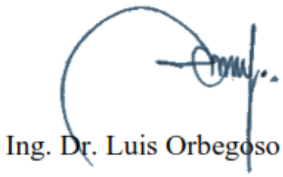
35 Internet
www.coursehero.com <1%

36 Publicación
KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del Proyecto Minero Antamina por Incremen... <1%

37 Trabajos del estudiante
Colegio de Estudios Superiores de Administración, CESA <1%

38 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Hermilio Valdizan <1%

39 Internet
www.aesa.pb.gov.br <1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro
ASESOR

40 Internet
www.agronomyjournals.com <1%

41 Publicación
CLEAN TECHNOLOGY S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Tratamiento ... <1%

42 Internet
repositorio.espe.edu.ec <1%

43 Internet
repositorio.upla.edu.pe <1%

44 Trabajos del estudiante
Docentes <1%

45 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga <1%

46 Trabajos del estudiante
Universidad Privada Antenor Orrego 2025 <1%

47 Internet
doczz.es <1%

48 Trabajos del estudiante
Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote <1%

49 Trabajos del estudiante
Universidad de Cantabria <1%

50 Internet
app.sni.gob.ec <1%

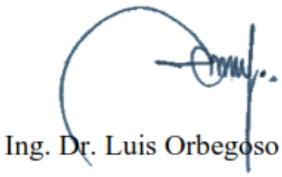
51 Internet
dipucordoba.es <1%

52 Trabajos del estudiante
ucb <1%

53 Trabajos del estudiante
Universidad Católica de Santa María <1%

Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro
ASESOR

54	Internet	
bdigital.unal.edu.co		<1%
55	Internet	
files.conagua.gob.mx		<1%
56	Internet	
ideas.repec.org		<1%
57	Internet	
cybertesis.uni.edu.pe		<1%
58	Internet	
dspace.unitru.edu.pe		<1%
59	Internet	
librosaccesoabierto.uptc.edu.co		<1%
60	Internet	
livrosdeamor.com.br		<1%
61	Internet	
repositorio.chapingo.edu.mx		<1%
62	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		<1%
63	Internet	
vpc.planificacion.gob.bo		<1%
64	Internet	
cdn.www.gob.pe		<1%
65	Internet	
repositorio.unfv.edu.pe		<1%
66	Internet	
repositorio.utn.edu.ec		<1%
67	Internet	
naturazientzienmuseoa.eus		<1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro

ASESOR

68 Internet
sired.udenar.edu.co <1%

69 Internet
www.researchgate.net <1%

70 Internet
repositorio.utea.edu.pe <1%

71 Trabajos del estudiante
Universidad Católica San Pablo <1%

72 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Colombia <1%

73 Internet
spda.org.pe <1%

74 Trabajos del estudiante
ITESM: Instituto Tecnologico y de Estudios Superiores de Monterrey <1%

75 Trabajos del estudiante
Universidad Continental <1%

76 Internet
mobile.weather.gov <1%

77 Trabajos del estudiante
Organismo de Evaluación y Fiscalización <1%

78 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Huancavelica <1%

79 Trabajos del estudiante
Universidad Tecnologica de los Andes <1%

80 Internet
seer.ufrgs.br <1%

81 Internet
xdoc.mx <1%

Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro
ASESOR

82 Trabajos del estudiante
UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología (NO TOCAR) <1%

83 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Federico Villarreal <1%

84 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional de Trujillo <1%

85 Internet
aulavirtual.minagri.gob.pe <1%

86 Internet
opendata.fi.uncoma.edu.ar <1%

87 Internet
pinos-puente.org <1%

88 Internet
quepasamedia.com <1%

89 Internet
repositorio.urp.edu.pe <1%

90 Internet
slideum.com <1%

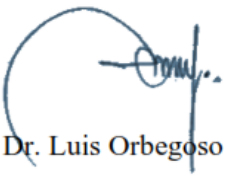
91 Internet
webiica.iica.ac.cr <1%

92 Internet
www.studylib.es <1%

93 Trabajos del estudiante
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA <1%

94 Publicación
Miguel Enrique Blanco-Chávez. "Efecto del cambio de uso del suelo sobre el hidro... <1%

95 Trabajos del estudiante
Universidad Andina del Cusco <1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro
ASESOR

96 Internet
flowlez.com <1%

97 Internet
repositorio.uchile.cl <1%

98 Internet
ri.ues.edu.sv <1%

99 Publicación
Montaña, Vivian Daniela Sánchez. "Generación de un Modelo Geoespacial para la ... <1%

100 Trabajos del estudiante
Universidad Andrés Bello <1%

101 Trabajos del estudiante
Universidad Privada Boliviana <1%

102 Trabajos del estudiante
Universidad Privada del Norte <1%

103 Internet
repositorio.uancv.edu.pe <1%

104 Internet
repositorio.unal.edu.co <1%

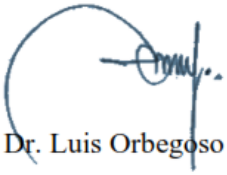
105 Internet
repositorio.unheval.edu.pe <1%

106 Internet
tesis.pucp.edu.pe <1%

107 Trabajos del estudiante
uni <1%

108 Trabajos del estudiante
Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE <1%

109 Trabajos del estudiante
Universidad de Costa Rica <1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro
ASESOR

110 Internet
es.cat6acabling.com <1%

111 Internet
keneamazon.net <1%

112 Internet
prezi.com <1%

113 Internet
repositorio.catie.ac.cr <1%

114 Internet
repositorioacademico.upc.edu.pe <1%

115 Internet
www.topconpositioning.com <1%

116 Internet
www.townofchapelhill.org <1%

117 Publicación
CONSULCONT SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la U.E.A. Agrupa... <1%

118 Publicación
ERM PERU S.A.. "EIA para la Ampliación del Programa de Exploración y Desarrollo ... <1%

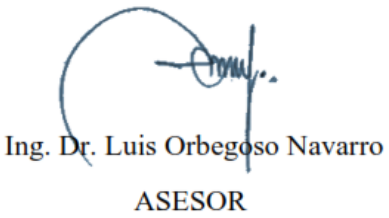
119 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Agraria la Molina <1%

120 Internet
alicia.concytec.gob.pe <1%

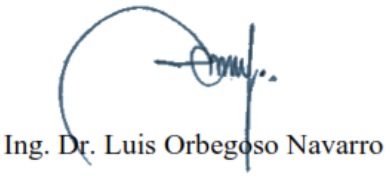
121 Internet
amanglana.unag.edu.hn <1%

122 Internet
cienciadigital.org <1%

123 Internet
ciencialatina.org <1%



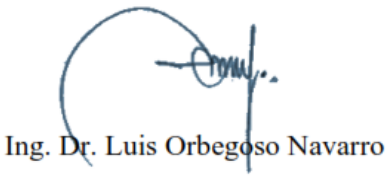
124	Internet	
dialnet.unirioja.es		<1%
125	Internet	
dominiodelasciencias.com		<1%
126	Internet	
edacunob.ult.edu.cu		<1%
127	Internet	
fr.slideshare.net		<1%
128	Internet	
idoc.tips		<1%
129	Internet	
polodelconocimiento.com		<1%
130	Internet	
repositorio.ana.gob.pe		<1%
131	Internet	
repositorio.continental.edu.pe		<1%
132	Internet	
repositorio.uan.edu.co		<1%
133	Internet	
repositorio.udh.edu.pe		<1%
134	Internet	
repositorio.unap.edu.pe		<1%
135	Internet	
repositorio.unj.edu.pe		<1%
136	Internet	
repositorio.unsa.edu.pe		<1%
137	Internet	
repositorio.upse.edu.ec		<1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro

ASESOR

138	Internet	
revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe		<1%
139	Internet	
s3-eu-west-1.amazonaws.com		<1%
140	Internet	
upc.aws.openrepository.com		<1%
141	Internet	
www.losrecursoshumanos.com		<1%
142	Internet	
www.minem.gob.pe		<1%
143	Internet	
www.nietoeditores.com.mx		<1%
144	Internet	
www.sciencegate.app		<1%



Ing. Dr. Luis Orbegoso Navarro

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 04:30 p.m. del día miércoles 16 de setiembre, reunidos en los ambientes de la sala de Incuba-UNACH segundo piso del local administrativo, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: **Jorge Anderson Fernández Saucedo y José Leandro Vásquez Idrogo** , denominada: **"Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025";** escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

14 (CATORCE)

En consecuencia, se les declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 16 de setiembre del 2026.

Dra. Martha Gladys Huamán Tanta
PRESIDENTE

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
SECRETARIO

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
VOCAL

Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **"Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025"** presentado por el bachiller **Jorge Anderson Fernández Saucedo y José Leandro Vásquez Idrogo,** sustentada el día 16 de setiembre, según Resolución de Decanato N°052-2026-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME.**

Chota, 27 de octubre de 2026.

Dra. Martha Gladys Huamán Tanta
PRESIDENTE

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
SECRETARIO

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
VOCAL

Dr. Luis Alberto Orbegoso Navarro
ASESOR

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

POR:

JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO

JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Dra. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta

PRESIDENTE

Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales	**Dr. Ing. Cristhian Saúl López Villanueva**
SECRETARIO	**VOCAL**

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino, por bendecir mi esfuerzo y por concederme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida profesional. A mi familia, por creer en mí, por brindarme su apoyo incondicional, comprensión y ánimo constante durante todo este proceso, y por ser la base fundamental de cada uno de mis logros.

Jorge Anderson Fernández Saucedo

A Dios, por ser mi guía en cada paso de mi vida, por darme salud, fortaleza, sabiduría y perseverancia para superar las dificultades y permitirme culminar este logro satisfactoriamente. A mi familia, que siempre ha sido mi mayor motivación para seguir adelante por su amor incondicional, sus sacrificios, sus consejos y su apoyo constante a lo largo de mi formación personal y profesional. A mis amigos, por su compañía sincera, su aliento en los momentos difíciles y por compartir conmigo este importante logro académico

José Leandro Vásquez Idrogo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a Dios por permitirnos culminar satisfactoriamente esta investigación. Expresamos nuestro especial agradecimiento a nuestro asesor Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro, por su orientación, apoyo y valiosos aportes durante el desarrollo del estudio. Asimismo, agradecemos a los pobladores de la subcuenca del río San Mateo, quienes brindaron las facilidades necesarias para realizar los ensayos de infiltración en sus terrenos y en las áreas seleccionadas como puntos de referencia para la pendiente del estudio. De igual manera, hacemos extensivo nuestro reconocimiento a las personas que nos apoyaron durante la ejecución de los ensayos de infiltración y a todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron al logro de esta meta académica.

Jorge Anderson Fernández Saucedo

José Leandro Vásquez Idrogo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS ..... **xiii**

RESUMEN ..... **xv**

ABSTRACT ..... **xvi**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN **17**

1.1. Planteamiento del problema **17**

1.2. Justificación **19**

1.3. Formulación del problema **20**

1.4. Objetivos **20**

1.4.1. Objetivo general 20

1.4.2. Objetivos específicos 20

1.5. Delimitación **21**

1.6. Limitaciones **22**

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **23**

2.1. Antecedentes **23**

2.1.1. Antecedentes internacionales 23

2.1.2. Antecedentes nacionales 30

2.1.3. Antecedentes regionales 31

2.2. Bases teóricas **32**

2.2.1. Hidrología de cuencas hidrográficas 32

2.2.2. Procesos de infiltración en suelos 34

2.2.3. Propiedades físicas e hidráulicas del suelo 36

2.2.4. Clasificación de suelos para fines hidrológicos 38

2.2.5. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (CUM) 39

2.2.6. Método del Número de Curva (SCS-CN) 41

2.2.7. Parámetros del método SCS-CN 46

2.2.8. Condición de humedad antecedente (AMC/ARC) 50

2.2.9. Determinación del CN en cuencas no aforadas 53

2.3. Definiciones conceptuales **55**

2.3.1 Cuenca y subcuenca hidrográfica 55
2.3.1. Caracterización hidrológica de suelos 58
2.3.2. Número de curva (CN) y su adaptabilidad 64
2.3.3. Indicadores hidráulicos 67

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 69

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación 69

3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis 71
3.2.1. Ubicación 71
3.2.2. Población 73
3.2.3. Muestreo 73
3.2.4. Muestra 73
3.2.5. Unidad de análisis 73

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 74
3.3.1. Técnicas de recolección de datos 74
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos 75

3.4. Hipótesis 76

3.5. Operacionalización de variables 76
3.5.1. Variable independiente: Caracterización hidrológica de suelos 76
3.5.2. Variable dependiente: Número de curva (CN) representativo de las condiciones locales 76
3.5.3. Matriz de operacionalización de variables 77

3.6. Procedimientos de recolección de datos 78
3.6.1. Delimitación hidrológica de la subcuenca San Mateo 78
3.6.2. Delimitación fisiográfica de la subcuenca San Mateo 82
3.6.3. Sectorización de la subcuenca y definición de puntos de muestreo 86
3.6.4. Muestreo de suelos y ejecución de ensayos de infiltración en campo 89
3.6.5. Ensayos físicos de suelo en laboratorio 100
3.6.6. Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (CUM) 107
3.6.7. Determinación del grupo hidrológico del suelo 114
3.6.8. Determinación del número de curva (CN) base por unidades homogéneas 116
3.6.9. Ajuste del número de curva a condiciones locales 118
3.6.10. Verificación hidrológica indirecta del CN ponderado 120

3.7. Procedimientos de análisis de datos 127

3.8. Material y equipos (descripción del uso) 128

3.9. Aspectos éticos 130

CAPÍTULO IV: RESULTADOS 132

4.1. Descripción de resultados 132

4.1.1. Delimitación fisiográfica de la subcuenca San Mateo 132

4.1.2. Caracterización de la subcuenca San Mateo en función de su Capacidad de Uso Mayor (CUM) 139

4.1.3. Infiltración básica del suelo 163

4.1.4. Clasificación y asignación de grupos hidrológicos 172

4.1.5. Curva Número (CN) de la subcuenca San Mateo 173

4.1.6. Verificación hidrológica indirecta del CN ponderado mediante precipitación efectiva, volumen escurrido y comparación con método racional 181

4.2. Contrastación de hipótesis 188

4.3. Discusión 195

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 208

5.1. Conclusiones 208

5.2. Recomendaciones 210

REFERENCIAS 213

ANEXOS 223

Anexo 1. Matriz de consistencia 223

Anexo 2. Panel fotográfico 224

Anexo 3. Validación de instrumentos 241

Anexo 3. Parámetros geomorfológicos de la subcuenca 244

Anexo 4. Resultados de ensayos de mecánica de suelos en campo y gabinete 245

Anexo 5. Hoja de cálculo del CUM 246

Anexo 6. Hoja de cálculo del número de curva 247

Anexo 7. Análisis de precipitaciones y caudales de la subcuenca 248

Anexo 8. Mapas 249

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases de partículas del suelo según textura 36
Tabla 2 Clases granulométricas básicas empleadas en la clasificación textural USDA 38
Tabla 3 Grupos hidrológicos del suelo y su comportamiento general frente a la infiltración..... 38
Tabla 4 Grupos de Capacidad de Uso Mayor establecidos por el Reglamento Peruano 39
Tabla 5 Estructura jerárquica de la CTCUM 40
Tabla 6 Subclases fundamentales reconocidas por la CTCUM 40
Tabla 7 Principales criterios considerados en la CTCUM según el Reglamento peruano 40
Tabla 8 Tablas del número de curva 42
Tabla 9 Números de curva de escorrentía para usos selectos en suelos agrícolas, urbanos y suburbanos. Condiciones antecedentes de humedad AMC II, Ia = 0.2 S..... 43
Tabla 10 Relación entre el número de curva (CN) y la retención potencial (S) 46
Tabla 11 Comparativo de las formulaciones del SCS-CN y el NRCS..... 49
Tabla 12 Condiciones de humedad antecedente del suelo en el método SCS-CN..... 50
Tabla 13 Clasificación tradicional de AMC a partir de la precipitación antecedente de 5 días..... 50
Tabla 14 Relación tabular entre las condiciones antecedentes de humedad 51
Tabla 15 Ejemplos de valores de CN tomados de tablas NRCS para condición promedio 53
Tabla 16 Integración básica de variables para la determinación del CN 54
Tabla 17 Estructura general de la CUM..... 59
Tabla 18 Simbología de suelos granulares y finos según SUCS..... 60
Tabla 19. Permeabilidad para suelos saturados..... 62
Tabla 20. Permeabilidad para suelos según (FAO, 2021)..... 62
Tabla 21 Clasificación general de grupos hidrológicos del suelo..... 63
Tabla 22 Interpretación general del rango del número de curva..... 64
Tabla 23 Utilidad conceptual del CN ponderado en cuencas..... 65
Tabla 24 Interpretación conceptual de las condiciones de humedad antecedente 65
Tabla 25 Significado conceptual de los parámetros derivados del método CN..... 66
Tabla 26 Productos cartográficos asociados a la representación espacial del CN..... 66
Tabla 27 Coeficiente de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno 68
Tabla 28 Coeficiente de escorrentía en áreas desarrolladas para ser utilizado en el método racional . 68
Tabla 29 Tipo de investigación según los principales criterios..... 69
Tabla 30 Coordenadas del punto de aforo de la subcuenca San Mateo 71
Tabla 31 Matriz de operacionalización de variables en estudio..... 77
Tabla 32 Coordenadas del punto de aforo de la subcuenca San Mateo 79
Tabla 33 Parámetros morfométricos calculados para la subcuenca San Mateo..... 81

Tabla 34 Puntos de muestreo para verificación de infiltración del suelo 88
Tabla 35 Resumen meteorológico general durante la semana previa y el periodo de ensayos de infiltración 91
Tabla 36 Condiciones meteorológicas diarias durante el periodo de ensayos de infiltración según estación Chota convencional 91
Tabla 37 Condiciones meteorológicas diarias durante el periodo de ensayos de infiltración según estación Chota automática 92
Tabla 38 Categorías de microrelieve de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 107
Tabla 39 Categorías de profundidad efectiva del suelo de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 108
Tabla 40 Categorías de clasificación del grupo textural de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 108
Tabla 41 Categorías de fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 109
Tabla 42 Categorías de calificación del drenaje de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 109
Tabla 43 Categorías de erosión hídrica de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 110
Tabla 44 Categorías del riesgo de inundación de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 111
Tabla 45 Categorías de fertilidad del suelo de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 111
Tabla 46 Categorías de la vegetación de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 112
Tabla 47 Categorías del clima de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI 112
Tabla 48 Ubicación geográfica de la estación meteorológica Chota 121
Tabla 49 Data de la estación meteorológica Chota: precipitación máxima en 24 horas de 1973 a 2025 122
Tabla 50 Prueba de Kolmogorov–Smirnov para la serie de precipitación, estación Chota 124
Tabla 51 Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación 128
Tabla 52 Parámetros geomorfológicos de la subcuenca San Mateo 132
Tabla 53 Pendiente de la subcuenca San Mateo 134
Tabla 54 Cobertura y uso del suelo de la subcuenca San Mateo 135
Tabla 55 Sectorización fisiográfica de la subcuenca San Mateo 136
Tabla 56 Subzonas y puntos de muestreo dentro de la sectorización fisiográfica 138
Tabla 57 Resultados físicos del suelo por punto de muestreo 140
Tabla 58 Conductividad hidráulica por punto de muestreo 143
Tabla 59 Clase textural del suelo por punto de muestreo 145
Tabla 60 Textura del suelo de la subcuenca San Mateo 148
Tabla 61 Microrelieve de acuerdo con la pendiente de la subcuenca San Mateo 150
Tabla 62 Profundidad efectiva del suelo de la subcuenca San Mateo 151
Tabla 63 Grupo textural del suelo de la subcuenca San Mateo 152

Tabla 64 Fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de la subcuenca San Mateo 153
Tabla 65 Drenaje del suelo de la subcuenca San Mateo 154
Tabla 66 Erosión hídrica del suelo de la subcuenca San Mateo 155
Tabla 67 Riesgo de inundación de la subcuenca San Mateo..... 156
Tabla 68 Fertilidad del suelo de la subcuenca San Mateo 157
Tabla 69 Vegetación de la subcuenca San Mateo 158
Tabla 70 Clima de la subcuenca San Mateo 159
Tabla 71 Resumen de la capacidad de uso mayor de la subcuenca San Mateo 160
Tabla 72 Parámetros de la capacidad de uso mayor de la subcuenca San Mateo 162
Tabla 73 Estadísticos descriptivos de infiltración por textura del suelo 163
Tabla 74 Estadísticos descriptivos de infiltración en función del CUM..... 164
Tabla 75 Resultados del ensayo de infiltración por punto de muestreo..... 165
Tabla 76 Infiltración por punto de muestreo en función de la CUM 167
Tabla 77 Distribución de los grupos hidrológicos del suelo en la subcuenca San Mateo..... 172
Tabla 78 Unidades homogéneas para la determinación del CN base 173
Tabla 79 Cálculo del CN ponderado de la subcuenca San Mateo 175
Tabla 80 CN ponderado por uso/CUM del suelo de la subcuenca San Mateo 177
Tabla 81 CN ponderado por grupo hidrológico del suelo de la subcuenca San Mateo 178
Tabla 82 Valor representativo del CN ponderado de la subcuenca San Mateo 178
Tabla 83 Ajuste del número de curva a condiciones húmedas y secas..... 179
Tabla 84 Parámetros derivados del método CN..... 181
Tabla 85 Precipitaciones máximas de diseño estimadas mediante la distribución Log-Pearson tipo III para la estación Chota 182
Tabla 86 Escorrentía directa estimada mediante el método SCS-CN..... 183
Tabla 87 Volumen escurrido aproximado por periodo de retorno..... 183
Tabla 88 Resultados obtenidos mediante el método racional modificado y el método SCS-CN 185
Tabla 89 Contraste hidrológico entre el coeficiente C y la relación de escorrentía Q/P..... 185
Tabla 90 Comparación de escorrentía para CN-I, CN-II y CN-III 186
Tabla 91 Prueba Kruskal-Wallis a la curva número (CN) 190
Tabla 92 Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con el CUM..... 191
Tabla 93 Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con el grupo hidrológico . 191
Tabla 94 Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con la cobertura/uso del suelo 192
Tabla 95 Correlación de Spearman entre la curva número (CN) y los parámetros hidrológicos y físicos del suelo de la subcuenca San Mateo..... 194
Tabla 95 Ventajas y limitaciones del uso de la CUM como criterio complementario para la estimación del CN..... 203

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Procesos de lluvia–infiltración–escorrentía en el ciclo hidrológico 33
Figura 2 Partes de una cuenca 55
Figura 3 Esquema del diseño de investigación 70
Figura 4 Ubicación geopolítica de la subcuenca San Mateo en el distrito de Chota 72
Figura 5 Ubicación hidrológica de la subcuenca San Mateo en el distrito de Chota 72
Figura 6 Delimitación de la subcuenca San Mateo en HEC-HMS 79
Figura 7 Elaboración del mapa de pendiente en el programa ArcGIS 10.8 82
Figura 8 Plano de acondicionamiento territorial de la MPCH 83
Figura 9 Plano de zonificación urbana de la MPCH 84
Figura 10 Tesistas realizando un recorrido general por la subcuenca San Mateo 85
Figura 11 Vista satelital de la subcuenca San Mateo en la aplicación de Google Earth 85
Figura 12 Delimitación preliminar de subzonas fisiográficas 86
Figura 13 Precipitación máxima del 19-01 al 30-01 de 2026 según la estación Chota 92
Figura 14 Preparación del terreno para el ensayo de infiltración con doble anillo 93
Figura 15 Instalación del infiltrometro de doble anillo 94
Figura 16 Aplicación del agua y establecimiento de la carga hidráulica 95
Figura 17 Registro de lecturas de infiltración 96
Figura 18 Toma de muestras de suelo en el punto de ensayo 97
Figura 19 Ensayo granulométrico del suelo 101
Figura 20 Clasificaciones de la textura de los suelos 102
Figura 21 Vista de la página web de cálculo de la conductividad hidráulica 103
Figura 22 Determinación del límite líquido en la muestra de suelo 104
Figura 23 Determinación del límite plástico en la muestra de suelo 105
Figura 24 Carta de plasticidad para la clasificación SUCS 106
Figura 25 Ubicación de la estación Chota, distrito de Chota 121
Figura 26 Pmáx 24 horas (1973-2025) en la Estación Chota 122
Figura 27 Análisis de valores atípicos de la serie de precipitación de la estación Chota 123
Figura 28 Delimitación de la subcuenca San Mateo 133
Figura 29 Mapa de la pendiente de la subcuenca San Mateo 134
Figura 30 Mapa de cobertura y uso del suelo de la subcuenca San Mateo 135
Figura 31 Mapa de sectorización de la subcuenca y ubicación de los 26 puntos de muestreo 137
Figura 32 Curva granulométrica de las muestras de suelo M1-M7 141
Figura 33 Curva granulométrica de las muestras de suelo M8-M14 141

Figura 34 Curva granulométrica de las muestras de suelo M15-M20 142
Figura 35 Curva granulométrica de las muestras de suelo M21-M26 142
Figura 36 Triángulo textural de las muestras de suelo M1-M7 146
Figura 37 Triángulo textural de las muestras de suelo M8-M14 146
Figura 38 Triángulo textural de las muestras de suelo M15-M20 147
Figura 39 Triángulo textural de las muestras de suelo M21-M26 147
Figura 40 Mapa de textura del suelo de la subcuenca San Mateo. 149
Figura 41 Microrelieve de acuerdo con la pendiente de la subcuenca San Mateo..... 150
Figura 42 Profundidad efectiva del suelo de la subcuenca San Mateo 151
Figura 43 Grupo textural del suelo de la subcuenca San Mateo 152
Figura 44 Fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de la subcuenca San Mateo..... 153
Figura 45 Drenaje del suelo de la subcuenca San Mateo..... 154
Figura 46 Erosión hídrica del suelo de la subcuenca San Mateo..... 155
Figura 47 Riesgo de inundación de la subcuenca San Mateo 156
Figura 48 Fertilidad del suelo de la subcuenca San Mateo..... 157
Figura 49 Vegetación de la subcuenca San Mateo 158
Figura 50 Clima de la subcuenca San Mateo..... 159
Figura 51 Mapa de capacidad de uso mayor (CUM) de la subcuenca San Mateo..... 161
Figura 52 Curvas de infiltración acumulada de los puntos evaluados P1 – P8..... 168
Figura 53 Curvas de infiltración acumulada de los puntos evaluados P9 – P16..... 169
Figura 54 Curvas de infiltración acumulada de los puntos evaluados P17 – P24..... 170
Figura 55 Curvas de infiltración acumulada de los puntos evaluados P25 – P26..... 171
Figura 56 Clase de infiltración de acuerdo al número de puntos de muestreo 171
Figura 57 Mapa de grupos hidrológicos del suelo de la subcuenca San Mateo..... 172
Figura 58 Unidades homogéneas para la determinación del CN base 174
Figura 59 Gráfico comparativo simple de CN-I, CN-II y CN-III 179
Figura 60 Mapa del número de curva (CN) base de la subcuenca San Mateo..... 180
Figura 61 CN ajustado a condiciones normales, secas y húmedas de la subcuenca San Mateo..... 180
Figura 62 Comparación del coeficiente equivalente Q/P del método SCS-CN con el coeficiente racional modificado 187
Figura 63 Escorrentía directa estimada con CN-I, CN-II y CN-III según periodo de retorno..... 187
Figura 64 Prueba de normalidad a la curva número (CN) 189

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Sigla / abreviatura	Significado
A, B, C y D	Grupos hidrológicos del suelo
AMC	Condición de humedad antecedente
AMC I	Condición antecedente seca
AMC II	Condición antecedente media
AMC III	Condición antecedente húmeda
ARC	Condición antecedente de escorrentía
ASMC	Condición antecedente de humedad del suelo
ASTM	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
Ce	Coeficiente de escorrentía
CE	Conductividad eléctrica
CL	Arcilla inorgánica de baja a media plasticidad, según SUCS
CL-ML	Suelo fino de transición entre arcilla limosa y limo arcilloso de baja plasticidad, según SUCS
CN	Número de curva
CN-I	Número de curva para condición antecedente seca
CN-II	Número de curva para condición antecedente media
CN-III	Número de curva para condición antecedente húmeda
CTCUM	Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor
CUM	Capacidad de Uso Mayor
D.S.	Decreto Supremo
ET	Evapotranspiración
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GCN250	Producto global del número de curva
GIS	Sistema de Información Geográfica
GL	Grados de libertad
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
HEC-HMS	Sistema de Modelamiento Hidrológico del Hydrologic Engineering Center
HEC-RAS	Sistema de Análisis de Ríos del Hydrologic Engineering Center
HSG	Grupo hidrológico del suelo
Ia	Abstracción inicial
INACAL	Instituto Nacional de Calidad
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil
IP	Índice de plasticidad
IP/LL	Relación entre índice de plasticidad y límite líquido

Sigla / abreviatura	Significado
Ksat	Conductividad hidráulica saturada
Ks	Conductividad hidráulica saturada
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
MDT	Modelo Digital del Terreno
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MINEDU	Ministerio de Educación
ML	Limo inorgánico de baja plasticidad, según SUCS
MPCH	Municipalidad Provincial de Chota
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MVCS	Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
NC	Número de curva
NRCS	Natural Resources Conservation Service
NTP	Norma Técnica Peruana
QGIS	Software de Sistema de Información Geográfica
Q/P	Coeficiente equivalente de escorrentía del método CN
SC	Arena arcillosa, según SUCS
SC-SM	Arena arcillosa-limosa, según SUCS
SCS	Soil Conservation Service
SCS-CN	Método del número de curva del Soil Conservation Service
SCS/NRCS	Soil Conservation Service / Natural Resources Conservation Service
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIGRID	Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres
SM	Arena limosa, según SUCS
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TR-55	Technical Release 55
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
USDA-NRCS	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Natural Resources Conservation Service
USACE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos
UTM	Sistema Universal Transversal de Mercator

RESUMEN

La delimitación y caracterización hidrológica de subcuencas altoandinas no aforadas es una necesidad técnica para representar de manera más realista la generación de escorrentía superficial y mejorar la aplicación local del método Curva Número (CN). La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar hidrológicamente los suelos de la subcuenca San Mateo y evaluar su adaptabilidad al método Curva Número (CN), mediante la propuesta de un valor representativo estimado a partir de las condiciones locales. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y de nivel descriptivo; la muestra estuvo conformada por 26 puntos de ensayos de infiltración distribuidos en la subcuenca, seleccionados como representativos de subáreas delimitadas por afinidad de pendiente. Los resultados mostraron que la subcuenca San Mateo posee un área de 6.21 km², con predominio de pendientes de 0–15 % y 15–30 %, y de cobertura periurbana y urbana en el 57.55 % del área. Presenta suelos con alta proporción de finos, clasificación SUCS mayoritaria CL y texturas francas, franco-arcillosas, franco-limosas y arcillosas; la CUM dominante correspondió a pastos (44.99 %). La infiltración básica varió entre 1.33 y 31.73 mm/h, con predominio del grupo hidrológico A (79.42 %). Se propuso un CNII representativo de 74.16, con ajustes de 55.72 para la condición seca y de 87.05 para la condición húmeda. La verificación hidrológica indirecta se realizó para periodos de retorno de 2 a 500 años, con precipitaciones máximas de diseño entre 50.71 y 105.27 mm, obteniéndose escorrentías directas entre 8.97 y 43.56 mm. Se concluyó que el CNII = 74.16 representa adecuadamente la condición hidrológica media de la subcuenca y constituye un parámetro útil para estimar la escorrentía directa en condiciones medias y extremas.

Palabras clave: Coeficiente de escorrentía, infiltración básica.

ABSTRACT

The delineation and hydrologic characterization of ungauged high-Andean subwatersheds are technical requirements for more realistically representing surface runoff generation and improving the local application of the Curve Number (CN) method. The objective of this research was to hydrologically characterize the soils of the San Mateo subwatershed and evaluate their suitability for the Curve Number (CN) method by proposing a representative value based on local conditions. The methodology followed a quantitative approach and was applied in a descriptive manner; the sample consisted of 26 infiltration test points distributed throughout the subwatershed, selected to represent subareas delineated by slope similarity. The results showed that the San Mateo subwatershed has an area of 6.21 km², with a predominance of 0–15% and 15–30% slopes, and peri-urban and urban land cover over 57.55% of the area. The soils showed a high proportion of fines, with CL as the predominant SUCS classification and loam, clay loam, silt loam, and clay textures; the dominant Land Capability Use (CUM) category corresponded to pastureland (44.99%). Basic infiltration ranged from 1.33 to 31.73 mm/h, with a predominance of Hydrologic Soil Group A (79.42%). A representative CN-II value of 74.16 was proposed, with adjusted values of 55.72 for dry conditions and 87.05 for wet conditions. The indirect hydrologic verification was performed for return periods ranging from 2 to 500 years, with design maximum rainfall values between 50.71 and 105.27 mm, resulting in direct runoff depths between 8.97 and 43.56 mm. It was concluded that CN-II = 74.16 adequately represents the average hydrologic condition of the subwatershed and constitutes a useful parameter for estimating direct runoff under average and extreme conditions.

Keywords: runoff coefficient, basic infiltration.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En cuencas no aforadas, la ausencia de registros hidrológicos obliga a representar la respuesta lluvia–escorrentía mediante parámetros indirectos que, en muchos casos, se obtienen de tablas generales (Austin-Bingamon et al., 2026). En este contexto, el método número de curva (NC) desarrollado por el *Soil Conservation Service (SCS),* llamado desde 1994 *Natural Resources Conservation Service* (NRCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se ha utilizado para cuencas no aforadas en las que se desean estimar los caudales circulantes (Mongil, 2010). Pero de acuerdo con Amorim et al. (2025) de 3,578 cuencas distribuidas a nivel mundial, se determinó que la variabilidad del CN está controlada por la pendiente, la precipitación, el contenido de finos del suelo y la cobertura forestal. Por tanto, el uso del CN sin caracterizar el suelo y sus propiedades hidrológicas puede generar incertidumbre en la estimación del escurrimiento en cuencas heterogéneas.

En el Perú, el problema adquiere relevancia debido a la creciente variabilidad climática. El periodo de lluvias 2024–2025 se caracterizó por eventos extremos contrastantes en la región andino-amazónica, con sequías, olas de calor e inundaciones; además, de forma complementaria, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI] (2025) reportó para 2024 11 eventos de lluvia sin precedentes y 2,241 eventos clasificados entre “muy lluviosos” y “extremadamente lluviosos”. En este escenario, disponer de parámetros de escorrentía representativos para cuencas andinas pequeñas y no aforadas deja de ser solo un interés académico y pasa a ser una necesidad para la gestión preventiva del territorio y del recurso hídrico.

En el distrito de Chota, entre 2014 y 2024, se reportó la pérdida de 214.84 ha de praderas naturales, asociada a la expansión agrícola (1,193.67 ha) y urbana (89.23 ha);

paralelamente, en la microcuenca Doñana, como también en el ámbito de la provincia de Chota, la erosión hídrica potencial presentó valores altos en 74.78 % del área y muy altos en 8.38 %, mientras que la erosión hídrica real mostró sectores con categorías moderada, alta y muy alta que suman más del 21% del ámbito estudiado (Campos, 2025). Los cambios en la cobertura y las limitaciones físicas del suelo ya están alterando la regulación hídrica del territorio, por lo que resulta pertinente realizar la caracterización hidrológica de la subcuenca en estudio.

En la subcuenca y ribera del río San Mateo, dentro de la ciudad de Chota, Ticlla (2022) señaló que fuertes precipitaciones afectan constantemente esta zona y que estas, afectarían un área de 18.59 ha, comprometiendo a 241 lotes, en problemas de inundación para periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años, alcanzaron afectaciones probables, directas, de 2.59, 2.77, 2.92 y 3.13 ha, respectivamente. Lo que confirma que San Mateo es un sector con susceptibilidad hidrológica baja; sin embargo, dichos trabajos se han concentrado en delimitar áreas inundables, sin desarrollar una caracterización hidrológica de los suelos que se relacionen con la generación del escurrimiento superficial.

La persistencia quedó nuevamente evidenciada el 30 de abril de 2025, cuando lluvias intensas activaron la quebrada San Mateo ocasionando daños en viviendas, infraestructura de transporte y el servicio de energía eléctrica en Chota (INDECI, 2025). Por tanto, la respuesta hidrológica local ya produce afectaciones concretas, pero todavía no se dispone de un parámetro de escorrentía construido a partir de las condiciones reales del suelo de la subcuenca. En consecuencia, persiste una brecha técnica: no se ha establecido de manera específica cómo las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos de San Mateo, su capacidad de uso mayor, su infiltración y su grupo hidrológico pueden traducirse en un número de curva (CN) representativo y adaptado a las

condiciones locales. Resolver esa brecha es necesario para mejorar la estimación del escurrimiento superficial y fortalecer el análisis de esta subcuenca no aforada.

1.2. Justificación.

La presente investigación reconoce, en principio, que el método Curva Número (CN) fue desarrollado sobre una realidad distinta de la que tenemos en nuestras zonas altoandinas, lo que permite reflexionar sobre si los valores del método Curva Número (CN) representarían mejor nuestra realidad. ¿Se podrá aplicar alguna metodología empírica que permita correlacionar los factores del método Curva Número (CN) con nuestra realidad local? ¿Será posible ajustar la metodología del método Curva Número (CN) a factores locales a un nivel semidetallado? ¿Será posible adaptar los grupos de pendientes de la Clasificación de Uso Mayor de Suelos del Perú, aprobada por el MIDAGRI, al método de la Curva Número (CN)? Pues, existen factores como la cobertura vegetal, la conductividad hidráulica y la fisiografía local que condicionan el comportamiento hidrológico de los suelos de la cuenca y difieren de las condiciones de origen del método, lo que amerita ajustarlo a las condiciones reales de nuestro medio.

Otra limitante es que nuestras cuencas y/o microcuencas no las tenemos aforadas, sólo se recurre a otras expresiones empíricas para estimar el caudal de escorrentía; así mismo, se utilizarán imágenes de sensores remotos a través del programa ArcGis y/o Google Earth, de tal manera que se logre delimitar la cuenca en función a los grupos de pendientes pre establecidos y, obtener mapas temáticos de la capacidad de usos mayor de las tierras, cobertura vegetal y fisiografía, pues, la meta en primer lugar, es obtener un valor promedio del valor de Curva Número (CN) para estimar posteriormente un valor de coeficiente de escorrentía (Ce) que represente lo más cercano a las condiciones de la microcuenca para estimar el potencial de escurrimiento que tenga la subcuenca San Mateo.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo permitirá la caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su Capacidad de Uso Mayor, proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar hidrológicamente los suelos de la subcuenca San Mateo y evaluar su adaptabilidad al método Curva Número (CN), mediante la propuesta de un valor representativo ajustado a sus condiciones propias, a lo largo de esta subcuenca.

1.4.2. Objetivos específicos

- Delimitar fisiográficamente la subcuenca San Mateo mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).
- Caracterizar los tipos de suelo de la subcuenca de San Mateo en función de su Capacidad de Uso Mayor (CUM), conforme a los criterios del Decreto Supremo N.° 005-2022-MIDAGRI.
- Determinar la tasa de infiltración básica promedio de los grupos de suelos mediante ensayos de infiltración con cilindros infiltrómetros, en función de la CUM.
- Clasificar y asignar los grupos hidrológicos de suelo (A, B, C y D) según el comportamiento de infiltración y las características físicas del suelo.
- Proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones de la subcuenca San Mateo.
- Verificar hidrológicamente el número de curva ponderado de la subcuenca San Mateo mediante precipitaciones máximas corregidas, la estimación de la escorrentía directa y su comparación con el método racional modificado.

1.5. Delimitación

En cuanto a la delimitación metodológica del estudio, se consideró utilizar la Capacidad de Uso Mayor (CUM) como criterio complementario para interpretar el Número de Curva (CN). Si bien la CUM no forma parte de las variables tabulares directas del método SCS-CN, su incorporación se justificó por integrar información del suelo, del relieve, de la cobertura vegetal, del drenaje, de la erosión, del riesgo de inundación, de la fertilidad y de otras condiciones físicas vinculadas a la respuesta hidrológica del terreno. En este sentido, la CUM no se utilizó como sustituto del uso/cobertura del suelo ni del grupo hidrológico, sino como una unidad territorial de apoyo para organizar, contrastar e interpretar los valores de infiltración, los grupos hidrológicos y el CN en la subcuenca San Mateo. Por tanto, los resultados asociados a la CUM deben entenderse como una adaptación metodológica local, pertinente para condiciones altoandinas, y dependiente del nivel de detalle de la información cartográfica, de campo y de laboratorio disponible.

Respecto a la Capacidad de Uso Mayor (CUM), se precisa que la investigación no empleó directamente un mapa CUM preexistente elaborado por MIDAGRI, una cartografía de Zonificación Ecológica Económica regional ni una clasificación general a escala 1:100,000, debido a que dicha escala no resultaba suficiente para representar el detalle espacial requerido en una subcuenca pequeña de 6.21 km². En su lugar, la CUM fue determinada específicamente para la subcuenca San Mateo mediante la integración de información local obtenida en campo, ensayos de laboratorio, análisis de cobertura/uso del suelo, pendiente, relieve, drenaje, erosión, riesgo de inundación, vegetación, fertilidad y demás criterios físico-territoriales considerados en el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. En consecuencia, la CUM utilizada en el estudio constituye una clasificación local

generada con fines de caracterización hidrológica y no una reproducción directa de la cartografía oficial preexistente.

1.6. Limitaciones

Una limitación de la investigación fue la ausencia de registros observados de lluvia–escorrentía, de estaciones de aforo o de mediciones históricas de caudal en la subcuenca San Mateo. Esta condición impidió realizar una calibración hidrológica observacional del Número de Curva (CN), por lo que su estimación se basó en la caracterización hidrológica local y en procedimientos indirectos del método SCS-CN. En consecuencia, para estudios futuros se recomienda complementar la información con mediciones de caudal y registros de eventos de lluvia–escorrentía que permitan validar y ajustar el parámetro en condiciones reales de respuesta hidrológica.

Otra limitación de la investigación estuvo asociada a la representatividad estadística de los puntos utilizados en el análisis de infiltración. Los 26 puntos de ensayo fueron seleccionados mediante un criterio técnico-fisiográfico, considerando la sectorización de la subcuenca por rangos de pendiente, cobertura/uso del suelo, condiciones visibles del terreno, accesibilidad y factibilidad de ejecución de los ensayos; por tanto, no se trató de una muestra probabilística aleatoria. Esta decisión permitió representar las principales unidades territoriales de la subcuenca San Mateo y obtener información distribuida espacialmente para el cálculo de la infiltración básica y la asignación de grupos hidrológicos; sin embargo, los resultados deben interpretarse como representativos de las subzonas evaluadas y no como una estimación estadística exhaustiva de toda la variabilidad edáfica de la subcuenca. En consecuencia, futuras investigaciones podrían incrementar la densidad de puntos, incorporar réplicas por unidad fisiográfica y aplicar diseños de muestreo estratificado para reducir la incertidumbre espacial en la infiltración.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Av y Barik (2026), en su artículo *"A Novel Approach for the SCS-CN Method by Updating Curve Numbers for the Antecedent Soil Moisture Conditions (ASMCs) and Improving its Performance"* [Un nuevo enfoque para el método SCS-CN mediante la actualización de los números de curva para las condiciones de humedad del suelo antecedentes (ASMC) y la mejora de su rendimiento], tuvieron como objetivo analizar el efecto de las condiciones de humedad del suelo en la generación de escorrentía y proponer números de curva adecuados para la cuenca de Kidangoor, India. Utilizaron la metodología SCS-CN con registros observados de precipitación y escorrentía de 18 años y evaluaron los valores de CN bajo las condiciones ASMC I, II y III. Determinaron que, al aplicar el estándar ASMC II, la escorrentía fue sobreestimada en 5.8%, mientras que al emplear los CN correspondientes a la condición de humedad del día del evento, el error se redujo a 4.3%. Concluyeron que la actualización del número de curva según la condición de humedad mejora la estimación de la escorrentía método SCS-CN.

Amorim et al. (2025), en su artículo *"Toward a better understanding of curve number and initial abstraction ratio values from a large sample of watersheds perspective"* [Hacia una mejor comprensión de los valores del número de curva y la relación de abstracción inicial desde la perspectiva de una gran muestra de cuencas hidrográficas], tuvieron como objetivo evaluar la influencia de la relación de abstración inicial y de los valores del número de curva (CN) en la estimación de la escorrentía con el método NRCS-CN. Utilizaron el método cuantitativo NRCS-CN en 3578 cuencas hidrográficas a nivel mundial, comparando los valores de $\lambda = 0.2$ y $\lambda = 0.05$, así como dos umbrales de precipitación y técnicas de aprendizaje automático. Determinaron que

los CN altos se asociaron con la pendiente, la precipitación y el contenido de limo, mientras que los CN bajos se asociaron con las coberturas forestales y los suelos arenosos. Los valores medianos de CN fueron 62.68, 64.07 y 69.48 para los métodos ASY, LS y NEH, respectivamente, en el Grupo (1). En contraste, se determinaron valores medianos de CN de 57.45, 64.47 y 97.75 para el Grupo (2). Concluyeron que la estimación de la escorrentía mejoró al ajustar los parámetros CN y λ a cada cuenca.

Khattab et al. (2025), en su artículo *"Evaluation of the Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method for Flash Flood Runoff Estimation in Arid Regions: A Case Study of Central Eastern Desert, Egypt"* [Evaluación del método del número de curva del Servicio de Conservación de Suelos (SCS-CN) para la estimación de la escorrentía de inundaciones repentinas en regiones áridas: un estudio de caso del desierto centro-oriental de Egipto], tuvieron como objetivo evaluar la eficacia del método SCS-CN para estimar la escorrentía de inundaciones repentinas en la cuenca Wadi Al-Barud, Egipto. Utilizaron imágenes de Landsat 8 OLI, de radar ALOS-PALSAR, de precipitación de GPM-FR, mapas geológicos, mediciones de campo e integración del método SCS-CN con HEC-HMS. Determinaron que, para el evento del 26–27 de octubre de 2016, la precipitación máxima alcanzó 16.4 mm/día y el 78.4% de la precipitación ocurrió en solo 6 horas; además, identificaron coberturas con valores de CN 94 en carreteras, áreas urbanas, rocas de basamento y calizas miocenas, CN 59 en areniscas cretácicas y suelos gruesos a medios, y CN 42 en suelos arenosos finos, así como grupos hidrológicos A en suelos arenosos finos con transmisión de agua mayor a 7.62 mm/h y B en depósitos de gravas medias a gruesas con transmisión entre 3.81 y 7.62 mm/h. Asimismo, establecieron que la cuenca se encontraba en condición AMC-I debido a la ausencia de lluvias en los cinco días previos, estimaron una abstracción inicial total de 7.22×10^6 m³, equivalente al 81.6% del volumen de lluvia,

y una escorrentía total de 1.63×10^6 m³, correspondiente al 18.4% del volumen de lluvia. Concluyeron que el método SCS-CN mostró alta precisión para estimar la escorrentía en cuencas áridas no aforadas.

Mulu et al. (2025), en su artículo "*Runoff estimation using the SCS-CN method and GIS: a case study in the Wuseta watershed, upper Blue Nile Basin, Ethiopia*" [Estimación de escorrentía usando el método SCS-CN y SIG: estudio de caso en la cuenca Wuseta, alta cuenca del Nilo Azul, Etiopía], tuvieron como objetivo estimar la escorrentía en la cuenca Wuseta mediante la integración del método SCS-CN con sistemas de información geográfica. Utilizaron datos de precipitación diaria de 1999 a 2019, información sobre uso y cobertura del suelo obtenida de Landsat 8, tipos de suelo, grupos hidrológicos del suelo y condiciones de humedad antecedente. Determinaron que la precipitación anual más alta fue de 1458.00 mm en 2009 y la más baja, de 1256.21 mm en 2005, con un promedio de 1358.84 mm; asimismo, la escorrentía máxima alcanzó 458.6 mm en 2009 y la mínima, 261.43 mm en 2015. En los 20 años de estudio, la precipitación total fue de 28,487.79 mm y generó 7364.59 mm de escorrentía, equivalente al 25.90 % de la precipitación total, con una escorrentía media de 358.76 mm. Además, calcularon un CN ponderado de 88.38 para AMC II, ajustado a 76.93 para AMC I y 94.68 para AMC III. Concluyeron que el método SCS-CN integrado con SIG resultó eficaz para estimar la escorrentía.

Wang et al. (2025), en su artículo *"A modified curve number method for runoff prediction of different soil types in China"* [Un método modificado de número de curva para la predicción de la escorrentía en diferentes tipos de suelo en China], tuvieron como objetivo comparar los valores de CN tabulados del método SCS-CN con valores calculados a partir de datos observados e incorporar la conductividad hidráulica saturada del suelo (Ks) para mejorar la predicción de escorrentía en distintos tipos de

suelo de China. Utilizaron la metodología SCS-CN con información de 1240 eventos lluvia–escorrentía registrados en 48 sitios de estudio, de los cuales 44 se emplearon para la calibración y validación del modelo y 4 para su aplicación final; además, analizaron los grupos hidrológicos A, B, C y D, comparando los valores de CN tabulados (CNT), los obtenidos por mediana (CNM) y los obtenidos mediante ajuste de mínimos cuadrados (CNF). Determinaron que los valores tabulados de CN oscilaron entre 77 y 94, mientras que los valores calculados variaron entre 79 y 93 con el método de la mediana y entre 76 y 89 con el ajuste por mínimos cuadrados. Concluyeron que los valores tabulados del CN no representan adecuadamente las condiciones hidrológicas reales de los suelos en China, y que la incorporación de la conductividad hidráulica saturada mejora la precisión del método SCS-CN para predecir escorrentía en diferentes tipos de suelo.

Lee et al. (2023), en su artículo *"The revised curve number rainfall–runoff methodology for an improved runoff prediction*" [Metodología revisada del número de curva precipitación–escorrentía para una mejor predicción de la escorrentía], tuvieron como objetivo reevaluar la metodología del número de curva y mejorar la predicción de la escorrentía mediante una nueva formulación de la relación entre la abstracción inicial (Ia) y la retención potencial máxima (S). Utilizaron datos de lluvia–escorrentía de siete conjuntos provenientes de Malasia, China y Grecia, incluyendo 474 pares de datos del DID-HP 11, 227 del DID-HP 27, 701 datos combinados de ambos, 94 del área de Kayu Ara, 73 de Kerayong, 77 de Attica y 29 de Wang Jia Qiao. Determinaron que la relación Ia/S se encontró entre 0.009 y 0.171, muy por debajo del valor tradicional de 0.20. Para Wang Jia Qiao, China, se obtuvieron S=386.57 mm, Ia=3.57 mm e Ia/S=0.009, con un rango de $CN_{0.2}$ entre 75.08 y 82.60. Concluyeron que la formulación revisada del método CN, mediante una relación potencial entre Ia y S, mejora la

predicción de escorrentía y evidencia que la relación tradicional Ia=0.2S no representa adecuadamente las condiciones reales de las cuencas analizadas.

Gualdrón et al. (2023), en su investigación *"Cálculo y aplicación del método del número de curva del soil conservation services (SCS) para la cuenca alta del río suárez usando sistemas de información geográfica"*, tuvieron como objetivo calcular y aplicar el método del número de curva (CN) en la cuenca alta del río Suárez mediante herramientas SIG, con el fin de automatizar la obtención de la distribución espacial del CN y su ajuste por pendiente. Utilizaron la metodología del SCS, apoyada en ArcGIS 10.8 y Model Builder, integrando un modelo digital de elevación, la geología asociada al grupo hidrológico del suelo y el uso del suelo; además, aplicaron las ecuaciones de conversión para las condiciones de humedad antecedente AMCI, AMCII y AMCIII, así como el factor de corrección por pendiente de Sharpley y Williams. Determinaron que la cuenca alta del río Suárez presenta un área de 41,568 ha, con distribución climática de 80% en piso frío semihúmedo, 10 % en páramo bajo semihúmedo, 5% en piso frío semiárido y 5% en piso frío húmedo; asimismo, consideraron tres niveles de humedad antecedente según la precipitación acumulada de los cinco días previos: AMC I entre 0 y 3.3 cm, AMC II entre 3.5 y 5.25 cm y AMC III mayor de 5.25 cm. También señalaron que la cuenca registra valores elevados del número de curva en la mayor parte del territorio, lo que indica el predominio de la escorrentía sobre la infiltración. Concluyeron que la aplicación del método SCS-CN, con el apoyo de sistemas de información geográfica, permite procesar la información de manera más eficiente.

Macas et al. (2023), en el artículo *"Caracterización Hidrológica de la Microcuenca de estero Hondo, cantón La Maná, Ecuador"*, tuvieron como objetivo caracterizar la red hidrológica de la microcuenca del estero Hondo mediante parámetros morfométricos y biofísicos. Utilizaron la metodología de análisis geoespacial con

ArcGIS 10.8. Determinaron que la microcuenca presentó un área de 7.96 km², perímetro de 14.92 km, longitud del río principal de 3.87 km y longitud total de 15.02 km; además, obtuvo un índice de compacidad de 1.49, un factor de forma de 0.53 y una relación de elongación de 0.82, lo que evidenció una forma alargada u oblonga. Asimismo, registró una altitud media de 294.39 m s. n. m., pendiente promedio del cauce de 5%, tiempo de concentración de 0.59 h y predominio de textura moderadamente gruesa en 572.7 ha (71.96%), frente a textura media en 223.17 ha (28.04%). En cuanto al uso del suelo, la tierra de cultivo representó 792.89 ha (99.63%), mientras que los bosques nativos solo 1.8 ha; además, la pendiente muy fuerte (50–70%) ocupó 565.42 ha y los alfisoles abarcaron 565.42 ha (71.04%). También identificaron precipitaciones anuales entre 1976.78 y 1994.28 mm. Concluyeron que la microcuenca presenta una red de drenaje moderada y estabilidad en sus regímenes de escurrimiento superficial, sin alta propensión a picos de crecida, aunque con probabilidad de experimentar procesos erosivos.

Bajirao y Kumar (2022), en su investigación *"Quantification of impact of spatio-temporal variability of land use/land cover on runoff generation using modified NRCS-CN method"* [Cuantificación del impacto de la variabilidad espacio-temporal del uso/cobertura del suelo en la generación de escorrentía mediante el método NRCS-CN modificado], tuvieron como objetivo cuantificar el efecto de la variabilidad espacio-temporal del uso y cobertura del suelo sobre la generación de escorrentía pluvial mediante una versión modificada del método NRCS-CN que incorpora el factor de pendiente. Utilizaron la metodología NRCS-CN modificada, analizando los cambios en el uso/cobertura del suelo durante un periodo de 13 años (1999–2011) y evaluando la respuesta hidrológica bajo las condiciones de humedad antecedente AMC-I, AMC-II y AMC-III. Determinaron que el mayor cambio en la extensión espacial ocurrió en el

suelo desnudo, seguido por el suelo construido, el suelo agrícola, el bosque denso, el bosque abierto y el cuerpo de agua; además, el área con baja cobertura vegetal aumentó de 697.68 a 999.30 km², mientras que la cobertura vegetal media disminuyó de 1081.93 a 914.54 km² y la alta cobertura vegetal disminuyó de 137.56 a 3.33 km². Asimismo, encontraron que el número de curva ponderado, corregido por la pendiente, aumentó de 66.55 a 69.54 en AMC-I, de 80.65 a 82.34 en AMC-II y de 90.23 a 91.05 en AMC-III, mientras que el coeficiente de escorrentía promedio aumentó de 0.41 a 0.43. Concluyeron que los cambios espaciotemporales en el uso y la cobertura del suelo incrementan el CN y la escorrentía.

Ibrahim et al. (2022), en su estudio *"Curve number estimation using rainfall and runoff data from five catchments in Sudan"* [Estimación del número de curva utilizando datos de precipitaciones y escorrentía de cinco cuencas en Sudán], tuvieron como objetivo evaluar la efectividad del método NRCS-CN para estimar la escorrentía en cinco cuencas de Sudán. Utilizaron datos diarios de lluvia–escorrentía y estimaron el CN mediante cuatro procedimientos: tablas de NRCS, media aritmética, mediana y media geométrica. Determinaron que las áreas de las cuencas fueron de 92.4 km² en Abufargha, 484.84 km² en Eldilling, 73.3 km² en Erigi, 329.87 km² en Tiflo y 289.23 km² en Abasya, con 24, 28, 36, 17 y 18 eventos lluvia–escorrentía analizados, respectivamente. Asimismo, los valores de CN variaron entre 82.94 y 90.96 en Abufargha, 82.43 y 87.19 en Eldilling, 67.13 y 93.11 en Erigi, 77.00 y 94.63 en Tiflo, y 86.60 y 98.71 en Abasya. Concluyeron que el método NRCS-CN no resultó adecuado para calcular la escorrentía en las cuencas estudiadas en Sudán, por lo que recomendaron investigaciones adicionales orientadas a determinar valores locales más representativos del coeficiente de abstracción inicial (λ) y del número de curva.

2.1.2. Antecedentes nacionales

A nivel nacional, no se han identificado investigaciones que aborden específicamente la caracterización hidrológica de suelos en función de su Capacidad de Uso Mayor (CUM) y su adaptabilidad al método de Curva Número (CN); sin embargo, la amplia base de estudios internacionales que han evaluado y ajustado el método CN permite sustentar técnicamente el desarrollo de esta investigación.

Villanueva y Vidaurre (2025), en su investigación *"Uso del producto global (GCN250) para la identificación del Número de Curva (CN) en la cuenca alta del Jequetepeque, Perú"*, tuvieron como objetivo utilizar el producto global GCN250 para identificar el Número de Curva (CN) en dicha cuenca. Utilizaron el producto global del Número de Curva a escala mundial (GCN250), con el apoyo del sistema de información geográfica QGIS 3.42.0, para la distribución del NC bajo diversas condiciones de humedad. Determinaron que el producto identifica tres condiciones en la cuenca, seca, promedio y húmeda, evidenciando la temporalidad del NC, además obtuvieron valores promedio de 56.96 para condición seca ARC I, 74.5 para la condición promedio ARC II y 86.53 para condición húmeda ARC III, también identificaron para la zona de producción de sedimentos valores de NC de 58 a 60 en ARC I, 76 a 77 en ARC II Y 89 en ARC III. Concluyeron que la información derivada de GCN250 permite representar espacialmente el Número de Curva.

Torres (2022), en su tesis de maestría *"Variación de la curva número en la subcuenca del río Shullcas y su relación con el riesgo a inundaciones, sector Santa Rosa-Huancayo, 2000 - 2016"* tuvo como objetivo determinar si la variación de la variable hidrológica Curva Número (CN) en la subcuenca del río Shullcas se relaciona con las áreas de riesgo de inundación alto y muy alto en el sector Santa Rosa, Huancayo, durante el período comprendido entre los años 2000 y 2016. Para determinar el

parámetro Curva Número se utilizó información de sensores remotos, como imágenes de Landsat. Con el fin de establecer el área de riesgo en el sector de Santa Rosa, se evaluó la peligrosidad de la zona y se realizaron simulaciones hidrodinámicas con el modelo HEC-RAS, considerando los diferentes caudales del río Shullcas reportados por el SENAMHI. Asimismo, para obtener el insumo sobre la vulnerabilidad del área de estudio, se empleó la información disponible en el SIGRID del CENEPRED. Determinó que la curva número a varió con el tiempo, pero sus valores oscilaron entre 64.24 y 65.29, con un promedio de 64.674; asimismo, el riesgo de inundación varió de acuerdo con el CN, siendo el riesgo alto en 2016 de 9,188.66 m², pero la correlación no fue favorable: el CN con el área de riesgo alto presentó un coeficiente Rho de 0.040.

2.1.3. Antecedentes regionales

Cubas (2024), en su investigación *"Modelamiento hidrológico de la cuenca Chotano empleando el método del número de curva para determinar caudales máximos – 2021"*, tuvo como objetivo modelar hidrológicamente la cuenca Chotano mediante el método del número de curva para determinar caudales máximos. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa sobre la modelación hidrológica en la cuenca del río Chotano, de un área de 1924.06 km² y un perímetro de 257.7 km, que incluyó los aportes de la subcuenca del Conchano. En la aplicación, se clasificó el suelo de la cuenca como perteneciente al grupo hidrológico tipo B, con capacidad de infiltración de media a alta. Los resultados indicaron que el análisis mostró una buena correspondencia entre las precipitaciones de escorrentía estimadas y un caudal de 80 m³/s para un Tr de 18 años. Concluyeron que la aplicación del método SCS-CN permitió estimar eficazmente los caudales máximos en la cuenca del río Chotano para la planificación y gestión de los recursos hídricos en zonas con características similares.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Hidrología de cuencas hidrográficas

Estudia el comportamiento del agua en una unidad territorial delimitada por divisorias, considerando los procesos de entrada, circulación, almacenamiento y salida del recurso hídrico. La cuenca constituye la unidad natural más apropiada para analizar la respuesta hidrológica, ya que integra la influencia de la precipitación, la topografía, el suelo, la cobertura vegetal y la red de drenaje sobre la generación de escorrentía, la infiltración y el almacenamiento de agua (Sarker y Leta, 2025).

2.2.1.1. Ciclo hidrológico en cuencas.

Representa la circulación continua del agua entre la atmósfera, la superficie terrestre, el suelo y los cauces, mediante procesos de precipitación, interceptación, infiltración, evapotranspiración, escorrentía superficial, flujo subsuperficial y almacenamiento temporal. En una cuenca hidrográfica, estos procesos no ocurren de manera aislada, sino que actúan como componentes interdependientes que determinan la transformación de la lluvia en escurrimiento (Sarker y Leta, 2025).

2.2.1.2. Procesos de lluvia–infiltración–escorrentía.

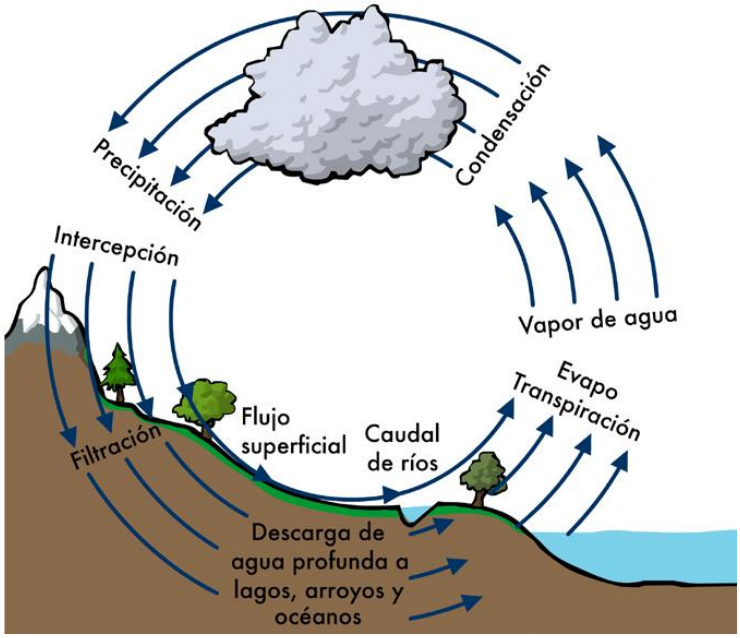
Los procesos de lluvia–infiltración–escorrentía describen la partición de la precipitación que alcanza la superficie del terreno entre el agua que se infiltra en el suelo, el agua retenida inicialmente y el excedente que genera escorrentía directa. La infiltración regula la cantidad de agua que ingresa al perfil del suelo y, en consecuencia, controla la magnitud del escurrimiento superficial. Cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de infiltración del suelo o cuando el terreno está altamente saturado, la proporción de la precipitación transformada en escorrentía aumenta. Esta relación constituye la base conceptual del método Curva Número (Yan y Chang, 2025).

$$P = Q + F + I_a \quad (1)$$

Donde: P = precipitación total (mm); Q = escorrentía directa (mm); F = infiltración efectiva (mm); Ia = abstracción inicial o pérdidas iniciales (mm).

Figura 1

Procesos de lluvia–infiltración–escorrentía en el ciclo hidrológico



Nota. (Climática, 2026).

2.2.1.3.Balance hídrico.

El balance hídrico es la expresión del principio de conservación de la masa aplicado a una cuenca hidrográfica y establece que el agua que ingresa al sistema debe distribuirse entre las salidas y la variación del almacenamiento interno. Su formulación permite interpretar cuantitativamente el comportamiento hidrológico de una cuenca, identificando la proporción de la precipitación que se transforma en escorrentía, en evapotranspiración o en almacenamiento (Getahun et al., 2025).

$$P = Q + ET + \Delta S \quad (2)$$

Donde: P: precipitación (mm); Q: escurrimiento total (mm); ET: evapotranspiración (mm); ΔS: variación del almacenamiento de agua en la cuenca (mm).

2.2.2. Procesos de infiltración en suelos

2.2.2.1. Concepto físico de infiltración.

Desde el punto de vista físico, la infiltración es el flujo de agua que atraviesa la interfaz atmósfera–suelo e ingresa al medio poroso no saturado bajo la acción combinada de la gravedad y de los gradientes de potencial matricial, por lo que constituye un proceso de transferencia de masa y energía que conecta el agua superficial con la humedad del suelo y la recarga subterránea (Yan y Chang, 2025).

2.2.2.2. Factores que controlan la infiltración (textura, estructura, humedad, pendiente).

La infiltración está controlada por un conjunto de factores edáficos y superficiales, entre los que destacan la textura, la humedad antecedente y la pendiente, ya que estos modifican la continuidad y el tamaño de los poros, la estabilidad de los agregados y la disponibilidad temporal del agua para ingresar al suelo. Sin embargo, las condiciones superficiales observables, como costras, fragmentos gruesos, cobertura herbácea y residuos, pueden discriminar la capacidad de infiltración con mayor eficacia que algunas propiedades permanentes del suelo, lo que confirma que la infiltración responde tanto a atributos intrínsecos del suelo como al estado físico de su superficie en el momento del evento hidrológico (Andrieux et al., 2025).

2.2.2.3. Modelos de infiltración (Horton, Green-Ampt).

Los modelos de infiltración de Horton y Green-Ampt siguen siendo referencias clásicas para representar el ingreso del agua al suelo, aunque responden a lógicas distintas: Horton expresa una disminución exponencial de la capacidad de infiltración con el tiempo, mientras que Green-Ampt representa un frente húmedo abrupto y una aproximación físicamente fundamentada al flujo en suelos inicialmente no saturados. En aplicaciones hidrológicas, el primero resulta útil por su sencillez empírica y el segundo por su mayor interpretación física (David et al., 2025).

Ecuación de Horton:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (3)$$

Donde: f(t) = capacidad de infiltración en el tiempo t (mm/h); fc = capacidad de infiltración final (mm/h); f0 = capacidad de infiltración inicial (mm/h); k = coeficiente de decaimiento (h-1); t = tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo (h).

Ecuación de Green-Ampt

$$f = K_s \left(1 + \frac{\psi_f \Delta\theta}{F}\right) \quad (4)$$

Donde: f, tasa de infiltración instantánea (mm/h); Ks, conductividad hidráulica saturada (mm/h); ψf, potencial de succión en el frente húmedo (mm); Δθ, cambio de contenido volumétrico de agua (cm^3/cm^3); F, infiltración acumulada (mm).

2.2.2.4.Ensayo de infiltración (doble anillo).

El ensayo de doble anillo es un procedimiento de campo utilizado para estimar la infiltración vertical del suelo en condiciones in situ, ya que el anillo exterior reduce el flujo lateral y permite que el descenso o la reposición de agua en el anillo interior represente el movimiento vertical a través del perfil superficial (Mavundla et al., 2025).

Ecuación general de la tasa de infiltración medida con doble anillo.

$$f = \frac{\Delta V}{A\Delta t} \quad (5)$$

Donde: f, tasa de infiltración (mm/h); ΔV, volumen de agua infiltrado durante el intervalo de medición (mm^3 o cm^3); A, área interna efectiva del anillo interior (mm^2 o cm^2); Δt, intervalo de tiempo de medición (h, min o s).

Si el volumen infiltrado se registra como descenso de lámina de agua:

$$f = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (6)$$

Donde: f, tasa de infiltración (mm/h); Δh, descenso de la lámina de agua en el anillo interior (mm); Δt, intervalo de tiempo de observación (h).

2.2.3. Propiedades físicas e hidráulicas del suelo

Las propiedades físicas e hidráulicas del suelo controlan la forma en que el agua se almacena, se transmite y se redistribuye dentro del perfil edáfico, por lo que constituyen la base para interpretar la infiltración, la retención y la generación de escorrentía superficial en una cuenca (Lei et al., 2020).

2.2.3.1. Textura del suelo (arena, limo, arcilla).

La textura del suelo es una propiedad física básica definida por la proporción relativa de arena, limo y arcilla presentes en una muestra, y su importancia radica en que condiciona la distribución del tamaño de los poros, la retención de agua, la aireación y la conductividad hidráulica (Rajendra et al., 2025).

En la práctica, la suma de las fracciones texturales debe satisfacer:

$$A + L + Ar = 100 \quad (7)$$

Donde: A = contenido de arena (%); L = contenido de limo (%); Ar = contenido de arcilla (%).

Tabla 1

Clases de partículas del suelo según textura

Fracción	Rango de tamaño
Arena	0.05 mm - 2.00 mm
Limo	0.002 mm – 0.05mm
Arcilla	<0.002 mm

Nota. La textura del suelo se determina a partir de la proporción relativa de arena, limo y arcilla, y su clasificación suele interpretarse mediante el triángulo textural del USDA (Rajendra et al., 2025).

2.2.3.2. Límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg son contenidos de humedad que delimitan los cambios de consistencia de los suelos finos entre los estados sólido, semisólido, plástico y líquido, por lo que permiten evaluar indirectamente su plasticidad, compresibilidad y sensibilidad al agua (Paul y Beier, 2025).

2.2.3.3.Conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica expresa la facilidad con la que el agua se mueve a través del suelo bajo la acción de un gradiente hidráulico y su magnitud depende de la conectividad del sistema poroso, del grado de saturación, de la textura y de la estructura del medio (Dalbianco et al., 2026).

Bajo flujo saturado unidimensional, la conductividad hidráulica puede expresarse mediante la ley de Darcy:

$$Q = K\,A\,i \tag{8}$$

$$K = \frac{Q}{A\,i} \tag{9}$$

Donde: Q: caudal de agua (mm^3/h, cm^3/h, m^3/s); K: conductividad hidráulica (mm/h, cm/s, m/s); A: área de sección transversal al flujo (mm^2, cm^2, m^2); i: gradiente hidráulico (adimensional).

2.2.3.4.Relación suelo–agua–escorrentía.

La relación suelo–agua–escorrentía se basa en que las propiedades físicas e hidráulicas del suelo controlan la forma en que el agua de lluvia se infiltra, se almacena y se redistribuye, determinando así la fracción que finalmente se convierte en escorrentía superficial (Lin et al., 2024).

Una forma simplificada de representar esta partición es:

$$P = Q + F + I_a \tag{10}$$

Donde: P = precipitación total (mm); Q = escorrentía directa (mm); F = infiltración efectiva (mm); Ia = abstracción inicial o pérdidas iniciales (mm).

Como expresión de balance hídrico a escala de cuenca, también se tiene:

$$P = Q + ET + \Delta S \tag{11}$$

Donde: P: precipitación (mm); Q: escurrimiento total (mm); ET: evapotranspiración (mm); ΔS: variación del almacenamiento de agua en el sistema (mm).

2.2.4. Clasificación de suelos para fines hidrológicos

La clasificación de suelos para fines hidrológicos permite interpretar el comportamiento del terreno frente a la infiltración y la escorrentía, integrando las propiedades del suelo con el modelo lluvia–escorrentía (Wang et al., 2025).

2.2.4.1. Clasificación textural (USDA).

La clasificación textural del U.S. Department of Agriculture (USDA) organiza los suelos según las proporciones relativas de arena, limo y arcilla; su criterio se basa estrictamente en el tamaño de partículas (Moreno-Maroto y Alonso-Azcárate, 2022).

Tabla 2

Clases granulométricas básicas empleadas en la clasificación textural USDA

Fracción	Arena	Limo	Arcilla
Rango de tamaño de partícula	0.05 mm – 2.00 mm	0.002 mm – 0.05 mm	< 0.002 mm

Nota. (Moreno-Maroto y Alonso-Azcárate, 2022).

2.2.4.2. Grupo hidrológico del suelo (A, B, C, D – NRCS)

El grupo hidrológico del suelo agrupa los suelos según su comportamiento ante la infiltración y su potencial de generar escorrentía. En este sistema, los grupos A, B, C y D representan una secuencia que va desde suelos con mayor permeabilidad y alta capacidad de infiltración hasta suelos con infiltración muy lenta y mayor propensión a generar escurrimiento superficial (Szabó et al., 2025).

Tabla 3

Grupos hidrológicos del suelo y su comportamiento general frente a la infiltración

Grupo hidrológico	**Tasa final de infiltración**	**Comportamiento general**	**Potencial de escorrentía**
A	> 7.6 mm/h	Alto	Bajo
B	3.8 – 7.6 mm/h	Moderado	Moderado-bajo
C	1.3 – 3.8 mm/h	Lento	Moderado-alto
D	< 1.3 mm/h	Muy lento	Alto

Nota. (Pristianto et al., 2024) y (USACE, 2000).

2.2.5. Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (CUM)

La Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor (CTCUM) es un sistema técnico-interpretativo que agrupa las tierras según su aptitud natural para un uso sostenible, considerando de manera integrada las condiciones de suelo, relieve, clima y cobertura vegetal. En el Perú, este sistema está regulado por el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, aprobado mediante el Decreto Supremo N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

2.2.5.1. Fundamento del sistema CUM.

En el reglamento vigente, este enfoque se reconoce explícitamente al señalar que el grupo de mayor capacidad de uso representa la máxima abstracción de la clasificación y reúne tierras con cualidades semejantes en cuanto a su aptitud natural para un determinado uso sostenible (MIDAGRI, 2022).

Tabla 4

Grupos de Capacidad de Uso Mayor establecidos por el Reglamento Peruano

Grupo	A	C	P	F	X
Denominación	Tierras aptas para cultivos en limpio	Tierras aptas para cultivo permanente	Tierras aptas para pastos	Tierras aptas para producción forestal	Tierras de protección

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

2.2.5.2. Estructura: grupo, clase y subclase.

La estructura de la CTCUM está conformada por tres categorías jerárquicas: grupo, clase y subclase. El grupo expresa la máxima vocación de uso de la tierra; la clase representa el nivel de calidad agrológica dentro de cada grupo y se subdivide en alta, media y baja; y la subclase identifica el tipo de limitación dominante que restringe el uso del suelo, como suelo, sales, topografía (riesgo de erosión), drenaje, riesgo de inundación o clima (MIDAGRI, 2022).

Tabla 5

Estructura jerárquica de la CTCUM

Categoría	Descripción
Grupo de CUM	Define la vocación mayor de uso del terreno
Clase de CUM	Expresa la calidad agrológica dentro del grupo: alta, media o baja
Subclase de CUM	Identifica la limitación dominante que restringe el uso de la tierra

Nota. (MIDAGRI, 2022).

Tabla 6

Subclases fundamentales reconocidas por la CTCUM

Símbolo	S	l	e	w	i	c
Tipo de limitación	Limitación por suelo	Limitación por sales	Limitación por topografía–riesgo de erosión	Limitación por drenaje	Limitación por riesgo de inundación	Limitación por clima

Nota. La estructura de grupo, clase y subclase, así como las subclases fundamentales, está establecida en los artículos 16 y 16.3 del Reglamento aprobado por el DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

2.2.5.3. Criterios edáficos, climáticos y topográficos.

El reglamento peruano reconoce, entre los factores edáficos, la profundidad efectiva, la textura, los fragmentos gruesos, la pedregosidad superficial, el drenaje, la salinidad, el peligro de anegamiento y la fertilidad natural; entre los factores del relieve, la pendiente y el microrelieve; y entre los factores climáticos, la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración (MIDAGRI, 2022).

Tabla 7

Principales criterios considerados en la CTCUM según el Reglamento peruano

Categoría de criterio	Factores principales
Edáficos	Profundidad efectiva, textura, fragmentos gruesos, pedregosidad superficial, drenaje, salinidad, peligro de anegamiento, fertilidad natural
Topográficos o de relieve	Pendiente, microrelieve
Climáticos	Precipitación, temperatura, evapotranspiración
Cobertura vegetal	Dominancia, vigor y presencia–ausencia

Nota. Los factores considerados en la CTCUM están definidos en el artículo 15 del Reglamento aprobado mediante el DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

2.2.6. Método del Número de Curva (SCS-CN)

El método del Número de Curva (SCS-CN) es un procedimiento hidrológico de evento ampliamente utilizado para estimar la escorrentía directa a partir de la precipitación, mediante un parámetro sintético denominado Número de Curva (CN), que resume el efecto conjunto del grupo hidrológico del suelo, la cobertura/uso del suelo y la condición antecedente de humedad (Mulu et al., 2025).

2.2.6.1. Origen del método (USDA-NRCS).

El método SCS-CN fue desarrollado en el marco técnico del entonces Soil Conservation Service del USDA para resolver problemas de estimación de la escorrentía en pequeñas cuencas no aforadas, especialmente las agrícolas, a partir de información de lluvia y de características físicas disponibles o fácilmente obtenibles. En su evolución institucional, el método fue adoptado por el Natural Resources Conservation Service (NRCS), conservando su enfoque empírico de eventos y consolidándose como una herramienta estándar en hidrología (USDA-NRCS, 2004).

2.2.6.2. Fundamento conceptual del CN.

El fundamento conceptual del método CN consiste en asumir que la fracción de lluvia transformada en escorrentía guarda una relación proporcional con la fracción de retención real respecto de la retención potencial máxima del terreno, de modo que el CN expresa el potencial de escorrentía de una unidad de suelo-cobertura. En términos prácticos, valores altos de CN representan menor capacidad de abstracción y mayor generación de escurrimiento, mientras que valores bajos representan mayor capacidad de retención e infiltración; por ello, el método se apoya en tablas de CN construidas para combinaciones específicas de suelo, cobertura y condición hidrológica, usualmente referidas a una condición antecedente promedio (USDA-NRCS, 2004).

Tabla 8

Tablas del número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
Barbecho	CR	Pobre	76	85	90	93
Barbecho	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
Cultivos alineados	R	Buena	67	78	85	89
Cultivos alineados	R + CR	Pobre	71	80	87	90
Cultivos alineados	R + CR	Buena	64	75	82	85
Cultivos alineados	C	Pobre	70	79	84	88
Cultivos alineados	C	Buena	65	75	82	86
Cultivos alineados	C + CR	Pobre	69	78	83	87
Cultivos alineados	C + CR	Buena	64	74	81	85
Cultivos alineados	C + T	Pobre	66	74	80	82
Cultivos alineados	C + T	Buena	62	71	78	81
Cultivos alineados	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
Cultivos alineados	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
Cultivos no alineados	R	Pobre	65	76	84	88
Cultivos no alineados	R	Buena	63	75	83	87
Cultivos no alineados	R + CR	Pobre	64	75	83	86
Cultivos no alineados	R + CR	Buena	60	72	80	84
Cultivos no alineados	C	Pobre	63	74	82	85
Cultivos no alineados	C	Buena	61	73	81	84
Cultivos no alineados	C + CR	Pobre	62	73	81	84
Cultivos no alineados	C + CR	Buena	60	72	80	83
Cultivos no alineados	C + T	Pobre	61	72	79	82
Cultivos no alineados	C + T	Buena	59	70	78	81
Cultivos no alineados	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
Cultivos no alineados	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos (leguminosas/prados)	R	Pobre	66	77	85	89
Cultivos densos (leguminosas/prados)	R	Buena	58	72	81	85
Cultivos densos (leguminosas/prados)	C	Pobre	64	75	83	85
Cultivos densos (leguminosas/prados)	C	Buena	55	69	78	83
Cultivos densos (leguminosas/prados)	C + T	Pobre	63	73	80	83
Cultivos densos (leguminosas/prados)	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
Pastizales o pastos naturales	-	Regulares	49	69	79	84
Pastizales o pastos naturales	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
Pastizales	C	Regulares	25	59	75	83
Pastizales	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal	-	Pobres	48	67	77	83
Matorral-herbazal	-	Regulares	35	56	70	77
Matorral-herbazal	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación arbolado-herbazal	-	Pobres	57	73	82	86
Combinación arbolado-herbazal	-	Regulares	43	65	76	82
Combinación arbolado-herbazal	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos	-	Pobres	45	66	77	83
Montes con pastos	-	Regulares	36	60	73	79
Montes con pastos	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	Muy pobre	56	75	86	91
Bosques	-	Pobre	46	68	78	84
Bosques	-	Regular	36	60	70	76
Bosques	-	Buena	26	52	63	69
Bosques	-	Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Nota. (Martínez et al., 2026).

Tabla 9

Números de curva de escorrentía para usos selectos en suelos agrícolas, urbanos y suburbanos. Condiciones antecedentes de humedad AMC II, Ia = 0.2 S

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológica	A	B	C	D
Tierra cultivada	baldío	filas rectas	no aplicable	77	86	91	94
	general	sin tratamientos de conservación	no disponible	72	81	88	91
	cultivos en filas	filas rectas	pobre	72	81	88	91
			bueno	67	78	85	89
		en contorno	pobre	70	79	84	88
			bueno	65	75	82	86
		en contorno y terraza	pobre	66	74	80	82
			bueno	62	71	78	81
	general	con tratamientos de conservación	no disponible	62	71	78	81
	granos pequeños	filas rectas	pobre	65	76	84	88
			bueno	63	75	83	87
		en contorno	pobre	63	74	82	85
			bueno	61	73	81	84
		en contorno y terraza	pobre	61	72	79	82
			bueno	59	70	78	81
	grano cerrado	filas rectas	pobre	66	77	85	89
			bueno	58	72	81	85
	grano cerrado: legumbres o praderas de rotación	en contorno	pobre	64	75	83	85
			bueno	55	69	78	83
		en contorno y terraza	pobre	63	73	80	83
			bueno	51	67	76	80
Pastizales o campo de animales	—	—	pobre	68	79	86	89
	—	—	aceptable	49	69	79	84
	—	—	bueno	39	61	74	80
	—	en contorno	pobre	47	67	81	88
	—		aceptable	25	59	75	83
	—		bueno	6	35	70	79
Vegas de ríos y praderas	—	—	bueno	30	58	71	78
Bosques	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	—	pobre	45	66	77	83
	—	—	aceptable	36	60	73	79
	—	—	bueno	25	55	70	77
Haciendas	—	—	—	59	74	82	86
Calles y carreteras	—	pavimentados con cunetas y alcantarillados[1]	no disponible	95	95	95	95
	—	superficie dura	no disponible	74	84	90	92
	—	grava	no disponible	76	85	89	91
	—	tierra	no disponible	72	82	87	89
Áreas abiertas	césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	—	Bueno, cubierto de pasto 75%+	39	61	74	80
Áreas abiertas		—	aceptable, cubierto de pasto 50%-75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios	—	85% impermeables	no disponible	89	92	94	95
Distritos industriales	—	72% impermeables	no disponible	81	88	91	93
Residencial	1/8 acre o menos	65% impermeable	no disponible	77	85	90	92
	1/4 acre	38% impermeable	no disponible	61	75	83	87
	1/3 acre	30% impermeable	no disponible	57	72	81	86
	1/2 acre	25% impermeable	no disponible	54	70	80	85
	1 acre	20% impermeable	no disponible	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	—	—	no disponible	95	95	95	95

Nota. (Cahuana y Yugar, 2009).

La relación básica entre precipitación, escorrentía y retención se expresa como:

$$\frac{Q}{P} = \frac{F}{S} \quad (12)$$

Donde: Q escorrentía directa (mm), P precipitación total (mm), F retención real después de iniciado el escurrimiento (mm), S retención potencial máxima del suelo (mm)

La condición de conservación de masa se expresa como:

$$F = P - Q \quad (13)$$

Donde: F = retención real después de iniciado el escurrimiento (mm); P = precipitación total del evento (mm); Q = escorrentía directa (mm).

Una forma simplificada de representar esta partición es:

$$P = Q + F + I_a \quad (14)$$

Donde: P = precipitación total (mm); Q = escorrentía directa (mm); F = infiltración efectiva (mm); Ia = abstracción inicial o pérdidas iniciales (mm).

2.2.6.3.Ecuación básica del método.

La ecuación básica del método SCS-CN estima la escorrentía directa del evento a partir de la precipitación total, la abstracción inicial y la retención potencial máxima, bajo el supuesto de que no hay escorrentía hasta que la lluvia exceda dicha retención. Esta formulación es la base operativa del modelo HEC-HMS y de la literatura técnica del NRCS, y permite representar de manera compacta la respuesta hidrológica del terreno sin introducir la variable temporal en la ecuación (Hawkins, 2009).

La ecuación general del método es:

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S}, \text{ para } P > I_a \quad (15)$$

Donde: Q: escorrentía directa acumulada (mm); P: precipitación acumulada del evento (mm); Ia: abstracción inicial (mm); S: retención potencial máxima (mm).

Si la precipitación no supera la abstracción inicial:

$$Q = 0 \text{ para } P \leq I_a \quad (16)$$

Donde: Q: escorrentía directa acumulada (mm); P: precipitación acumulada del evento (mm); Ia: abstracción inicial (mm).

La relación empírica clásica entre abstracción inicial y retención potencial máxima es:

$$I_a = 0.2S \quad (17)$$

Donde: Ia abstracción inicial (mm), S retención potencial máxima (mm)

Sustituyendo dicha relación en la ecuación general, se obtiene:

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}, \text{ para } P > 0.2S \quad (18)$$

Donde: Q: escorrentía directa acumulada (mm); P: precipitación acumulada del evento (mm); Q: retención potencial máxima (mm).

2.2.6.4.Relación entre CN y retención.

La relación entre el número de curva y la retención potencial máxima constituye la transformación central del método, ya que permite convertir la capacidad abstractiva del terreno en un parámetro adimensional de uso práctico. Esta transformación muestra que, a medida que el CN aumenta, la retención potencial de S disminuye y, por tanto, aumenta la escorrentía esperada; por ello, el CN se interpreta como un índice inversamente relacionado con la capacidad de infiltración. El NRCS señala, además, que, aunque teóricamente el CN puede variar entre 0 y 100, en la práctica suele situarse entre 40 y 98 (USDA-NRCS, 2004).

En unidades métricas, la relación entre CN y Ses.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (19)$$

Donde: S = retención potencial máxima (mm), CN = número de curva (adimensional).

De forma equivalente, la transformación puede expresarse como:

$$CN = \frac{25400}{254+S} \quad (20)$$

Donde: CN, número de curva (adimensional); S, retención potencial máxima (mm).

2.2.7. Parámetros del método SCS-CN

Los parámetros del método SCS-CN sintetizan la respuesta hidrológica del terreno ante un evento de lluvia y explican la transición entre la precipitación, la abstracción inicial, la retención potencial y la escorrentía directa. Los parámetros más relevantes son la retención potencial máxima (S), la abstracción inicial (Ia) y la relación proporcional entre ambas (λ) (Panigrahi y Ramadas, 2025).

2.2.7.1. Retención potencial máxima (S).

La retención potencial máxima S representa la capacidad máxima del suelo o de la unidad hidrológica para retener agua después de satisfecha la abstracción inicial. En el método SCS-CN, S está inversamente relacionado con el número de curva: valores altos de S corresponden a superficies con mayor infiltración y almacenamiento, mientras que valores bajos de S se asocian a suelos y coberturas con mayor tendencia al escurrimiento superficial (Khattab et al., 2025).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (21)$$

Donde: S = retención potencial máxima (mm), CN = número de curva (adimensional).

De forma equivalente, puede expresarse como:

$$CN = \frac{25400}{254+S} \quad (22)$$

Donde: CN, número de curva (adimensional); S, retención potencial máxima (mm).

Tabla 10

Relación entre el número de curva (CN) y la retención potencial (S)

CN	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
S (mm)	592.7	471.7	381	310.4	254	207.8	169.3	136.8	108.9	84.7	63.5	44.8	28.2	13.4	0

Nota. (Villarán, 2010).

2.2.7.2. Abstracción inicial (Ia).

La abstracción inicial (Ia) corresponde a las pérdidas que ocurren antes de que comience la escorrentía directa e incluye la interceptación por la vegetación, el

almacenamiento en depresiones y la infiltración inicial del suelo. Ia funciona como un umbral de activación del escurrimiento, ya que mientras la precipitación acumulada no supere ese valor, no se genera escorrentía (Bonta et al., 2025).

$$Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a)+S} \text{ para } P > I_a \quad (23)$$

Si la precipitación no supera la abstracción inicial: $Q = 0$, para $P \leq I_a$ (24)

Lo que se puede entender también, como:

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S} \qquad Si\ P > Ia \quad (25)$$

$$Q = \frac{(P-0{,}2.S)^2}{P+0{,}8.S} \qquad Si\ \ Ps > 0.2S \quad (26)$$

$$Q = 0 \qquad Si\ P \leq 0.2S \quad (27)$$

Donde: Q: escorrentía directa (mm); P: precipitación total del evento (mm); Ia: abstracción inicial (mm); S: retención potencial máxima (mm).

2.2.7.3.Relación Ia=λs.

La relación Ia = λS indica que la abstracción inicial es una fracción de la retención potencial máxima, donde λ es un coeficiente adimensional que determina el umbral de inicio de la escorrentía. La formulación tradicional del método adopta λ = 0.20, pero investigaciones recientes han mostrado que valores menores, especialmente λ = 0.05, pueden representar con mayor precisión el comportamiento lluvia–escorrentía en numerosos contextos (Amorim et al., 2025).

$$I_a = \lambda S \quad (28)$$

Donde: Ia, abstracción inicial (mm); λ, coeficiente o razón de abstracción inicial (adimensional); S, retención potencial máxima (mm).

Caso clásico del método SCS-CN:

$$I_a = 0.2S \quad (29)$$

Donde: Ia, abstracción inicial (mm); S, retención potencial máxima (mm).

2.2.7.4. Evolución metodológica de la relación entre la abstracción inicial y la retención potencial.

En la formulación clásica del método SCS-CN, la abstracción inicial se expresa como una fracción de la retención potencial máxima mediante la relación $Ia = \lambda S$. Tradicionalmente, el valor de λ se asumió igual a 0.20, por lo que la ecuación de escorrentía directa se formuló como $Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$, para $P > 0.2S$. Este planteamiento corresponde a la formulación estándar difundida por el Soil Conservation Service y, posteriormente, por el Natural Resources Conservation Service (NRCS), y ha sido ampliamente utilizado en estudios de diseño hidrológico, estimación de escorrentía directa y modelamiento de cuencas no aforadas. En el National Engineering Handbook, Part 630, el NRCS organiza la aplicación del método mediante capítulos específicos sobre complejos hidrológicos suelo–cobertura y la estimación de la escorrentía directa por tormentas, lo que confirma que el CN se interpreta como un parámetro asociado al complejo formado por el grupo hidrológico del suelo, el uso/cobertura y la condición hidrológica del terreno (USDA-NRCS, 2004; USDA-NRCS, 2004).

No obstante, investigaciones posteriores revisaron la validez universal de la relación $Ia/S = 0.20$. Hawkins et al. (2002) analizaron datos de lluvia–escorrentía de numerosos lotes y cuencas, determinando que un valor aproximado de $\lambda = 0.05$ podía proporcionar un mejor ajuste para determinados conjuntos de datos observados; bajo esa condición, la ecuación se expresa como $Q = (P - 0.05S)^2 / (P + 0.95S)$, para $P > 0.05S$. De forma similar, Woodward et al. (2003) examinaron la relación de abstracción inicial y señalaron que el supuesto clásico de 0.20 puede sobreestimar el umbral de inicio de la escorrentía en algunos contextos hidrológicos. En estudios recientes también se ha reconocido que Ia puede representarse de manera general como $Ia = \lambda S$,

y se ha sugerido adoptar $\lambda = 0.05$ cuando se dispone de datos observados suficientes para recalibrar la relación lluvia–escorrentía (Metselaar, 2023).

Tabla 11

Comparativo de las formulaciones del SCS-CN y el NRCS

Parámetro	Formulación clásica	Formulación revisada
λ	0.20	0.05
Ecuación Q	$Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$	$Q = (P - 0.05S)^2 / (P + 0.95S)$
Condición	$P > 0.2S$	$P > 0.05S$
Aplicación	Uso general con tablas SCS/NRCS	Requiere calibración con datos observados

Nota. El SCS-CN planteó la formulación clásica, y el NRCS, la formulación revisada. Elaborada a partir del capítulo 9 y 10 del libro del United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service: National engineering handbook: Part 630 Hydrology, Chapter 9: Hydrologic soil-cover complexes (USDA-NRCS, 2004) y el National engineering handbook: Part 630 Hydrology, Chapter 10: Estimation of direct runoff from storm rainfall (USDA-NRCS, 2004).

Para la presente investigación se mantuvo la relación $Ia = 0.20S$, debido a que el objetivo fue proponer un CN representativo de las condiciones locales caracterizadas en una subcuenca no aforada, utilizando tablas y ecuaciones tradicionales del método SCS/NRCS bajo la condición de precipitación media. La adopción directa de $\lambda = 0.05$ no se consideró metodológicamente apropiada, porque requiere contar con registros observados de lluvia–escorrentía para recalibrar el parámetro y, además, determinar un nuevo conjunto de valores de CN compatibles con dicha relación. En consecuencia, el uso de $Ia = 0.20S$ permitió mantener la consistencia con los valores tabulares empleados, con el cálculo de CN-I, CN-II y CN-III, y con la verificación hidrológica indirecta desarrollada. Sin embargo, se reconoce que la evaluación de $\lambda = 0.05$ constituye una línea de análisis complementaria recomendable para futuras investigaciones, especialmente si se implementan mediciones de caudal y registros de eventos lluvia–escorrentía en la subcuenca San Mateo.

2.2.8. Condición de humedad antecedente (AMC/ARC)

La condición o estado de humedad se basa en los antecedentes de humedad de la cuenca, determinados por la lluvia total registrada en los cinco días previos a la tormenta. La condición de humedad antecedente, también denominada AMC o ARC, describe el estado de humedad del suelo previo al evento de lluvia y constituye un modificador directo del potencial de escorrentía en el método SCS-CN. Su importancia radica en que dos terrenos con el mismo grupo hidrológico, cobertura y uso del suelo pueden producir respuestas distintas si difieren en su humedad previa, por lo que la AMC/ARC se utiliza para ajustar el CN (Nilap et al., 2025).

2.2.8.1. AMC I, II, III.

El método SCS-CN reconoce tres estados discretos de humedad antecedente del suelo: AMC I para condición seca, AMC II para condición media o promedio y AMC III para condición húmeda. Esta clasificación se utiliza porque el valor tabulado de CN suele referirse a AMC II y, a partir de este, se ajustan los valores equivalentes para condiciones más secas o más húmedas (Kourtis et al., 2025).

Tabla 12

Condiciones de humedad antecedente del suelo en el método SCS-CN

Clase	Denominación	Interpretación hidrológica
AMC I	Seca	Suelo con baja humedad antecedente y menor potencial de escorrentía
AMC II	Media	Condición promedio o estándar de diseño
AMC III	Húmeda	Suelo húmedo o casi saturado y mayor potencial de escorrentía

Nota. (Kourtis et al., 2025).

Tabla 13

Clasificación tradicional de AMC a partir de la precipitación antecedente de 5 días

Clase AMC	Temporada latente o de reposos	Temporada de crecientito
AMC I	< 12.7 mm	< 35.6 mm
AMC II	12.7-27.9 mm	35.6-53.3 mm
AMC III	> 27.9 mm	> 53.3 mm

Nota. (Villarán, 2010).

Tabla 14

Relación tabular entre las condiciones antecedentes de humedad

Condición I	Condición II	Condición III	Condición I	Condición II	Condición III
100	100	100	55	74	88
97	99	100	54	73	87
94	98	99	53	72	86
91	97	99	52	71	86
89	96	99	51	70	85
87	95	98	50	69	84
85	94	98	48	68	84
83	93	98	47	67	83
81	92	97	46	66	82
80	91	97	45	65	82
78	90	96	44	64	81
76	89	96	43	63	80
75	88	95	42	62	79
73	87	95	41	61	78
72	86	94	40	60	78
70	85	94	39	59	77
68	84	93	38	58	76
67	83	93	35	55	74
66	82	92	30	51	70
64	81	92	35	49	69
63	80	91	28	47	67
62	79	91	21	39	59
60	78	90	18	35	55
59	77	89	15	30	50
58	76	89	12	25	43
57	75	88			

Nota. (NRCS, 2002).

2.2.8.2.Influencia en el CN.

La influencia de la condición de humedad antecedente sobre el CN es significativa porque, a medida que el suelo está más húmedo antes de la tormenta, aumenta el valor efectivo del número de curva y, en consecuencia, crece la escorrentía estimada; por el contrario, en condiciones secas, el CN disminuye y el potencial de retención del suelo es mayor (Av y Barik, 2026).

Las ecuaciones de conversión más empleadas entre el CN estándar de condición media (CN_{II})y sus equivalentes para condición seca y húmeda son:

Ecuación directa

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.281 - 0.01281\, CN_{II}} \quad (30)$$

Ecuación de forma simplificada

$$CN\ (I) = \left(\frac{4.2\ CN\ (II)}{10 - 0.058\ CN\ (II)}\right) \quad (31)$$

Donde: $CN_{I:}$ número de curva para la condición; CNII: número de curva para la condición media o estándar (adimensional).

Ecuación directa

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.427 + 0.00573\, CN_{II}} \quad (32)$$

Ecuación de forma simplificada

$$CN\ (III) = \left(\frac{23\ CN\ (II)}{10 + 0.13\ CN\ (II)}\right) \quad (33)$$

Donde: CN_{III}, número de curva para la condición húmeda (adimensional); CNII, número de curva para la condición media o estándar (adimensional).

2.2.8.3. Uso de precipitación antecedente.

El uso de la precipitación antecedente es el procedimiento más difundido para aproximar la AMC/ARC, ya que la lluvia acumulada en los días previos al evento se emplea como sustituto práctico del contenido de humedad del suelo cuando no se dispone de mediciones directas. En estudios recientes sobre escorrentía directa, la determinación de la humedad antecedente a partir de la precipitación acumulada previa sigue siendo un paso clave, ya que permite seleccionar la condición seca, media o húmeda del terreno antes de aplicar el método CN y, por tanto, ajustar la estimación de escorrentía al estado inicial real del suelo (Wałęga et al., 2024).

2.2.9. Determinación del CN en cuencas no aforadas

La determinación del número de curva en cuencas no aforadas se basa en la identificación indirecta de las condiciones físicas del territorio, especialmente del grupo hidrológico del suelo, de la cobertura/uso del suelo y de la condición de humedad antecedente, ya que no se dispone de registros continuos de escorrentía para calibrar directamente la respuesta lluvia–escorrentía. Por esa razón, el método SCS-CN sigue siendo ampliamente empleado en cuencas no instrumentadas, ya que permite estimar el potencial de escorrentía a partir de variables espaciales observables y cartografiables (Mulu et al., 2025).

2.2.9.1. Uso de tablas NRCS.

En cuencas no aforadas, el procedimiento más difundido para asignar el CN consiste en utilizar las tablas oficiales del NRCS, en las que el valor de la curva se selecciona según el grupo hidrológico del suelo, el tipo de cobertura/uso del suelo, el tratamiento, la condición hidrológica y, cuando corresponde, la condición antecedente de escorrentía. La guía TR-55, reproducida en la documentación técnica de HEC-HMS, establece precisamente que las tablas CN proporcionan estimaciones del número de curva en función de esos atributos, por lo que constituyen la base práctica para la determinación inicial del parámetro en estudios de cuencas sin aforo (Hawkins, 2009).

Tabla 15

Ejemplos de valores de CN tomados de tablas NRCS para condición promedio

Cobertura/uso del suelo	Condición hidrológica	HSG A	HSG B	HSG C	HSG D
Pasture, grassland or range	Good	39	61	74	80
Woods	Good	30	55	70	77
Paved parking lots, roofs, driveways		8	98	98	98

Nota. Valores ilustrativos reproducidos de las tablas CN del NRCS/TR-55 difundidas por HEC-HMS (Hawkins, Curve Number Hydrology: State of the Practice, 2009).

2.2.9.2.Integración HSG + cobertura + condición hidrológica.

La determinación del CN en cuencas no aforadas requiere integrar el grupo hidrológico del suelo (HSG), la cobertura y el uso del suelo y la condición hidrológica de cada unidad homogénea, porque el número de curva no se asigna al suelo ni a la cobertura por separado, sino al complejo hidrológico combinado (Mulu et al., 2025).

$$CN_w = \frac{\sum(CN_i \cdot A_i)}{\sum A_i} \quad (34)$$

Donde: CNw, número de curva ponderado de la cuenca (adimensional); CNi, número de curva de la unidad homogénea i (adimensional); Ai, área de la unidad homogénea i (ha, km² o m²).

Tabla 16

Integración básica de variables para la determinación del CN

Componente	Función en la estimación del CN
Grupo hidrológico del suelo (HSG)	Define la capacidad relativa de infiltración y el potencial de escorrentía
Cobertura/uso del suelo	Representa el efecto de vegetación, manejo y superficie sobre la abstracción y el escurrimiento
Condición hidrológica	Ajusta el comportamiento de la cobertura según su estado de conservación
Área de cada unidad	Permite ponderar espacialmente los valores de CN

Nota. (Mulu et al., 2025).

2.2.9.3.Limitaciones del método.

Aunque el método SCS-CN es muy útil en cuencas no aforadas por su simplicidad y bajo requerimiento de datos, presenta limitaciones importantes: no incorpora la duración e intensidad de la lluvia en su formulación básica, puede mostrar sensibilidad alta a la selección de CN y de la relación de abstracción inicial, y suele requerir ajustes locales cuando las condiciones de suelo, pendiente o clima difieren del contexto original en el que fueron construidas las tablas. Estas limitaciones no invalidan el método, pero sí obligan a emplearlo con criterio hidrológico y a adaptarlo a las condiciones locales (Wang et al., 2025).

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1 Cuenca y subcuenca hidrográfica

De manera más específica, una cuenca hidrográfica es la superficie sobre la cual las aguas de lluvia se juntan para formar cursos de agua, también denominados afluentes, que fluyen hacia un colector común o río principal (Puelles, 2015). Según su extensión, las cuencas de acuerdo con USDA (2009) citado por Rubio (2016) se clasifican de la siguiente manera:

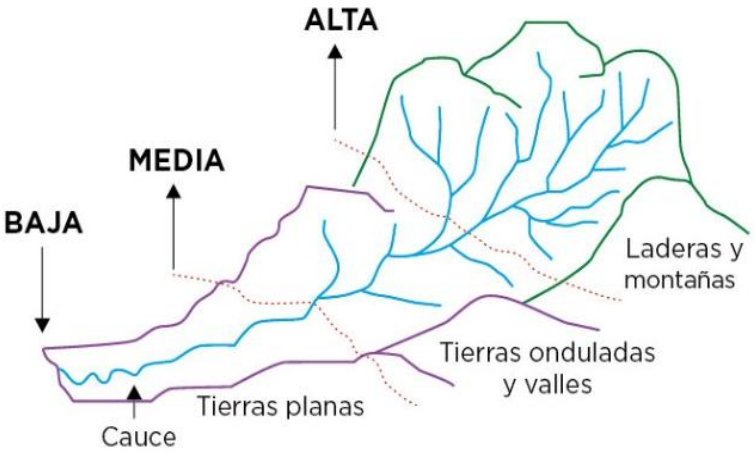
Cuencas principales (> 500 km²). Amplias áreas geográficas que concentran y drenan las aguas superficiales hacia un río, un lago o un curso de agua de mayor tamaño.

Subcuencas y microcuencas (5 a 500 km²). Porciones más pequeñas de una cuenca mayor, con su propio sistema de afluentes y de drenaje. Las subcuencas de primer orden desaguan en las cuencas principales, mientras que las de segundo orden alimentan a otras subcuencas de manera sucesiva.

Unidad muy pequeña (< 5 km²). Segmentos muy localizados de una cuenca hidrográfica, generalmente conformados por pequeños sistemas de drenaje, como arroyos o vertientes, que desembocan en ríos o lagos de mayor tamaño.

Figura 2

Partes de una cuenca



Nota. (Departamento General de Irrigación, 2016).

De acuerdo con Guevara (2015), el análisis de una cuenca es relevante porque permite identificar sus características geomorfológicas, comprender su comportamiento hidrológico y evaluar su capacidad de aporte de agua. Entre los parámetros geomorfológicos que destaca este autor se encuentran:

Área de la cuenca (A). Se refiere a la superficie delimitada por el parteaguas, es decir, la línea imaginaria que une los puntos más altos del terreno.

Perímetro de la cuenca (P). Representa la longitud total del parteaguas, es decir, el contorno de la cuenca proyectado en un plano horizontal.

Índice de capacidad (K). Indica la relación entre el área y el perímetro de la cuenca según su comportamiento frente a la escorrentía, reflejando las características del hidrograma.

$$k = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (35)$$

Factor de forma (F). Se refiere a la relación entre la longitud de la cuenca y su ancho promedio.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (36)$$

Pendiente de la cuenca (Sm). Inclinación del terreno dentro de una cuenca hidrográfica, que influye directamente en la dirección y la rapidez del flujo de agua.

$$Sm = \frac{H}{Lm} \quad (37)$$

Es la relación entre la diferencia de altura total (H), expresada en km, y la longitud mayor del rectángulo equivalente (Lm), también en km.

$$S_c = \frac{C}{A}\sum_{i=1}^{n} l_i \quad (38)$$

Donde: Sc representa la pendiente de la cuenca, C corresponde a la separación entre las curvas de nivel, A indica el área total de la cuenca y li es la longitud de cada curva de nivel.

Altitud media de la cuenca. La altitud promedio de la cuenca se obtiene como la media de las altitudes de todos sus puntos. Este valor permite describir la altura media del terreno y resulta útil para analizar las características topográficas de la región.

$$H = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} H_i \times A_i \quad (39)$$

Donde: H es la altitud media en msnm; Hi es la altura del área acumulada Ai sobre la curva Hi; n es el número de áreas parciales; A es el área de la cuenca en km².

Número de la orden de la cuenca. Es un indicador empleado para categorizar y jerarquizar las cuencas hidrográficas según su posición en la red de drenaje.

Longitud del recorrido máximo (L). Se refiere a la longitud de las rutas principales que el agua sigue en la cuenca, desde los puntos más elevados hasta los colectores o las zonas más bajas.

Pendiente del cauce principal. Inclinación del lecho por el que circula el curso de agua principal de una cuenca.

$$S_o = \left[\frac{\sum_{i=1}^{no} lp_i}{\sum_{i=1}^{no}\left(\frac{lp_i}{S_i}\right)^{1/2}}\right]^2 \quad (40)$$

Donde: So es la pendiente del cauce principal; Lpi es la longitud de cada tramo de pendiente; Si no es el número de tramos de pendiente similares.

Tiempo de concentración. Se define como el tiempo que tarda el agua en desplazarse a lo largo de toda la cuenca hasta alcanzar el punto de salida. Esta medida indica cuánto tarda en generarse el flujo total desde el sector más alejado de la cuenca hasta el colector principal.

$$Tc = 0.3\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad (41)$$

Donde: el tiempo de concentración Tc es igual a la relación entre la longitud del cauce mayor, L (km), y la pendiente media del cauce principal, S (m/m).

2.3.1. Caracterización hidrológica de suelos

Según Van Koni (2006) el suelo es un conjunto de partículas constituidas por minerales provenientes de la roca madre, desintegradas como resultado de la acción de los factores climáticos en combinación con la descomposición de materia orgánica; asimismo, dentro de su estructura presenta proporciones variables de agua y aire.

La caracterización hidrológica de suelos es el proceso de identificación y descripción de las propiedades del suelo y del terreno que controlan la infiltración, el almacenamiento y la partición del agua de lluvia en una cuenca, por lo que integra variables edáficas, topográficas y de cobertura para interpretar la respuesta hidrológica espacial del territorio (Sharghi et al., 2025).

2.3.1.1. Fisiografía del terreno.

La fisiografía del terreno comprende las características morfológicas y altitudinales que definen la forma del relieve y condicionan los procesos hidrológicos de una cuenca; dentro de ella, la pendiente expresa la inclinación de la superficie, la altitud representa la elevación respecto al nivel medio del mar y la unidad fisiográfica corresponde a un sector del paisaje con rasgos geomorfológicos relativamente homogéneos (Gnann et al., 2025). La pendiente porcentual puede expresarse como:

$$\text{Pendiente} = \frac{\Delta h}{L} \times 100 \quad (42)$$

Donde: Δh = diferencia de elevación entre dos puntos (m); L = distancia horizontal entre los puntos (m); Pendiente = inclinación del terreno (%).

2.3.1.2. Capacidad de uso mayor del suelo (CUM).

La capacidad de uso mayor del suelo es una clasificación técnico-interpretativa que agrupa las tierras según su aptitud natural para un uso sostenible, considerando factores de suelo, relieve, clima y cobertura vegetal; en esa estructura, el grupo expresa la vocación general de uso, la clase representa el nivel de calidad agrológica dentro de

cada grupo y la subclase identifica la limitación dominante que condiciona el aprovechamiento del terreno. El reglamento peruano vigente reconoce cinco grupos de CUM y organiza la clasificación en grupos, clases y subclases (MIDAGRI, 2022).

Tabla 17

Estructura general de la CUM

Categoría	Significado
Grupo	Vocación mayor de uso del terreno
Clase	Calidad agrológica dentro del grupo
Subclase	Limitación dominante del terreno

Nota. (MIDAGRI, 2022).

2.3.1.3.Propiedades físicas del suelo.

Las propiedades físicas del suelo son atributos que describen la composición granulométrica y el comportamiento del material frente al agua y a los cambios de consistencia; en este marco, la textura del suelo se define por la proporción de arena, limo y arcilla, mientras que los límites de Atterberg, principalmente el límite líquido y el límite plástico, permiten caracterizar la plasticidad de los suelos finos y apoyar su clasificación (Rehman et al., 2025).

Contenido de humedad. La cuantía de agua en su estructura puede representarse en términos de la base de masa seca o húmeda (Crespo, 2004).

$$H = \frac{Ww}{Ws} \times 100 \quad (43)$$

Donde: H = humedad; Ww = peso de agua; Ws = peso de sólidos.

Granulometría. Define la proporción porcentual de los distintos tamaños de partículas que conforman el suelo. Para su determinación se emplean dos metodologías generales: la primera se aplica cuando las partículas son de tamaño medio a grueso, las cuales se analizan mediante el método de tamizado; mientras que cuando las partículas son finas o muy finas, se utilizan procedimientos basados en la sedimentación (Crespo, 2004).

Límite líquido. Contenido de agua en peso o humedad gravimétrica del suelo en el punto de transición convencional entre los estados líquido y plástico (Crespo, 2004).

$$LL = Wn \times (\frac{N}{25})^{tan\beta} \quad (44)$$

$$LL = KW^n \quad (45)$$

Donde: LL Límite líquido del suelo (%), Wn = humedad natural del suelo, N = número de golpes, Tanβ = pendiente de la línea de flujo, K = 1 para 25 golpes

Límite plástico. Este límite se define como el contenido de agua en peso, expresado en porcentaje, que presenta el suelo en el punto de transición entre los estados plástico y frágil, asociado a un comportamiento elástico y a la ruptura frágil (Crespo, 2004)**.**

$$IP = LL - LP \quad (46)$$

Donde: IP, índice de plasticidad (%); LL, límite líquido (%); LP, límite plástico (%).

Tipo de suelo (clasificación SUCS). Duque (2003) en la clasificación SUCS, los suelos se distinguen en granulares y finos según el material que pasa el tamiz T200. Si pasa menos del 5%, el suelo es granular limpio y se clasifica con sufijos W o P; si pasa más del 12%, es un suelo granular con finos y se usan los sufijos M o C; y si el contenido de finos está entre 5% y 12%, se considera una clase intermedia y se emplean sufijos dobles.

Tabla 18

Simbología de suelos granulares y finos según SUCS

Símbolo	Suelos gruesos	Símbolo	Suelos finos
G	Grava	M	Limo
S	Arena	C	Arcilla
W	Bien graduado	O	Orgánico
P	Mal graduado	L	Baja plasticidad
M	Limoso	H	Alta plasticidad
C	Arcilloso	C	Arcilloso

Nota. (Duque, 2003).

2.3.1.4.Infiltración del suelo.

La infiltración del suelo es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie hacia el perfil edáfico; en su evaluación, la infiltración acumulada representa el volumen total infiltrado durante un intervalo, la tasa de infiltración básica corresponde a la velocidad casi estable alcanzada después del periodo inicial y la conductividad hidráulica expresa la facilidad con la que el agua se desplaza a través del suelo bajo un gradiente hidráulico (Mavundla et al., 2025).

$$f = \frac{\Delta h}{\Delta t} \tag{47}$$

Donde: f, tasa de infiltración (mm/h); Δh, descenso de la lámina de agua (mm); Δt, intervalo de tiempo (h).

La infiltración acumulada puede expresarse como:

$$F = \sum f_i \, \Delta t_i \tag{48}$$

Donde: F infiltración acumulada (mm), fi tasa de infiltración en el intervalo i(mm/h), Δti duración del intervalo i (h).

La conductividad hidráulica saturada, bajo la forma básica de Darcy, puede expresarse como:

$$K = \frac{Q}{A\, i} \tag{49}$$

Donde: k conductividad hidráulica (mm/h, cm/s, m/s), Q caudal (mm^3/h, cm^3/s, m^3/s), A área de flujo (mm^2, cm^2, m^2), i gradiente hidráulico (adimensional).

Ensayos recientes con infiltrómetro de doble anillo siguen utilizando estas variables como parámetros clave para describir el comportamiento hidráulico en campo. Este ensayo consiste en un cilindro abierto que se introduce de manera gradual en el suelo, al cual se le aplica una carga de agua y se registra el volumen del líquido que drena por unidad de tiempo, valor que corresponde a la denominada capacidad de infiltración (Villón, 2022).

Tabla 19.

Permeabilidad para suelos saturados

Suelo	**K (cm/s)** (Das, 2015)	**K (cm/s)** (Gonzáles et al., 2002)
Grava limpia	1 a 100	$\geq$ 1 a 0.05
Arena	0.001 a 1	$10^{-4} - 0.1$
Arcilla	0.001 a < 0.000001	$10^{-8} - 10^{-4}$

Nota. Adaptado de (Das, 2015) y (Gonzáles et al., 2002).

Tabla 20.

Permeabilidad para suelos según (FAO, 2021)

Tipo de suelo	Permeabilidad K (cm/s)
Grava limpia	$10 - 10^{-2}$
Arena limpia	$10^{-2} - 10^{-3}$
Arena limpia, y mezclas de grava	$10^{-3} - 10^{-5}$
Arenas muy finas	$10^{-5} - 10^{-6}$
Limos orgánicos e inorgánicos	$10^{-6} - 10^{-7}$
Mezcla de arena, limo y arcilla	$10^{-7} - 10^{-8}$
Depósitos estratificados de arcilla, etc.	$10^{-8} - 10^{-9}$
Suelos impermeables	$10^{-9} - 10^{-11}$

Nota. (FAO, 2021).

2.3.1.5. Grupo hidrológico del suelo (HSG).

La clasificación de suelos por Grupos Hidrológicos (GHS), establecida por el Soil Conservation Service (SCS) y desarrollada por Musgrave (1955), organiza los suelos en cuatro grupos (A, B, C y D) según su capacidad de infiltración en saturación. El grupo A incluye suelos arenosos y altamente permeables; el grupo B, suelos franco-arenosos con infiltración moderada; el grupo C, suelos con mayor contenido de arcilla y baja permeabilidad; y el grupo D, suelos muy arcillosos, compactados o con capas impermeables, con infiltración mínima (Villarán, 2010).

El grupo hidrológico del suelo es una clasificación funcional del NRCS que agrupa los suelos según su capacidad relativa de infiltración y su potencial de generar escorrentía; así, los grupos A, B, C y D describen una secuencia desde suelos con alta infiltración y bajo potencial de escorrentía hasta suelos con infiltración muy lenta y alto potencial de escorrentía. En consecuencia, la relación con la infiltración es directa: a

mayor capacidad de infiltración, menor es la tendencia al escurrimiento y, por tanto, un grupo hidrológico más favorable (Szabó et al., 2025).

Tabla 21

Clasificación general de grupos hidrológicos del suelo

HSG	Alto	Bajo
A	Alto	Bajo
B	Moderado	Moderado-bajo
C	Lento	Moderado-alto
D	Muy lento	Alto

Nota. (Szabó et al., 2025).

2.3.1.6. Cobertura y uso del suelo.

La cobertura y el uso del suelo se refieren, respectivamente, a la ocupación biofísica de la superficie terrestre y al aprovechamiento antrópico del terreno; en hidrología, estas variables son relevantes porque los tipos de cobertura, como bosque, pasto, cultivo o superficie construida, modifican la interceptación, la rugosidad, la infiltración y la generación de escorrentía. Asimismo, el área de cobertura permite cuantificar la proporción espacial ocupada por cada clase y constituye la base para el análisis ponderado de la respuesta hidrológica a nivel de cuenca (Shadmehri et al., 2025).

El porcentaje de área de una cobertura puede expresarse como:

$$A_c = \frac{A_i}{A_t} \times 100 \quad (50)$$

Donde: Ac, porcentaje de área de la cobertura (%); Ai, área de la clase de cobertura o uso del suelo (ha, km², m²); At, área total de la unidad de estudio (ha, km², m²).

Ejemplos de tipos de cobertura y uso del suelo

Tipo	Ejemplos
Cobertura vegetal natural	Bosque, matorral, pastizal
Cobertura agrícola	Cultivos permanentes o transitorios
Cobertura antrópica	Áreas urbanas, caminos, superficies impermeables

Nota. Las clases de cobertura y de uso del suelo se emplean para evaluar su efecto sobre la infiltración y la escorrentía (Shadmehri et al., 2025).

2.3.2. Número de curva (CN) y su adaptabilidad

La adaptabilidad del CN implica ajustar las categorías del grupo hidrológico del suelo, las condiciones de cobertura vegetal y las pendientes locales, incorporando datos reales obtenidos en campo (Bracamonte, 2021). El número de curva es un parámetro hidrológico adimensional del método SCS-CN que resume la respuesta potencial de una unidad de terreno frente a la lluvia, integrando el grupo hidrológico del suelo, la cobertura/uso del suelo y la humedad antecedente; por ello, se emplea como indicador sintético del potencial de escorrentía en cuencas (Wang et al., 2025).

2.3.2.1. Número de curva (CN).

El número de curva (CN) se define como un índice adimensional que representa el potencial de generación de escorrentía; valores menores se asocian con mayor infiltración y retención, mientras que valores mayores indican mayor escurrimiento. Los CN suelen situarse entre 30 y 100 aproximadamente (Hawkins, 2009).

Tabla 22

Interpretación general del rango del número de curva

Rango de CN	30-55	56-75	76-79	91-100
Interpretación hidrológica general	Bajo potencial de escorrentía	Potencial de escorrentía moderado	Alto potencial de escorrentía	Muy alto potencial de escorrentía

Nota. (USACE, 2000).

2.3.2.2. CN ponderado.

El CN ponderado es el valor representativo de una cuenca o subcuenca obtenido a partir de la combinación espacial de varios números de curva asignados a diferentes unidades homogéneas, y su importancia radica en que permite expresar, en un solo parámetro, el comportamiento hidrológico medio de áreas con coberturas y grupos de suelo distintos. En cuencas no aforadas, este valor resulta especialmente útil porque facilita la estimación del potencial de escorrentía a escala global de la unidad de estudio (Mulu et al., 2025).

Tabla 23

Utilidad conceptual del CN ponderado en cuencas

Aspecto	Importancia
Integración espacial	Resume varias unidades suelo–cobertura en un solo valor
Aplicación hidrológica	Permite estimar escorrentía a escala de cuenca
Uso en SIG	Facilita el cálculo a partir de polígonos temáticos
Interpretación	Expresa el potencial medio de escorrentía de la cuenca

Nota. (Mulu et al., 2025).

2.3.2.3.Ajuste del CN.

El ajuste del CN consiste en modificar el valor base tabulado para representar con mayor realismo las condiciones locales del terreno (Sharma et al., 2022).

Una forma común de expresar el ajuste del CN por pendiente es:

$$CN_{II\alpha} = CN_{II}\left(\frac{322.79+15.63\,\alpha}{\alpha+323.52}\right) \quad (51)$$

Donde: $CN_{II}\alpha$, número de curva ajustado por pendiente para la condición media (adimensional); CNII, número de curva base para la condición media (adimensional); α, pendiente media del terreno (%).

2.3.2.4.Condición de humedad antecedente.

La condición de humedad antecedente describe el estado de humedad del suelo previo a la tormenta y se clasifica en tres categorías: AMC I, para condición seca; AMC II, para condición media; y AMC III, para condición húmeda. Esta clasificación suele basarse en la precipitación acumulada de los cinco días previos al evento y se utiliza para ajustar el CN a condiciones más realistas (Mulu et al., 2025).

Tabla 24

Interpretación conceptual de las condiciones de humedad antecedente

Clase AMC	Estado del suelo	Efecto esperado sobre el CN
AMC I	Seco	Disminuye el CN
AMC II	Medio	Mantiene el CN base
AMC III	Húmedo	Incrementa el CN

Nota. (Mulu et al., 2025).

2.3.2.5.Parámetros derivados del método CN.

Los parámetros derivados del método CN son variables complementarias que permiten interpretar físicamente la respuesta hidrológica estimada: la retención potencial máxima (S) expresa la capacidad abstractiva del terreno, la abstracción inicial Ia representa las pérdidas previas al inicio del escurrimiento y la escorrentía directa Q corresponde al excedente de lluvia que se transforma en escurrimiento superficial. En conjunto, estos parámetros traducen el CN en una respuesta hidrológica cuantificable para un evento de lluvia específico (Hawkins, 2009).

Tabla 25

Significado conceptual de los parámetros derivados del método CN

Parámetro	Interpretación conceptual	Unidad
S	Capacidad potencial de retención del terreno	mm
Ia	Pérdidas iniciales antes del escurrimiento	mm
Q	Escorrentía directa estimada del evento	mm

Nota. (USACE, 2000).

2.3.2.6.Representación espacial del CN.

La representación espacial del CN consiste en cartografiar la distribución del potencial de escorrentía dentro de una cuenca mediante mapas temáticos construidos a partir de la combinación de grupos hidrológicos del suelo, coberturas y usos del suelo y condiciones de humedad; este procedimiento permite delimitar zonas con respuestas hidrológicas distintas y constituye una base útil para la zonificación hidrológica, el análisis territorial y la modelación en cuencas no aforadas (Kourtis et al., 2025).

Tabla 26

Productos cartográficos asociados a la representación espacial del CN

Producto	Finalidad
Mapa de HSG	Representar la capacidad relativa de infiltración del suelo
Mapa de cobertura/uso del suelo	Identificar el efecto superficial sobre la escorrentía
Mapa de CN	Mostrar la distribución espacial del potencial de escorrentía
Zonificación hidrológica	Delimitar áreas con comportamiento hidrológico similar

Nota. (Kourtis et al., 2025).

2.3.3. Indicadores hidráulicos

Precipitación máxima. Según Villón (2022) la precipitación máxima probable corresponde al volumen máximo de lluvia que puede presentarse bajo un escenario meteorológico factible en una cuenca específica, en un punto determinado y durante un periodo concreto del año.

$$P_d = P_{24h}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25} \quad (52)$$

Donde: Pd precipitación acumulada en d minutos.

Intensidades máximas. Se refieren a las mayores tasas de precipitación registradas en un intervalo de tiempo determinado. Mondragon (2021) sostiene que corresponden simplemente a la cantidad de lluvia, expresada en mm/hora, registrada en un lapso determinado. Este valor puede representar un promedio actual o uno superior, por lo que puede representarse mediante el hietograma unitario.

$$i = \frac{P}{Td} \quad (53)$$

Donde: P es la profundidad de lluvia en mm o pulg, Td es la duración, dada usualmente en hr.

Escorrentía superficial. Es el volumen de agua que se desplaza o fluye sobre la superficie del terreno; es decir, la fracción que no ha sido absorbida, infiltrada ni evaporada (Gaspari et al., 2007). Representa la fracción de la precipitación que se transforma en escurrimiento superficial en lugar de infiltrarse en el suelo o evaporarse y varía según las características físicas del terreno, tales como el tipo de suelo, la pendiente, el uso del suelo y el nivel de urbanización (Chiarito et al., 2018).

$$C = \frac{(P_d - P_o)\times(P_d + 23P_o)}{(P_d + 11\times P_o)^2} \quad (54)$$

$$P_o = \left(\frac{5000}{CN}\right) - 50 \quad (55)$$

Donde: Pd: precipitación máxima diaria; Po: umbral de escorrentía; CN: curva número.

Tabla 27

Coeficiente de escorrentía promedio para áreas urbanas para 5 y 10 años de periodo de retorno

Características de la superficie	**Coeficiente de escorrentía**
Calles	
Pavimento asfáltico	0.70 a 0.95
Pavimento de concreto	0.80 a 0.95
Pavimento de adoquines	0.70 a 0.85
Veredas	0.70 a 0.85
Techos y azoteas	0.75 a 0.95
Césped, suelo arenoso	
Pendiente plana (0-2%)	0.05 a 0.10
Pendiente promedio (2-7%)	0.10 a 0.15
Pendiente pronunciada (>7%)	0.15 a 0.20
Césped, suelo arcilloso	
Pendiente plana (0-2%)	0.13 a 0.17
Pendiente promedio (2-7%)	0.18 a 0.22
Pendiente pronunciada (>7%)	0.25 a 0.35

Nota. (MVCS, 2021).

Tabla 28

Coeficiente de escorrentía en áreas desarrolladas para ser utilizado en el método racional

Características	Periodo de retorno (años)			
	2	5	10	25
Áreas desarrolladas				
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)				
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)				
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40
Promedio 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49

Nota. (MVCS, 2021).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo porque permitió recolectar, procesar y analizar datos numéricos sobre las propiedades fisiográficas, físicas e hidrológicas de los suelos de la subcuenca San Mateo, así como determinar el número de curva (CN). Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la medición y el análisis de los datos mediante procedimientos sistemáticos y objetivos, con el fin de describir un fenómeno de estudio. Asimismo, el estudio fue de tipo aplicado, ya que buscó aportar una metodología útil para la determinación local del parámetro de escorrentía en una subcuenca altoandina no aforada, a partir de información obtenida en campo, en laboratorio y en gabinete.

En cuanto al alcance metodológico, la investigación correspondió al nivel descriptivo, pues se orientó a identificar y caracterizar las propiedades hidrológicas de los suelos, los grupos hidrológicos y las condiciones espaciales de la subcuenca San Mateo. El diseño fue no experimental de corte transversal, ya que las variables se observaron y analizaron en su contexto natural, sin manipulación deliberada, y la recolección de datos se efectuó en un solo periodo de estudio.

Tabla 29

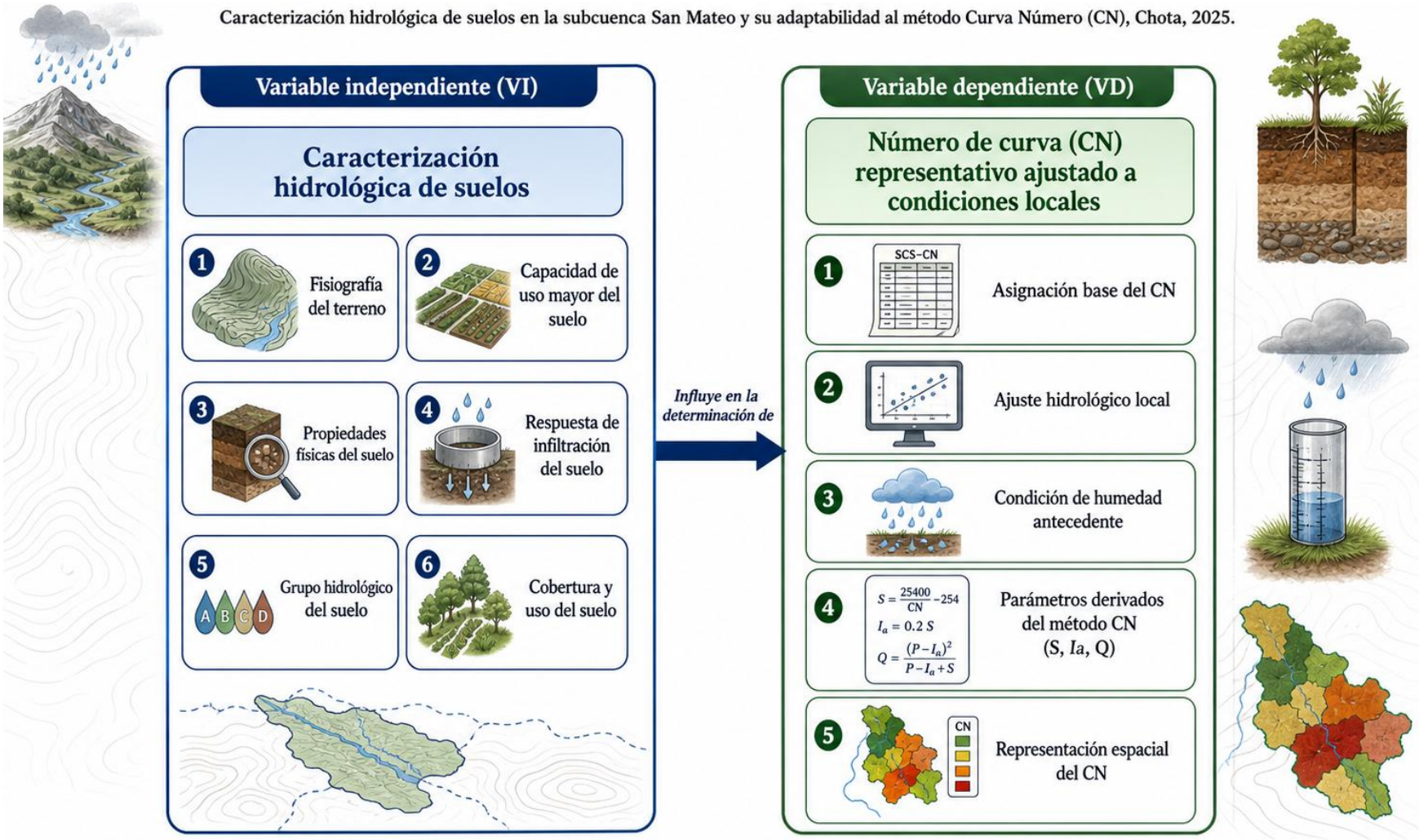
Tipo de investigación según los principales criterios

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativo
Objetivos	Descriptivo
Fuente de datos	Primaria
Control de diseño de la prueba	No Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde sucede	Biblioteca y Campo

Nota. (Grajales, 2000).

Figura 3

Esquema del diseño de investigación



3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en la subcuenca San Mateo, ubicada en el ámbito urbano y periurbano de la ciudad de Chota, distrito y provincia de Chota, región Cajamarca. Desde el punto de vista hidrográfico, la subcuenca San Mateo forma parte de la subcuenca del río Chotano, la cual se integra a la intercuenca Alto Marañón IV y, a su vez, a la cuenca Chamaya.

El punto de control hidrológico, o punto de aforo, de la subcuenca se ubicó en el sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 17S, en las coordenadas 757709.29 m E y 9274874.13 m S. Dicho punto constituyó la referencia espacial principal para la delimitación y la evaluación hidrológica de la subcuenca en estudio.

En relación con las condiciones climáticas, el ámbito de estudio presentó un clima templado, con una temperatura promedio de 17.8 °C, una temporada de lluvias que se extendió predominantemente entre los meses de noviembre y abril, y un período relativamente seco entre mayo y octubre (Municipalidad Provincial de Chota [MPCH], 2026). Estas condiciones fueron relevantes para interpretar el comportamiento de la infiltración, la escorrentía y la respuesta hidrológica del área evaluada.

Tabla 30

Coordenadas del punto de aforo de la subcuenca San Mateo

Punto de referencia	Sistema de coordenadas	Zona	Este (m)	Norte (m)
Punto de aforo de la subcuenca San Mateo	UTM WGS 84	17S	757709.29	9274874.13

Figura 4

Ubicación geopolítica de la subcuenca San Mateo en el distrito de Chota

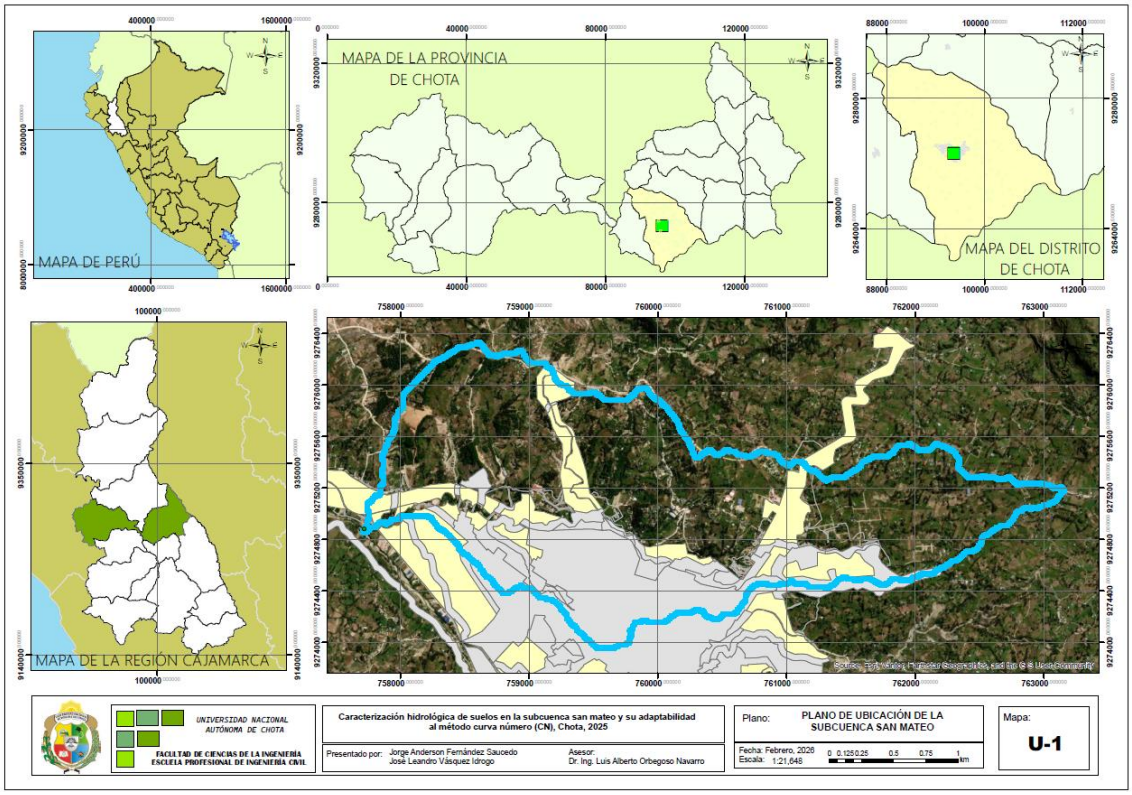
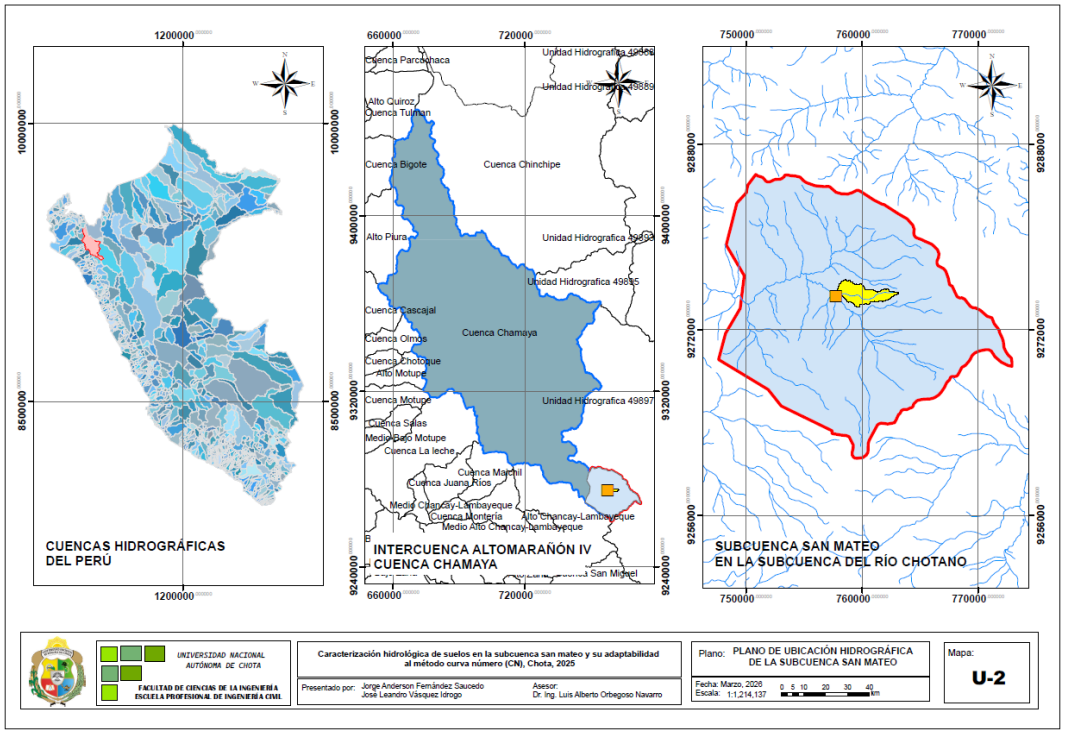


Figura 5

Ubicación hidrológica de la subcuenca San Mateo en el distrito de Chota



3.2.2. Población

La población de estudio estuvo conformada por las áreas homogéneas de la subcuenca San Mateo susceptibles de evaluación hidrológica, definidas en función de sus características fisiográficas y, específicamente, de la pendiente del terreno, dentro de las cuales se realizaron ensayos de infiltración y análisis físico del suelo.

3.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que los puntos de evaluación fueron seleccionados según criterios técnicos y operativos, tales como la accesibilidad, la representatividad espacial, la variación de la pendiente y la posibilidad de realizar el ensayo de infiltración con cilindros de infiltrómetro. Para ello, la subcuenca San Mateo fue dividida en subáreas afines según la pendiente del terreno y, en cada una, se seleccionó un punto representativo para la ejecución del ensayo.

3.2.4. Muestra

La muestra estuvo conformada por 26 puntos de ensayo de infiltración distribuidos en la subcuenca de San Mateo. Cada punto fue seleccionado como representativo de una subárea delimitada por afinidad de pendiente, con el propósito de evaluar espacialmente la respuesta de infiltración del suelo y relacionarla con sus propiedades físicas e hidrológicas.

3.2.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por cada punto de muestreo de infiltración y su respectiva muestra de suelo en la subcuenca San Mateo. En cada unidad de análisis se evaluaron variables asociadas a la pendiente, la infiltración, la conductividad hidráulica estimada, la textura del suelo y las características físicas necesarias para la asignación del grupo hidrológico del suelo y la posterior determinación del número de curva (CN) representativo.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa. Esta técnica se aplicó durante el reconocimiento de campo de la subcuenca San Mateo, lo que permitió identificar, de manera preliminar, las condiciones del relieve, la cobertura y el uso del suelo, las características visibles del terreno y la accesibilidad a los sectores de estudio. Asimismo, facilitó la delimitación de subáreas afines por pendiente y la selección de puntos representativos para el desarrollo de ensayos de infiltración y la toma de muestras de suelo.

Muestreo de suelos. Se empleó para obtener muestras representativas de suelo en los puntos previamente seleccionados de la subcuenca. Las muestras recolectadas permitieron determinar en el laboratorio las propiedades físicas del suelo, como la granulometría, el límite líquido y el límite plástico.

Ensayo de infiltración en campo. Se utilizó esta técnica para medir la respuesta de infiltración del suelo mediante cilindros infiltrómetros en los 26 puntos de evaluación establecidos en la subcuenca.

Revisión documental. Esta técnica permitió recopilar, seleccionar y sistematizar información secundaria proveniente de documentos técnicos, estudios previos, cartografía temática, normativa aplicable, información meteorológica y bases de datos espaciales vinculadas a la subcuenca San Mateo.

Análisis geoespacial con SIG. Esta técnica se aplicó en el gabinete para procesar y analizar la información espacial de la subcuenca mediante sistemas de información geográfica. A través de ella se elaboraron mapas temáticos de ubicación, pendiente, cobertura y uso del suelo, capacidad de uso mayor, grupos hidrológicos del suelo y distribución espacial del número de curva, integrando los datos obtenidos en campo, en laboratorio y en fuentes secundarias.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha de observación de campo. Este instrumento correspondió a la técnica de observación directa. Se utilizó para registrar la ubicación del punto evaluado, las condiciones del terreno, la pendiente aparente, la cobertura y el uso del suelo, las evidencias de erosión y las características visibles del suelo.

Ficha de muestreo y caracterización de suelo. Este instrumento correspondió a la técnica de muestreo de suelos. En él se consignaron los datos de identificación de cada punto de muestreo, las coordenadas, la profundidad de extracción, la descripción del suelo, el tipo de muestra, el código asignado y las observaciones de campo. Además, sirvió de base para vincular cada muestra con sus resultados de laboratorio.

Formato de registro del ensayo de infiltración. Este instrumento correspondió a la técnica de ensayo de infiltración en campo. Permitió registrar la información técnica de cada ensayo, como el código del punto, las coordenadas, las lecturas de descenso de la lámina de agua, el tiempo de medición, la infiltración acumulada, la tasa de infiltración y las observaciones sobre las condiciones del ensayo. Este registro fue esencial para el cálculo posterior de la infiltración básica.

Matriz de revisión documental. Este instrumento se ajustó a la técnica de revisión documental. Se utilizó para organizar y sistematizar la información secundaria recopilada, considerando aspectos como la fuente consultada, el año, el contenido relevante y su aplicación en el estudio. Esta matriz permitió integrar de manera ordenada la información normativa, meteorológica, cartográfica y bibliográfica.

Matriz de procesamiento geoespacial. Este instrumento correspondió a la técnica de análisis geoespacial mediante SIG. Se empleó para organizar las capas de información espacial utilizadas, los procedimientos de geoprocesamiento aplicados y los productos cartográficos generados.

3.4. Hipótesis

H1G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a sus condiciones locales.

H_0G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, no permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a sus condiciones locales.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente: Caracterización hidrológica de suelos

Es el proceso de identificación, descripción y análisis de las propiedades fisiográficas, físicas e hidrológicas de los suelos de la subcuenca, tales como la pendiente del terreno, la capacidad de uso mayor, la textura del suelo, la infiltración, la conductividad hidráulica, el grupo hidrológico y la cobertura y el uso del suelo. Esta caracterización permite interpretar el comportamiento del suelo en el almacenamiento, la infiltración y la generación de escorrentía superficial (Villón, 2022).

3.5.2. Variable dependiente: Número de curva (CN) representativo de las condiciones locales

Es el parámetro hidrológico del método Curva Número (CN) que representa el potencial de escorrentía de la subcuenca San Mateo en función de las características reales del suelo, la cobertura y el uso del suelo, la pendiente y la condición de humedad previa. Su ajuste a las condiciones locales permite estimar de manera más representativa la respuesta de la escorrentía superficial en una subcuenca altoandina no aforada (Espinales et al., 2021).

3.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 31

Matriz de operacionalización de variables en estudio

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Índice de medida
VI. Caracterización hidrológica de suelos	Proceso de identificación y descripción de las propiedades físicas, edáficas e hidrológicas del suelo y del terreno que influyen en la infiltración, el almacenamiento y la generación de escorrentía superficial en una cuenca (Villón, 2022).	**Fisiografía del terreno**	Se determinó mediante el análisis espacial de la subcuenca con SIG y MDT, considerando el relieve y la pendiente del terreno.	Pendiente media	%
				Altitud	m s. n. m.
				Unidad fisiográfica	Nominal
		Capacidad de uso mayor del suelo	Se clasificó el suelo conforme al reglamento vigente de clasificación de tierras, según su mayor capacidad de uso.	Grupo de CUM	Nominal
				Clase de CUM	Ordinal
				Subclase de CUM	Nominal
		Propiedades físicas del suelo	Se determinaron mediante ensayos de laboratorio realizados en las muestras de suelo recolectadas en campo.	Arena	%
				Limo	%
				Arcilla	%
				Clase textural	Nominal
				Límite líquido	%
				Límite plástico	%
		Respuesta de infiltración del suelo	Se determinó mediante el ensayo de doble anillo en los puntos de muestreo establecidos en la subcuenca.	Infiltración acumulada	mm
				Tasa de infiltración básica	mm/h
				Conductividad hidráulica de campo estimada	mm/h
		Grupo hidrológico del suelo	Se asignó a partir del comportamiento de infiltración y de las características físicas del suelo, y se adaptó al NRCS.	Grupo hidrológico del suelo	Nominal (A, B, C, D)
		Cobertura y uso del suelo	Se identificó mediante la interpretación de imágenes satelitales y la validación en campo.	Tipo de cobertura/uso del suelo	Nominal
				Área por cobertura/uso	ha o %
VD. Número de curva (CN) representativo de las condiciones locales	Parámetro hidrológico del método SCS-CN que expresa el potencial de escorrentía de una unidad de terreno en función del grupo hidrológico del suelo, de la cobertura y del uso del suelo y de las condiciones locales de humedad (Espinales et al., 2021).	**Asignación base del CN**	Se obtuvo mediante el cruce entre el grupo hidrológico del suelo y la cobertura y el uso del suelo, utilizando las tablas de la NRCS.	CN por unidad homogénea	Adimensional (0–100)
				CN ponderado de la subcuenca	Adimensional (0–100)
		Ajuste hidrológico local	Se ajustó considerando la pendiente del terreno y las condiciones físicas de la subcuenca, según el criterio metodológico adoptado.	CN ajustado por pendiente o condición local	Adimensional (0–100)
		Condición de humedad antecedente	Se estableció a partir de la precipitación registrada previamente en la estación meteorológica de la subcuenca.	Precipitación antecedente acumulada	mm
				Condición AMC/ARC	Nominal (I, II, III)
				CN ajustado por humedad antecedente	Adimensional (0–100)
		Parámetros derivados del método CN	Se calcularon a partir del CN representativo obtenido para expresar la respuesta potencial de escorrentía.	Retención potencial máxima (S)	mm
				Abstracción inicial (Ia)	mm
				Escorrentía directa estimada (Q)	mm
		Representación espacial del CN	Se representó cartográficamente en un SIG para identificar la distribución espacial del parámetro.	Mapa de CN por unidades	Cartográfico
				Superficie por rangos de CN	ha o %

3.6. Procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Delimitación hidrológica de la subcuenca San Mateo

Para la delimitación hidrológica automatizada en el programa HEC-HMS se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE) ALOS PALSAR, con resolución espacial nominal de 12.5 m, descargado desde la plataforma Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center (ASF DAAC), asociada a NASA Earthdata. El MDE fue procesado en formato ráster y referenciado al sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 17S, con la finalidad de representar el relieve de la subcuenca, definir las direcciones de flujo, la acumulación de flujo, la red de drenaje, la divisoria hidrográfica y el punto de salida. La selección de este MDE se justificó por su mayor detalle espacial respecto a productos de 30 m o 90 m, lo cual resulta pertinente para una subcuenca pequeña de 6.21 km², donde la resolución del relieve influye en la precisión del área delimitada, la longitud del cauce principal, las pendientes y los parámetros morfométricos derivados. Los productos ALOS PALSAR de alta resolución son distribuidos por ASF con un tamaño de píxel de 12.5 m, mientras que NASA Earthdata reconoce el proyecto ALOS PALSAR RTC como una fuente de información corregida geométricamente y radiométricamente para aplicaciones geoespaciales (Alaska Satellite Facility, 2026; NASA Earthdata, 2026).

La delimitación inicial en el programa HEC-HMS se realizó definiendo el punto de aforo en la salida de la unidad de drenaje. Para ello, se ingresó el punto de control en el sistema de coordenadas UTM WGS 84, zona 17S, con las coordenadas 757709.29 m E y 9274874.13 m S, a partir del cual se generó el límite hidrológico preliminar de la subcuenca. Este procedimiento permitió establecer el área de aporte superficial que drena hacia dicho punto, lo que constituyó la base espacial para el desarrollo posterior del estudio.

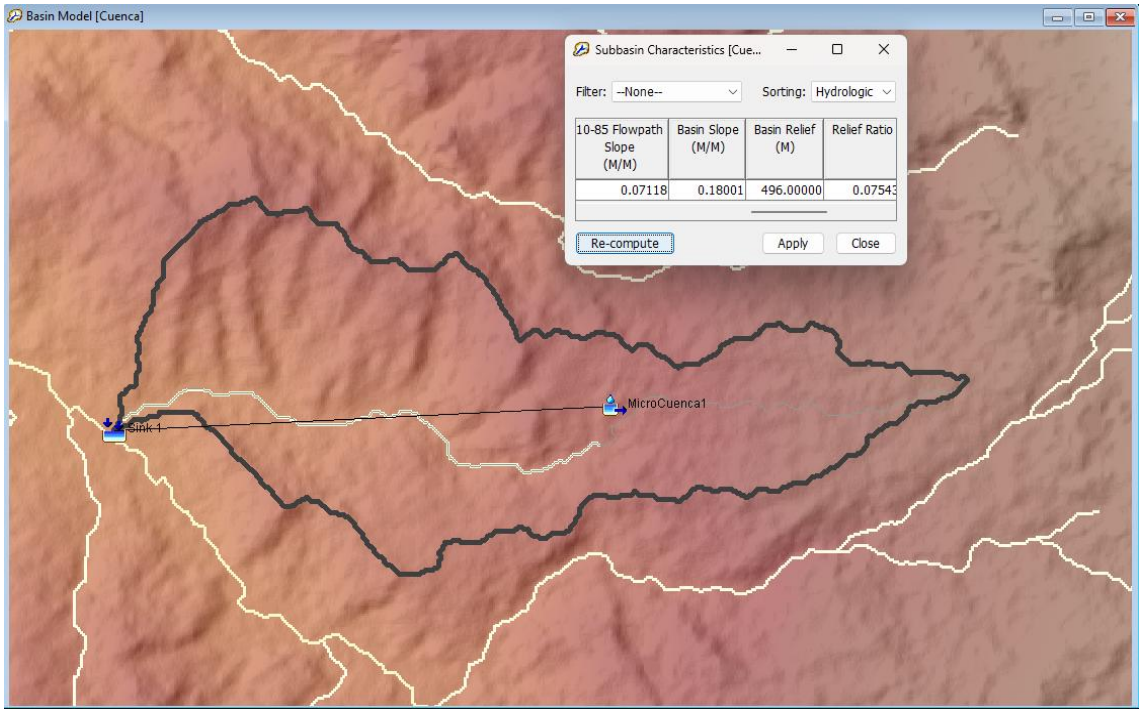
Tabla 32

Coordenadas del punto de aforo de la subcuenca San Mateo

Punto de referencia	Sistema de coordenadas	Zona	Este (m)	Norte (m)
Punto de aforo de la subcuenca San Mateo	UTM WGS 84	17S	757709.29	9274874.13

Figura 6

Delimitación de la subcuenca San Mateo en HEC-HMS



Posteriormente, la delimitación obtenida se exportó e incorporó en ArcGIS 10.8, donde se complementó el análisis espacial de la subcuenca. En este entorno se procesó la información cartográfica y topográfica necesaria para obtener sus principales características geomorfológicas y fisiográficas, tales como la forma de la subcuenca, el relieve, la red de drenaje, la longitud del cauce principal y la distribución espacial de las pendientes, mediante una hoja de cálculo de Microsoft Excel.

$$H = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} H_i \times A_i \quad (56)$$

Donde H es la altitud media en msnm, Hi es la altura del área acumulada Ai sobre la curva Hi, n es el número de áreas parciales, A es el área de la cuenca.

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28\,P}{\sqrt{A}} \quad (57)$$

Donde: Kc, índice de compacidad; P, perímetro (km); A, área de la cuenca (km²).

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (58)$$

Donde: Kf, factor de forma; A, área de la cuenca (en km²); L, longitud máxima.

$$Co = \frac{H^2}{A} \quad (59)$$

Donde: Co: coeficiente orográfico; H: altitud media en km; A: área en km².

$$S(\%) = \frac{H_M - H_m}{100 * L} \times 100 \quad (60)$$

Donde: S(%): pendiente (%); HM: altitud máxima (m); Hm: altitud mínima (m); L: longitud del río (km).

$$Tc = 0.3\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad (61)$$

Donde: Tc: tiempo de concentración de Temez; L: longitud del cauce mayor (km); S: pendiente media del cauce principal (m/m).

$$Po = \left(\frac{500}{CN}\right) - 50 \quad (62)$$

Donde: Po: abstracciones iniciales o umbral de escorrentía; CN: curva número.

Para el tiempo de concentración se evaluaron diferentes expresiones empíricas; sin embargo, se seleccionó la fórmula de Témez, ya que utiliza como variables principales la longitud del cauce mayor y la pendiente media del cauce principal, parámetros representativos de la respuesta hidrológica de una subcuenca natural con cauce definido. En la subcuenca San Mateo, la longitud del cauce principal fue de 6.58 km y la pendiente media del cauce principal fue de 0.075 m/m, lo que dio un Tc = 2.05 h. Este valor se consideró más representativo porque la subcuenca presenta una morfología alargada, una pendiente media y un cauce principal claramente definido.

Tabla 33

Parámetros morfométricos calculados para la subcuenca San Mateo

Parámetro	Fórmula empleada	Unidad	Descripción	Fuente o criterio técnico
Área de la subcuenca	A	km²	Superficie total delimitada por la divisoria hidrográfica.	Procesamiento SIG en HEC-HMS y ArcGIS 10.8 a partir del MDE ALOS PALSAR.
Perímetro de la subcuenca	P	km	Longitud del contorno de la divisoria hidrográfica.	Procesamiento SIG en HEC-HMS y ArcGIS 10.8 a partir del MDE ALOS PALSAR.
Altitud media ponderada	$H = 1/A \sum(Hi \times Ai)$	m s. n. m.	Altitud media calculada mediante la ponderación de las áreas parciales delimitadas por las curvas de nivel.	Análisis hipsométrico de cuencas hidrográficas.
Coeficiente de compacidad de Gravelius	$Kc = P / (2\sqrt{\pi A}) = 0.28P / \sqrt{A}$	Adimensional	Relaciona el perímetro de la cuenca con el de un círculo de igual área; esto permite interpretar su forma.	Gravelius, citado en las metodologías de morfometría de cuencas.
Factor de forma de Horton	$Kf = A / L^2$	Adimensional	Relaciona el área de la cuenca con la longitud máxima de recorrido; valores bajos indican cuencas alargadas.	Horton, citado en las metodologías de morfometría de cuencas.
Coeficiente orográfico	$Co = H^2 / A$	Adimensional	Relaciona la altitud media con el área de la cuenca para interpretar la influencia del relieve.	Criterio morfométrico aplicado a la caracterización fisiográfica.
Pendiente media del cauce principal	$So = \Delta H / L$	m/m o %	Diferencia de cotas entre el punto más alto y el punto de salida del cauce principal, dividida por la longitud del cauce. En el estudio fue 7.5 %.	Procesamiento del perfil longitudinal del cauce principal.
Pendiente media de la cuenca	Sc	m/m o %	Pendiente promedio del terreno de la subcuenca, calculada a partir del relieve del MDE. En el estudio fue 18.0 %.	Procesamiento SIG del modelo digital de elevación.
Tiempo de concentración	$Tc = 0.3 (L / So^{0.25})^{0.76}$	h o min	Tiempo requerido para que el escurrimiento desde el punto más alejado hidráulicamente alcance el punto de salida.	Fórmula de Témez, seleccionada por su aplicabilidad a cuencas naturales con cauce definido.
Abstracción inicial o umbral de escorrentía	$Po = (500 / CN) - 50$	mm	Umbral inicial de pérdidas antes del inicio de la escorrentía directa, expresado en función del CN.	Método SCS-CN.

Nota. A representa el área de la subcuenca; P, el perímetro; H, la altitud media; Hi, la altitud representativa de cada intervalo; Ai, el área parcial; L, la longitud máxima de recorrido o longitud del cauce principal, según el parámetro calculado; So, la pendiente media del cauce principal; Sc, la pendiente media de la cuenca; CN, el número de curva. Se diferenciaron la pendiente media del cauce principal y la de la cuenca, ya que ambas representan condiciones geomorfológicas distintas.

3.6.2. Delimitación fisiográfica de la subcuenca San Mateo

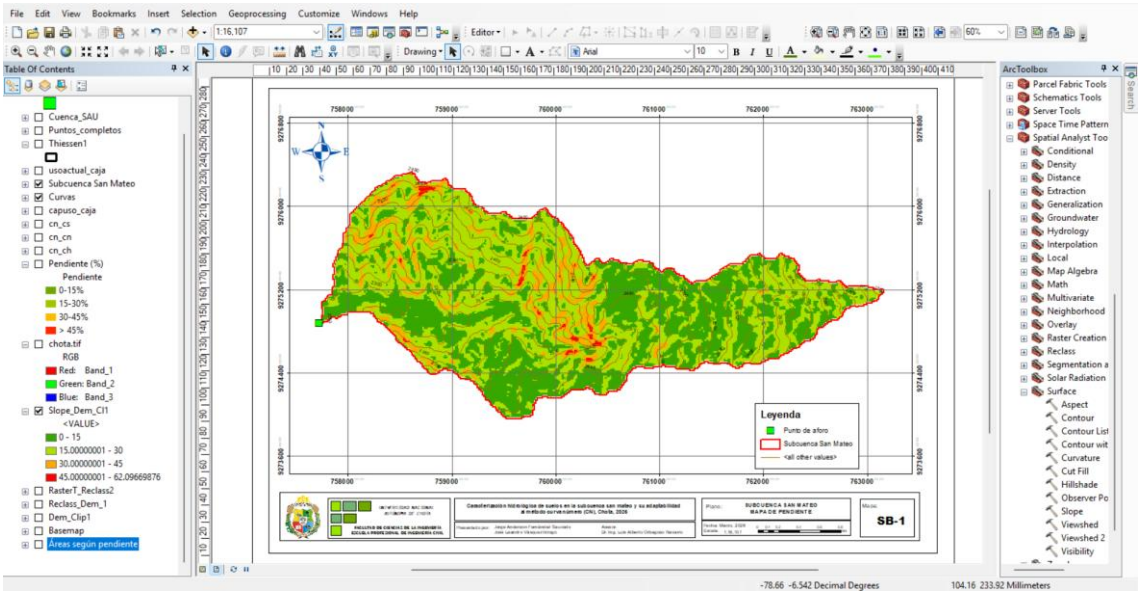
Una vez delimitada hidrológicamente la subcuenca San Mateo, se procedió a su delimitación fisiográfica en ArcGIS 10.8, con el fin de caracterizar la distribución espacial del relieve, de la cobertura y del uso del suelo en el área de estudio. Para ello, se elaboraron el mapa de pendiente y el mapa de cobertura y uso del suelo, que sirvieron de base para la sectorización posterior de la subcuenca.

a) Elaboración del mapa de pendiente.

Para la generación del mapa de pendiente se recopilaron puntos de elevación distribuidos a lo largo de toda la extensión de la subcuenca mediante la observación en Google Earth. Posteriormente, a dichos puntos se les asignó altitud con el apoyo de GPS Visualizer, a fin de complementar la información topográfica existente. De manera paralela, se incorporaron las curvas de nivel correspondientes a la carta 14-f, descargada del MINEDU, con el propósito de mejorar la representación altimétrica del terreno.

Figura 7

Elaboración del mapa de pendiente en el programa ArcGIS 10.8



Con la información de elevación recopilada se construyó un modelo TIN (Triangulated Irregular Network) en ArcGIS 10.8, a partir del cual se generó un modelo

raster de elevación. Luego, sobre este raster se aplicó la herramienta de análisis de superficie para obtener la pendiente del terreno en porcentaje. Finalmente, el raster de pendientes fue reclasificado en cuatro rangos fisiográficos: 0–15%, 15–30%, 30–45% y mayor o igual a 45 %, obteniéndose así el mapa de pendiente de la subcuenca.

b) Elaboración del mapa de cobertura y uso del suelo.

La delimitación de la cobertura y el uso del suelo se realizó mediante la integración de información cartográfica institucional, la observación de campo y la interpretación visual de imágenes satelitales. En primer lugar, se utilizaron los planos de zonificación territorial y acondicionamiento territorial de la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2018), a partir de los cuales se identificaron la zona de consolidación urbana y las áreas de expansión urbana dentro de la subcuenca.

Figura 8

Plano de acondicionamiento territorial de la MPCH

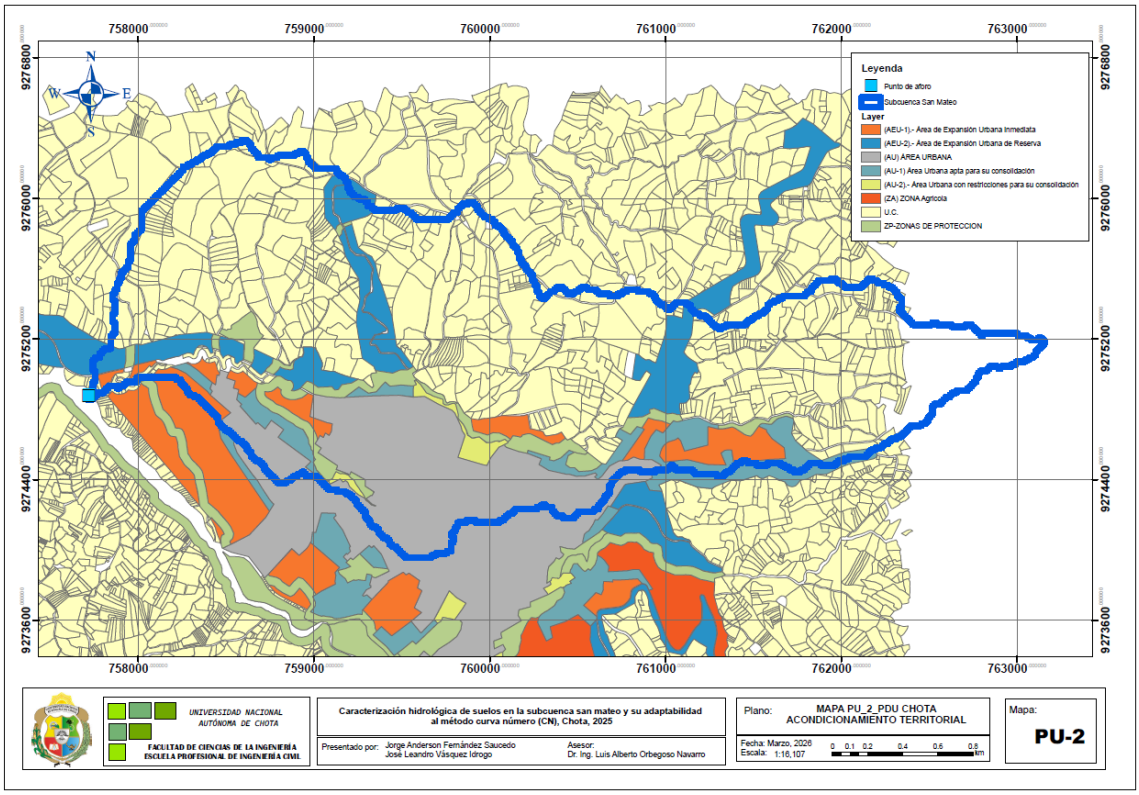
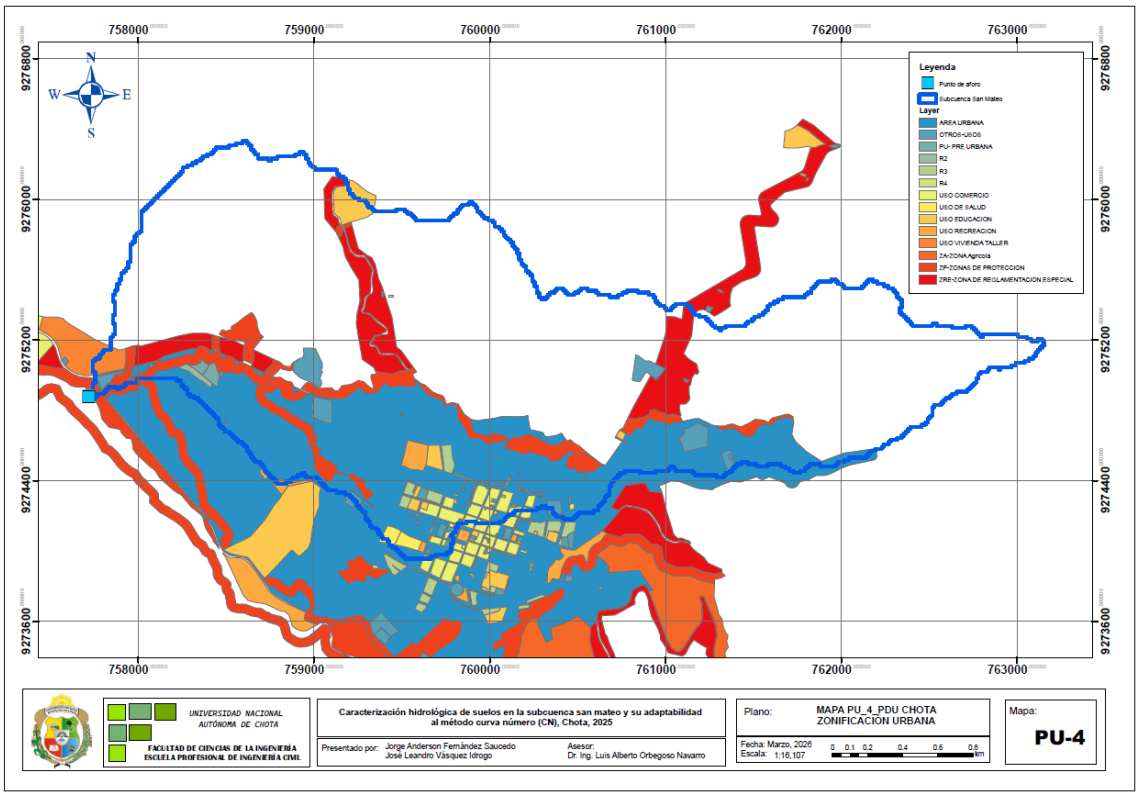


Figura 9

Plano de zonificación urbana de la MPCH



Posteriormente, esta información fue contrastada y complementada mediante la revisión de imágenes satelitales y un recorrido general por diferentes sectores de la subcuenca San Mateo, lo que permitió reconocer directamente la ocupación actual del terreno. Con base en esta integración de información, en ArcGIS 10.8 se definió el uso predominante de cada lote o unidad territorial dentro de la subcuenca, diferenciando categorías como urbano consolidado, periurbano y expansión urbana, agrícola–pastizal, pastizal y bosques con pastizales.

c) Integración del análisis fisiográfico

Finalmente, la información derivada de los mapas de pendiente y de cobertura y uso del suelo fue integrada en ArcGIS 10.8 para interpretar la variabilidad espacial del terreno en la subcuenca. Este análisis permitió identificar sectores con condiciones

fisiográficas diferenciadas, lo que constituyó la base técnica para la sectorización de la subcuenca y la posterior definición de los puntos de muestreo.

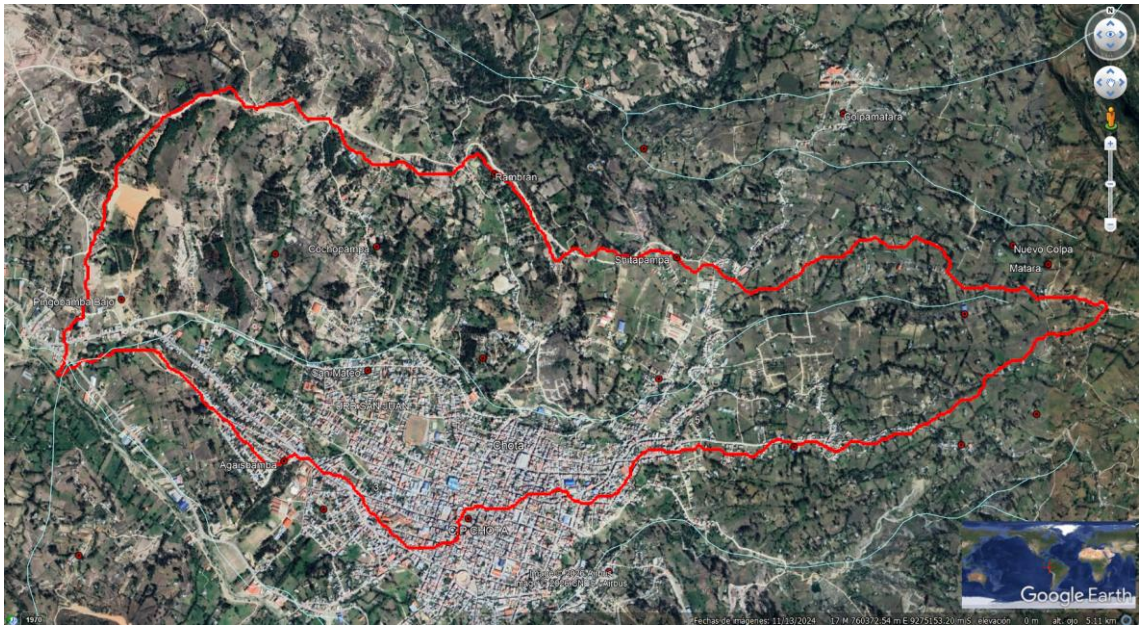
Figura 10

Tesistas realizando un recorrido general por la subcuenca San Mateo



Figura 11

Vista satelital de la subcuenca San Mateo en la aplicación de Google Earth



Nota. (Google Earth Pro, 2026).

3.6.3. Sectorización de la subcuenca y definición de puntos de muestreo

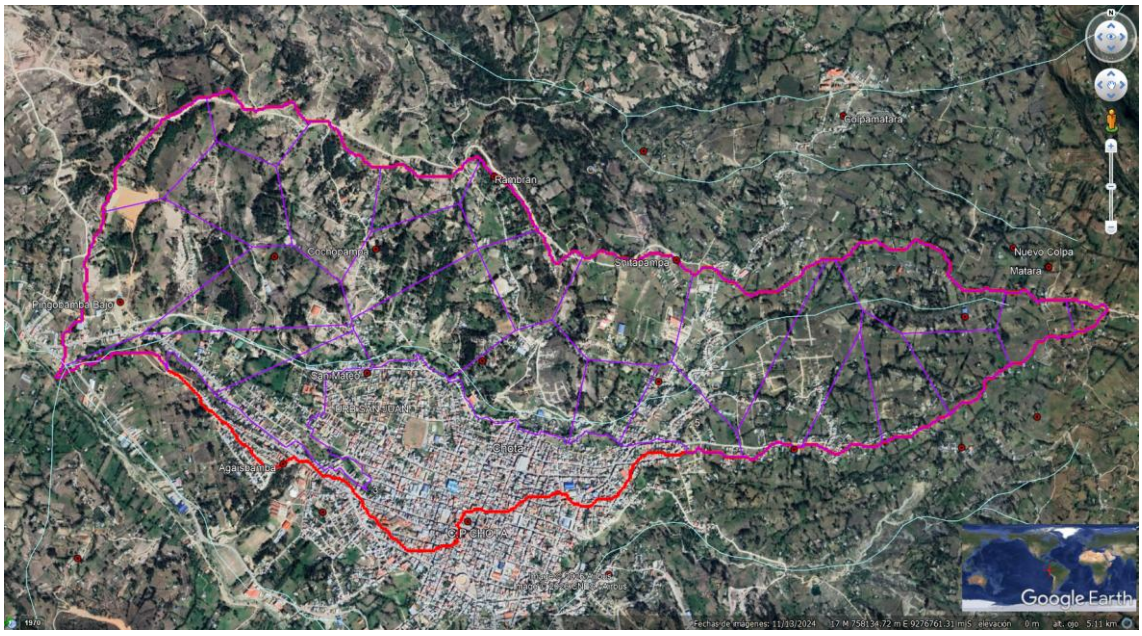
Con base en la delimitación fisiográfica previamente obtenida, se procedió a la sectorización de la subcuenca San Mateo, con el propósito de organizar el trabajo de campo y definir los puntos de muestreo para los ensayos de infiltración y la toma de muestras de suelo. Este proceso se realizó en ArcGIS 10.8, considerando la combinación espacial entre los rangos de pendiente y la cobertura y el uso del suelo predominantes.

a) Delimitación preliminar de subzonas fisiográficas.

La sectorización se efectuó a partir del cruce entre el mapa de pendiente y el mapa de cobertura y uso del suelo, identificándose áreas con condiciones relativamente homogéneas de relieve y de ocupación del terreno. Dado que los rangos de pendiente no presentaban la misma extensión superficial en la subcuenca, la delimitación no se realizó únicamente por criterio topográfico, sino también por afinidad territorial.

Figura 12

Delimitación preliminar de subzonas fisiográficas



Nota. (Google Earth Pro, 2026).

Como resultado de este análisis, se delimitaron 26 subzonas preliminares, procurando que cada una representara una combinación específica de pendiente y uso del suelo, con posible influencia en el comportamiento de la infiltración y en la respuesta hidrológica local. Esta sectorización permitió representar con mayor precisión la heterogeneidad espacial del ámbito de estudio.

b) Verificación de subzonas en campo

Posteriormente, se realizaron visitas de campo a las subzonas delimitadas con el fin de verificar sus condiciones reales y confirmar su representatividad. Durante estas visitas se evaluó la accesibilidad al terreno, se reconocieron las características visibles del suelo y del relieve, y se verificó la factibilidad de realizar los ensayos de infiltración en cada sector. Asimismo, se consideraron la disponibilidad de acceso y la aceptación de los propietarios de los predios en los que se proyectó realizar el trabajo de campo.

c) Definición y georreferenciación de puntos de muestreo

Luego de la verificación en campo, se seleccionó un punto de muestreo en cada subzona, lo que arrojó un total de 26 puntos de evaluación. Estos puntos se consideraron representativos para la ejecución de los ensayos de infiltración con cilindros de infiltrómetro y para la toma de muestras de suelo destinadas al análisis físico en el laboratorio.

Finalmente, cada punto fue georreferenciado mediante un GPS de mano Garmin, registrándose sus coordenadas para su posterior incorporación a la base cartográfica de la investigación. Esta información permitió consolidar espacialmente la red de puntos de evaluación, asegurar la trazabilidad de los ensayos realizados y vincular cada punto con sus respectivos resultados de campo, de laboratorio y de análisis geoespacial.

Tabla 34

Puntos de muestreo para verificación de infiltración del suelo

Subzona	Este	Norte
Punto 1	758736.00	9274717.00
Punto 2	758627.50	9274960.76
Punto 3	758616.00	9275232.00
Punto 4	758417.89	9275487.60
Punto 5	758280.91	9276103.00
Punto 6	758766.91	9276217.01
Punto 7	758592.16	9275805.43
Punto 8	759144.45	9275917.73
Punto 9	759718.00	9275562.00
Punto 10	759631.00	9275840.00
Punto 11	763098.12	9275178.69
Punto 12	762370.00	9275227.00
Punto 13	762832.88	9275105.01
Punto 14	762381.00	9274918.00
Punto 15	762080.00	9274739.00
Punto 16	761816.00	9274686.00
Punto 17	761590.98	9274802.08
Punto 18	761233.93	9274992.40
Punto 19	760635.00	9275142.00
Punto 20	760800.17	9274595.03
Punto 21	760593.00	9274702.00
Punto 22	760240.82	9274784.83
Punto 23	759845.63	9275326.09
Punto 24	759990.00	9275670.00
Punto 25	760063.69	9275427.74
Punto 26	760529.78	9274479.05

Nota. El punto 26 se refiere a la zona urbana consolidada, que es impermeable en más del 60% de su superficie, ya que predominan superficies impermeables como viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.

3.6.4. Muestreo de suelos y ejecución de ensayos de infiltración en campo

El muestreo de suelos y los ensayos de infiltración se realizaron en los 26 puntos definidos en la subcuenca de San Mateo. Para ello, se utilizó un equipo de doble anillo para la infiltración, conforme al criterio general de la norma ASTM D3385 (2018), que describe el procedimiento para medir en campo la tasa de infiltración del agua en el suelo mediante un infiltrometro de doble anillo.

a) Características técnicas de los equipos y control operativo del ensayo de infiltración.

Los ensayos de infiltración se realizaron mediante un infiltrómetro de doble anillo, conforme al procedimiento general establecido en la norma ASTM D3385-18 (2018), empleada para la medición en campo de la tasa de infiltración del agua en suelos mediante anillos concéntricos. El equipo estuvo conformado por un anillo interior de medición de 30 cm de diámetro y 30 cm de altura y un anillo exterior concéntrico de mayor diámetro, cuya función fue reducir la divergencia lateral del flujo y favorecer que la infiltración medida en el anillo interior representara predominantemente el flujo vertical del agua en el suelo. Complementariamente, se utilizaron una regla graduada para el control del descenso de la lámina de agua, cronómetro para el registro de intervalos de tiempo, recipientes graduados y baldes para la reposición de agua, cinta métrica para verificación dimensional, GPS Garmin para la georreferenciación de los puntos, fichas de campo para el registro de lecturas, herramientas manuales para el acondicionamiento superficial del terreno y plástico protector para cubrir los puntos seleccionados antes del ensayo.

Antes de la ejecución de los ensayos se efectuó una verificación operativa del equipo. Esta consistió en revisar visualmente que los anillos no presentaran deformaciones, fisuras, bordes doblados ni irregularidades que pudieran afectar su

hinca o generar fugas laterales; asimismo, se verificó el diámetro del anillo interior con cinta métrica para confirmar el área efectiva de medición, se comprobó la legibilidad de la regla graduada y se contrastó el funcionamiento del cronómetro mediante el control de intervalos regulares de tiempo. Durante la instalación se verificó que los anillos mantuvieran una posición aproximadamente vertical, que el contacto entre el metal y el suelo fuera continuo y que el empotramiento fuera estable, para evitar filtraciones preferenciales por los bordes. Además, durante el ensayo se procuró mantener niveles de agua similares en ambos anillos y una carga hidráulica aproximadamente constante, de modo que las lecturas del anillo interior fueran comparables entre los puntos.

Como medida de control de la humedad superficial, una semana antes de la ejecución de los ensayos, se cubrieron las zonas seleccionadas con plástico para evitar la sobresaturación directa del suelo por precipitación local antes de la medición. Esta medida permitió reducir la influencia inmediata de los eventos de lluvia sobre la superficie ensayada y mantener condiciones más homogéneas para la comparación entre los puntos. No obstante, se verificaron los registros meteorológicos de la estación Chota para contextualizar las condiciones del periodo de medición, realizado entre el 19 y el 30 de enero de 2026. La información meteorológica se utilizó como criterio complementario para interpretar la humedad antecedente y justificar el empleo del CN-II como condición hidrológica media de referencia, dado que el método SCS-CN utiliza dicha condición como escenario promedio en aplicaciones de diseño.

Tabla 35

Resumen meteorológico general durante la semana previa y el periodo de ensayos de infiltración

Fuente de datos	Periodo	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación máxima diaria (mm)	Días sin precipitación	Temperatura media o promedio (°C)	Humedad relativa media (%)
Estación Chota automática	12/01/2026–18/01/2026	51.8	19.4	0	16.05	87.79
Estación Chota automática	19/01/2026–30/01/2026	56.9	24.4	4	16.35	85.19
Estación Chota convencional	12/01/2026–18/01/2026	56.1	22.0	1	Tmax prom. = 21.00; Tmin prom. = 12.06	89.60
Estación Chota convencional	19/01/2026–30/01/2026	53.6	14.8	4	Tmax prom. = 21.78; Tmin prom. = 11.87	87.19

Nota. Datos procesados a partir de los registros proporcionados de la estación Chota automática y convencional. La información de SENAMHI/DRD corresponde a datos sin control de calidad, por lo que se utilizó con fines de contextualización meteorológica del periodo de campo.

Tabla 36

Condiciones meteorológicas diarias durante el periodo de ensayos de infiltración según estación Chota convencional

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación diaria (mm/día)
19/01/2026	23.4	13.0	87.1	9.5
20/01/2026	24.0	11.2	87.4	14.7
21/01/2026	22.0	11.6	84.8	0.4
22/01/2026	21.8	12.0	87.5	14.8
23/01/2026	22.6	12.2	84.9	1.2
24/01/2026	23.0	11.8	85.0	1.8
25/01/2026	23.6	12.4	84.4	2.5
26/01/2026	19.4	12.2	89.6	0.0
27/01/2026	17.0	12.2	91.5	0.0
28/01/2026	22.8	9.0	83.5	1.9
29/01/2026	20.2	12.2	90.5	3.8
30/01/2026	21.6	12.6	90.1	3.0

Nota. Datos procesados a partir del registro diario de la estación Chota convencional. La precipitación acumulada del periodo fue de 53.6 mm, con días de precipitación nula el 26 y 27 de enero. La protección previa de los puntos con plástico permitió reducir la influencia directa de la lluvia sobre la superficie ensayada (Obtenido de: https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones).

Tabla 37

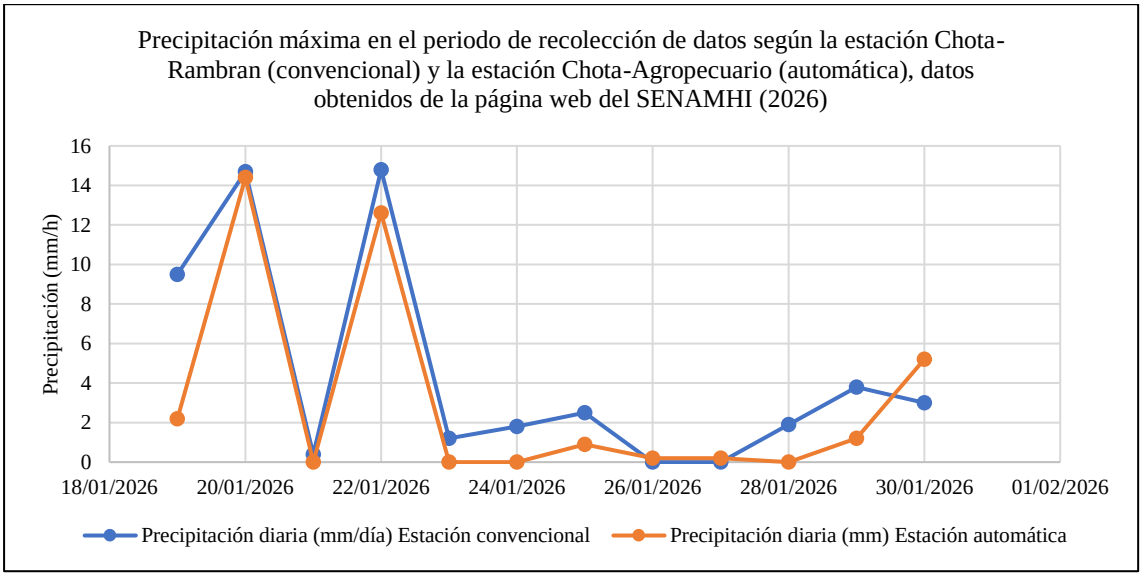
Condiciones meteorológicas diarias durante el periodo de ensayos de infiltración según estación Chota automática

Fecha	Precipitación diaria (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa media (%)	Velocidad media del viento (m/s)
19/01/2026	2.2	17.41	14.3	22.4	82.40	0.91
20/01/2026	14.4	16.98	13.5	23.4	84.62	0.83
21/01/2026	0.0	16.60	12.3	22.4	83.90	1.17
22/01/2026	12.6	16.17	13.1	21.5	88.04	0.93
23/01/2026	0.0	16.63	13.7	22.2	85.79	0.69
24/01/2026	0.0	15.82	12.4	21.9	85.29	0.80
25/01/2026	0.9	17.50	13.6	22.8	82.32	1.05
26/01/2026	0.2	16.10	13.3	19.5	89.00	0.84
27/01/2026	0.2	15.49	14.1	18.4	85.33	1.17
28/01/2026	0.0	15.47	8.6	22.4	79.29	1.18
29/01/2026	1.2	15.78	13.5	20.5	88.86	0.50
30/01/2026	5.2	16.59	14.2	20.4	86.96	0.57

Nota. Datos procesados a partir del registro horario de la estación Chota automática. La precipitación acumulada del periodo fue de 56.9 mm, con cuatro días sin precipitación registrada: 21, 23, 24 y 28 de enero. Los registros horarios se utilizaron para contextualizar las condiciones de temperatura, humedad y viento durante el periodo de trabajo (Obtenido de: https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones).

Figura 13

Precipitación máxima del 19-01 al 30-01 de 2026 según la estación Chota



Durante la ejecución puntual de los ensayos, según el registro de campo, no se registró lluvia directa sobre los puntos evaluados; además, las zonas seleccionadas fueron protegidas previamente con plástico para evitar la sobresaturación superficial. No obstante, los registros de la estación Chota evidenciaron precipitaciones diarias en algunos días del periodo, por lo que esta información se incorporó como contexto meteorológico y no como medición directa de humedad en cada punto de ensayo.

b) Preparación del punto de ensayo.

En cada uno de los 26 puntos, se preparó inicialmente la superficie del terreno en el que se ejecutaría el ensayo. Para ello, se retiró manualmente, con herramientas (palas y picos), la vegetación superficial suelta, la hojarasca, las piedras, los residuos orgánicos y otros elementos que pudieran interferir con la correcta instalación del equipo, procurando no alterar en exceso la estructura natural del suelo. Luego, se acondicionó un área lo suficientemente estable como para permitir la colocación del infiltrometro, verificando que el terreno no presentara encharcamiento superficial, escurrimiento activo ni alteraciones recientes que afectaran la medición.

Figura 14

Preparación del terreno para el ensayo de infiltración con doble anillo



c) Instalación del infiltrometro de doble anillo

Seguidamente, se instaló el equipo de doble anillo concéntrico en el punto previamente acondicionado. De acuerdo con el equipo disponible en campo, se trabajó con un anillo de medición de 30 cm (12") de diámetro y 30 cm (12") de altura. La instalación se realizó mediante la hinchada de los anillos en el suelo, con apoyo mecánico manual y protección del borde superior para evitar deformaciones durante el golpeo, hasta lograr un empotramiento firme y estable. Una vez colocados, se verificó que los anillos mantuvieran una posición aproximadamente vertical y que hubiera buen contacto entre el metal y el suelo, a fin de minimizar las fugas laterales en los bordes. La instalación por hinca y la disposición concéntrica del equipo se ajustan al procedimiento general descrito en la norma ASTM D3385.

Figura 15

Instalación del infiltrometro de doble anillo



d) Aplicación del agua y establecimiento de la carga hidráulica.

Después de instalar el equipo, se llenaron los anillos con agua. El agua se aplicó primero de manera cuidadosa para evitar la desagregación o el disturbio excesivo de la superficie del suelo y, posteriormente, se mantuvo una carga hidráulica aproximadamente constante durante el desarrollo del ensayo. El llenado se realizó tanto en el anillo interior como en el exterior, procurando que ambos conservaran niveles de agua similares, ya que el anillo exterior cumple la función de disminuir la divergencia lateral del flujo y de mejorar la representatividad de la infiltración vertical medida en el anillo interior.

Figura 16

Aplicación del agua y establecimiento de la carga hidráulica



e) Registro de lecturas de infiltración

Una vez establecido el nivel inicial de agua, se inició el control del tiempo y el registro de lecturas. En cada punto se observó el descenso del nivel del agua en el anillo interior y se realizaron lecturas sucesivas en intervalos de tiempo cortos al inicio del ensayo, ya que en esta fase la infiltración suele ser más rápida; posteriormente, conforme el comportamiento se estabilizó, los intervalos de lectura se ampliaron. Durante toda la prueba se repuso agua en los anillos cuando fue necesario, con el propósito de mantener la carga hidráulica de trabajo. El registro continuó hasta que se observó que la variación de la infiltración tendía a estabilizarse, tras lo cual se identificó la tasa de infiltración básica del suelo en cada punto. La medición bajo una carga aproximadamente constante forma parte del procedimiento operativo del ensayo de doble anillo.

Figura 17

Registro de lecturas de infiltración



f) Toma de muestra de suelo en el punto de ensayo

Concluido el ensayo de infiltración, o en un sitio inmediatamente adyacente al punto ensayado, se procedió a tomar la muestra de suelo representativa para su análisis físico en el laboratorio. La muestra fue colocada en recipientes o bolsas debidamente identificados con el código, la fecha y la ubicación del punto, a fin de preservar la correspondencia entre los resultados de campo y de laboratorio. En el caso del punto 26, correspondiente a la zona urbana consolidada de la subcuenca San Mateo, se consideró que más del 60% del área presenta superficies impermeables; por ello, se evaluaron dos subpuntos: el 26A, ubicado en el patio de una vivienda, y el 26B, ubicado en una calle sin pavimentar. Sin embargo, solo se recuperó una muestra de suelo en el punto 26A (del cual se ha colocado sus coordenadas en la tabla 34), ya que en el punto 26B el material correspondía al afirmado de la vía.

Figura 18

Toma de muestras de suelo en el punto de ensayo



g) Consolidación del registro de campo para el cálculo de la tasa de infiltración.

Finalmente, en cada uno de los 26 puntos se completó el registro de campo con la información sobre la ubicación, el uso y la cobertura del suelo, la pendiente local, las características visibles del terreno, los datos del ensayo de infiltración, las observaciones sobre la instalación del equipo y el código de la muestra recolectada. Esta información permitió consolidar una base uniforme para el posterior procesamiento de la tasa de infiltración básica mediante el modelo de Kostiakov.

Primero, se calculó el intervalo de tiempo entre dos lecturas consecutivas:

$$\Delta ti = t_i - t_{i-1} \quad (63)$$

Donde: Δti = intervalo de tiempo entre lecturas, en minutos; ti = tiempo acumulado de la lectura actual y ti−1 = tiempo acumulado de la lectura anterior, ambos en minutos.

Luego, se determinó la lámina infiltrada en cada intervalo. Cuando no se repuso agua, se consideró el nivel de agua de la lectura anterior; cuando sí se repuso agua, se tomó el nivel de recuperación registrado antes de la siguiente lectura:

$$\Delta L_i = (H_{i-1} - h_i) \times 10 \quad (64)$$

Donde: $H_{i-1} \begin{cases} h_{r,i-1}, si\ se\ registró\ nivel\ de\ recuperación\ del\ agua \\ h_{i-1}, si\ no\ se\ registro\ recuperación\ del\ agua \end{cases}$

ΔLi = lámina infiltrada en el intervalo, en mm; Hi−1 = nivel inicial de referencia previo a la lectura actual, en cm; hi = nivel de agua en la lectura actual, en cm; hr,i−1 = nivel de recuperación o reposición de agua en la lectura anterior, en cm.

Después, se calculó la lámina acumulada de infiltración:

$$L_i = L_{i-1} + \Delta L_i \quad (65)$$

Donde: Li = lámina infiltrada acumulada lectura actual, en mm; Li−1 = lámina infiltrada acumulada en la lectura anterior, en mm; ΔLi = lámina infiltrada en el intervalo, en mm.

La velocidad observada de infiltración se calculó dividiendo la lámina infiltrada entre el intervalo de tiempo y convirtiendo el resultado de mm/min a mm/h:

$$Vi = \frac{\Delta Li}{\Delta ti} \times 60 \quad (66)$$

Donde: Vi = velocidad observada de infiltración, en mm/h; ΔLi = lámina infiltrada en el intervalo, en mm; Δti = intervalo de tiempo, en minutos.

Para ajustar el comportamiento de la infiltración acumulada, se utilizó:

$$L(t) = a \times t^b \quad (67)$$

Donde: L(t) = lámina acumulada estimada, en mm; t = tiempo acumulado, en minutos; a = coeficiente del modelo de Kostiakov; b = exponente del modelo de Kostiakov.

Para obtener los parámetros a y b, la ecuación se linealizó mediante:

$$\ln(L) = \ln(a) + b \times \ln(t) \quad (68)$$

Luego, la tasa de infiltración estimada se obtuvo derivando el modelo de Kostiakov respecto al tiempo:

$$i(t) = \frac{dL}{dt} = a \times b \times t^{b-1} \quad (69)$$

Como esta derivada queda expresada en mm/min, se convirtió a mm/h:

$$i(t) = 60 \times b \times t^{b-1} \quad (70)$$

Finalmente, la infiltración estimada al tiempo final medido se calculó usando el mayor tiempo acumulado registrado en el ensayo:

$$i_f = C_v \times t_{max}^n \quad (71)$$

Donde: if = infiltración estimada al tiempo final medido, en mm/h; Cv = coeficiente de velocidad; tmax = tiempo máximo registrado, en minutos; n = exponente de velocidad.

Además, la infiltración básica observada como el promedio de las últimas velocidades observadas consideradas estables:

$$Ib = \frac{V1+V2+V3}{3} \quad (72)$$

Donde: Ib = infiltración básica observada, en mm/h; V1, V2, V3 = velocidades observadas más recientes seleccionadas en el tramo de estabilización, en mm/h.

3.6.5. Ensayos físicos de suelo en laboratorio

Los ensayos físicos del suelo se realizaron en el laboratorio CIEXLIAN, con el fin de determinar las propiedades necesarias para la caracterización física de los suelos de la subcuenca San Mateo y su posterior clasificación hidrológica. Para ello, se analizaron las muestras recolectadas en campo mediante ensayos de laboratorio orientados a determinar la distribución granulométrica, los límites de consistencia y la clasificación del suelo según el sistema SUCS.

a) Recepción, identificación y preparación de muestras.

Al ingresar al laboratorio, cada muestra fue verificada y codificada según el punto de muestreo de procedencia, lo que aseguraba su correspondencia con el registro de campo. Luego, se realizó una inspección preliminar para identificar la presencia de gravas, raíces, restos orgánicos, fragmentos gruesos y otras impurezas que pudieran interferir en el análisis. Posteriormente, las muestras fueron acondicionadas para su ensayo, lo que incluyó el secado al aire o, cuando fue necesario, el secado controlado, el desmenuzamiento manual de terrones sin triturar partículas individuales y la homogenización del material.

b) Análisis granulométrico NTP 399.128 (INACAL, 2019)**.**

El análisis granulométrico se realizó con la finalidad de determinar la distribución porcentual de las partículas del suelo según su tamaño y establecer los contenidos de grava, arena y finos. Para ello, primero se preparó la cantidad de muestra requerida, eliminando materiales extraños y desagregando cuidadosamente los terrones. Cuando el suelo presentó fracción fina adherida a partículas mayores, se efectuó el lavado previo del material mediante el tamiz N.° 200, con el propósito de separar adecuadamente la fracción fina de la gruesa. Luego, la muestra se secó hasta alcanzar una masa constante y se pesó antes del tamizado.

A continuación, el material se hizo pasar por una serie ordenada de tamices de abertura decreciente, colocados de mayor a menor tamaño, incluyendo el tamiz N.° 200 para la fracción fina retenida. El conjunto de tamices fue sometido a agitación mecánica durante el tiempo necesario para lograr una separación adecuada de las partículas. Finalizado el proceso, se determinaron el peso del material retenido en cada tamiz y el del material que pasó por la malla más fina. Con estos datos se calcularon los porcentajes retenidos, los porcentajes acumulados retenidos y los porcentajes que pasan, y posteriormente se elaboró la curva granulométrica del suelo. Este ensayo permitió identificar la proporción de partículas gruesas y finas en cada muestra y sirvió de base para determinar la textura y la clasificación del suelo.

Figura 19

Ensayo granulométrico del suelo



c) Determinación de la textura.

Se ha determinado la textura del suelo mediante la técnica del hidrómetro. Para ello, se pesaron 50 g de tierra a través del tamiz de 2 mm, se añadieron 20 ml de agua y se batieron durante 10 min. Luego, se transfirió la suspensión a una probeta graduada de 1000 mL, se enjuagó el vaso de precipitado con agua destilada y se ajustó el volumen a la capacidad de la probeta. Se agitó la suspensión 10 veces y luego se dejó reposar. A los 40 segundos de reposo se realizó la primera lectura, registrando el contenido de arena (A%); luego de dos horas de reposo, se registró el contenido de arcilla (Ar%); y, finalmente, se calculó el contenido de limo (L).

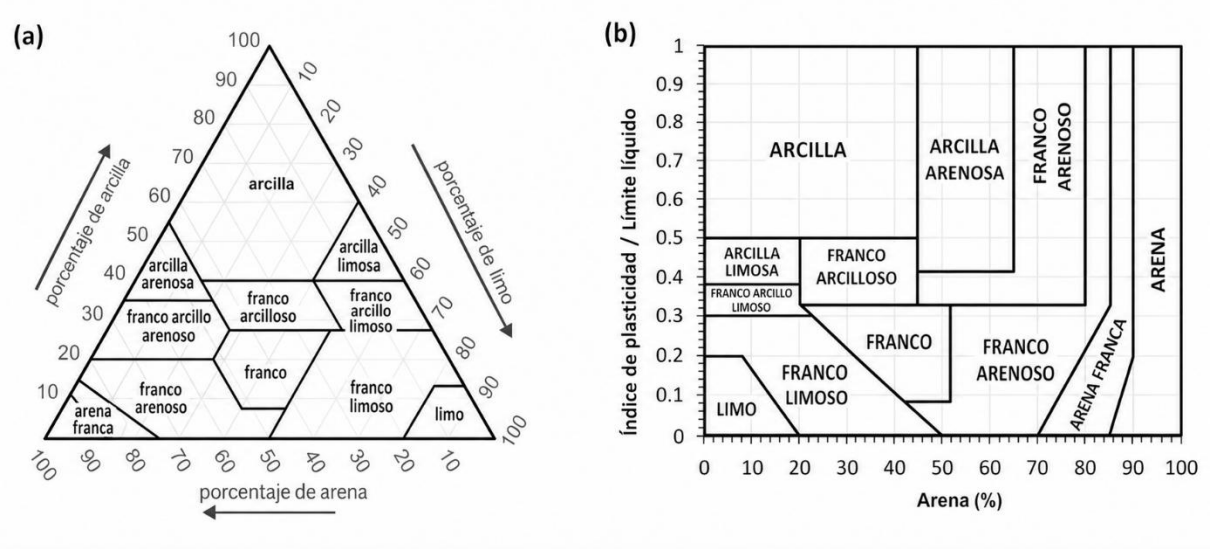
$$A(\%) = 100 - \frac{Lectura\ corregida\ 40s}{Peso\ muestra} \times 100 \quad (73)$$

$$Ar(\%) = \frac{Lectura\ corregida\ 2h}{Peso\ muestra} \times 100 \quad (74)$$

$$L(\%) = 100 - [A(\%) + Ar(\%)] \quad (75)$$

Figura 20

Clasificaciones de la textura de los suelos



Nota. (a) Triángulo de textura (USDA, 2017); (b) cuadro de clasificación de textura y plasticidad de Moreno-Maroto y Alonso-Azcárate (2018). (Moreno-Maroto y Alonso-Azcárate, 2022).

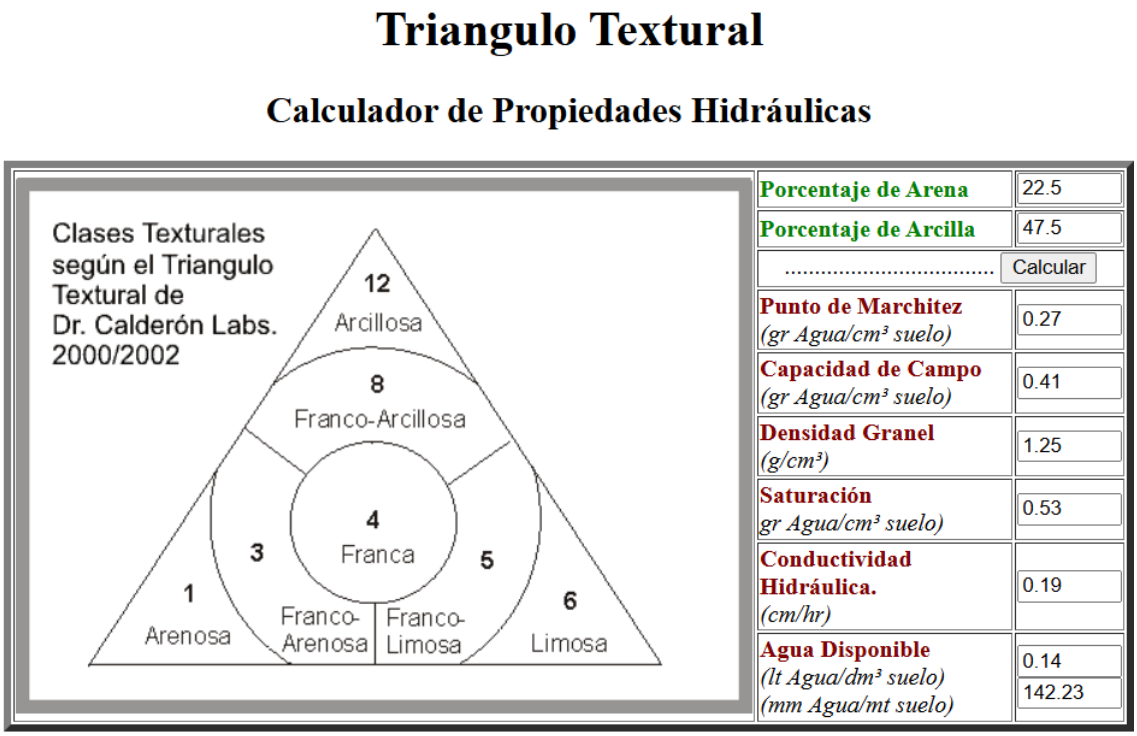
Los porcentajes de arena, limo y arcilla obtenidos en el análisis granulométrico se ingresaron en la hoja de cálculo Soil Texture Calculator, desarrollada por el Natural Resources Conservation Service del United States Department of Agriculture [USDA] (2026) para ubicar cada muestra dentro del triángulo textural.

d) Determinación de la conductividad hidráulica.

La conductividad se reporta como Ksat estimada porque el calculador del Dr. Calderón (2026) utiliza funciones de pedotransferencia basadas en el % de arena y el % de arcilla para estimar propiedades hidráulicas, incluida la conductividad hidráulica saturada en cm/h. Además, la clase textural se verificó según el criterio del USDA, que clasifica el suelo en función de la proporción de arena, limo y arcilla. Para la estimación se utilizó el modelo de Saxton, que calcula la saturación a partir de la arena y la arcilla y, posteriormente, la conductividad hidráulica mediante la relación K–humedad.

Figura 21

Vista de la página web de cálculo de la conductividad hidráulica



Nota. Calculador del Dr. Calderón (2026).

e) Determinación del límite líquido NTP 339.129 (INACAL, 2019)**.**

Para determinar el límite líquido, se tomó la fracción de suelo que pasó el tamiz N.° 40 y se mezcló con agua destilada hasta obtener una pasta homogénea y de consistencia adecuada. Luego, esta pasta se colocó en la copa del dispositivo de Casagrande, distribuyéndola y formando un surco en el centro con el ranurador.

Posteriormente, se hizo funcionar el equipo de manera controlada, registrando los golpes necesarios para que los bordes del surco se unieran hasta alcanzar una longitud determinada. Se extrajo una porción del material de la zona de cierre del surco y se determinó su contenido de humedad. Este procedimiento se repitió varias veces con diferentes niveles de humedad, de modo que se obtuvieran pares de datos entre el número de golpes y la humedad. Con dichos resultados se elaboró la curva de flujo y se determinó el valor del límite líquido correspondiente al contenido de humedad asociado a 25 golpes.

Figura 22

Determinación del límite líquido en la muestra de suelo



f) Determinación del límite plástico según la NTP 339.129 (INACAL, 2019).

Para determinar el límite plástico también se utilizó la fracción de suelo que pasó por el tamiz N.° 40. Una porción del material previamente humedecido se amasó manualmente hasta obtener una masa uniforme y plástica. Luego, se tomó una pequeña cantidad y se hizo rodar sobre una superficie lisa, limpia y no absorbente hasta formar hilos de suelo. El procedimiento de rolado se continuó hasta que el hilo alcanzó un diámetro de aproximadamente 3 mm. Si el hilo podía mantenerse sin agrietarse ni desmoronarse, el material se volvía a amasar y se repetía el proceso; en cambio, cuando el hilo comenzó a fracturarse al alcanzar ese diámetro, se consideró que el suelo había alcanzado su límite plástico. En ese momento, el material fue recolectado y se determinó su contenido de humedad. El ensayo se repitió dos veces.

Figura 23

Determinación del límite plástico en la muestra de suelo



g) Cálculo del índice de plasticidad y clasificación del suelo según el SUCS del NTP 339.134 (INACAL, 2019)**.**

Con los valores obtenidos del límite líquido y del límite plástico, se calculó el índice de plasticidad, lo que permitió evaluar el comportamiento plástico de la fracción fina del suelo.

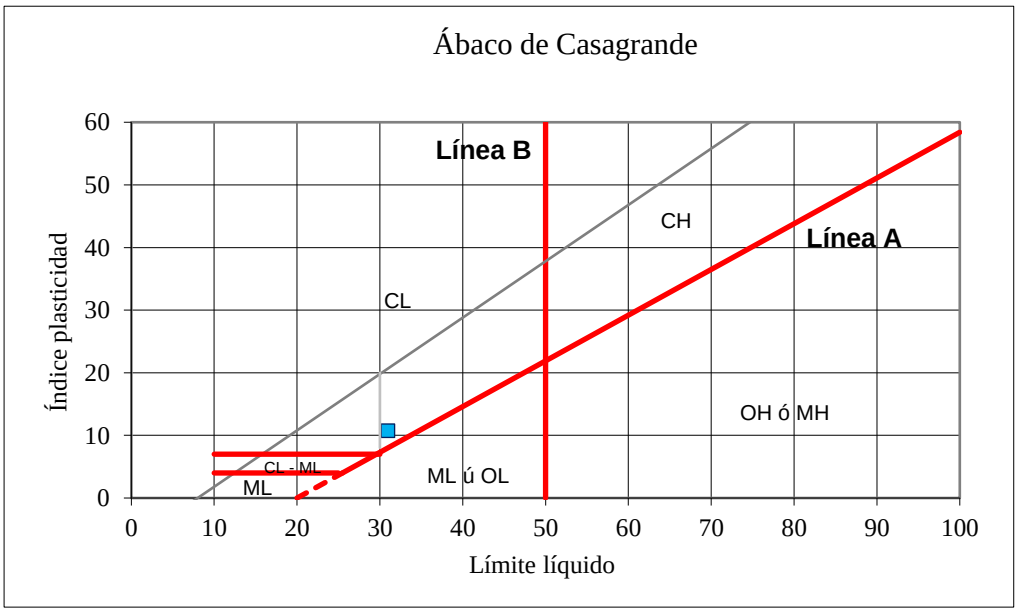
$$Índice\ de\ plasticidad = L.líquido - L.plástico \quad (76)$$

Posteriormente, los resultados granulométricos y de plasticidad se integraron para clasificar cada muestra según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Para ello, se consideró primero el porcentaje de material que pasó el tamiz N.° 200, a fin de determinar si el suelo correspondía a uno grueso o a uno fino. Luego, en el caso de suelos finos, se analizó la relación entre el límite líquido y el índice de plasticidad; y, en el caso de suelos gruesos, se evaluó la proporción relativa entre grava, arena y finos, así como la naturaleza limosa o arcillosa de estos últimos.

Finalmente, cada muestra fue identificada con su símbolo y su denominación SUCS, lo que permitió determinar su comportamiento físico general.

Figura 24

Carta de plasticidad para la clasificación SUCS



3.6.6. Clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (CUM)

La clasificación de tierras por capacidad de uso mayor de la subcuenca San Mateo se realizó conforme al Decreto Supremo N.° 005-2022-MIDAGRI, que aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. Para ello, se integró información edáfica, topográfica, hidrológica, climática y de cobertura vegetal, a fin de determinar el grupo, la clase y la subclase de CUM de cada una de las 26 subzonas delimitadas en la subcuenca. Todos los mapas temáticos requeridos para esta etapa fueron elaborados en ArcGIS 10.8.

a) Topografía o relieve.

La caracterización del relieve se realizó a partir del mapa de pendiente previamente generado en ArcGIS 10.8. Con base en este insumo se identificó la clase de pendiente correspondiente a cada subzona y, a partir de ella, se definió también el microrelieve predominante, de acuerdo con la forma superficial del terreno observada en gabinete y verificada en campo.

Tabla 38

Categorías de microrelieve de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Clase	Descripción	Pendiente larga (%)
1	Plano	Sin elevaciones	0-15%
2	Ondulado suave	Elevaciones suaves	15-30%
3	Ondulado	Elevaciones marcadas	30-45%
4	Microaccidentado	Elevaciones fuertes	>45%

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

b) Profundidad de suelo.

La profundidad efectiva del suelo se definió a partir de las observaciones realizadas durante la toma de muestras en cada punto de ensayo. Esta información permitió estimar la profundidad útil del perfil del suelo en cada subzona y, posteriormente, representar su distribución espacial en ArcGIS 10.8.

Tabla 39

Categorías de profundidad efectiva del suelo de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Profundidad (cm)	Clase
<25	Muy superficial
25–50	Superficial
50–100	Moderadamente profundo
100–150	Profundo
>150	Muy profundo

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

c) Textura.

La textura del suelo se determinó a partir de los resultados de ensayos físicos de laboratorio. Con estos resultados se clasificó cada muestra en su grupo textural correspondiente y luego se elaboró el mapa temático en ArcGIS 10.8, asignando a cada subzona la textura predominante.

Tabla 40

Categorías de clasificación del grupo textural de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Grupo	Textura
G	Gruesa	Arena (A)
G	Gruesa	Arena franca (AF)
MG	Moderadamente gruesa	Franco arenosa (FA)
M	Media	Franca (F)
M	Media	Franca limosa (FL)
M	Media	Limo (L)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillosa (FAr)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillo arenosa (FArA)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillo limosa (FArL)
F	Fina	Arcillo arenosa (ArA)
F	Fina	Arcillo limosa (ArL)
F	Fina	Arcilla (Ar)

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

d) Fragmentos rocosos y pedregosidad superficial.

La presencia de fragmentos rocosos y de pedregosidad superficial se determinó mediante observación directa en campo. Debido a la relación entre ambos parámetros

y a su comportamiento similar en el área de estudio, se evaluaron conjuntamente en cada subzona y, posteriormente, se representaron cartográficamente en ArcGIS 10.8.

Tabla 41

Categorías de fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Fragmentos rocosos	Descripción	Pedregosidad
0	Libre	Contiene menos del 5 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo	Libre a ligeramente pedregoso
1	Ligeramente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene menos del 15 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo	Moderadamente Pedregoso
2	Moderadamente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene 15 a 35 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo	Pedregoso
3	Fuertemente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene 35 a 60 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo	Muy Pedregoso
4	Muy fuertemente (gravoso, guijarroso y/o guijarroso)	Contiene más del 60 % de fragmentos rocosos en volumen de suelo.	Extremadamente pedregoso

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

e) Drenaje.

El drenaje del suelo se estableció a partir de la interpretación de las condiciones de infiltración y de la conductividad hidráulica estimada en cada subzona, complementada con observaciones de campo del comportamiento del agua en el terreno. Luego, la información se incorporó en ArcGIS 10.8.

Tabla 42

Categorías de calificación del drenaje de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Clase de drenaje	Criterio adoptado con Ksat estimada
A	Excesivo	> 5.00 cm/h
B	Algo excesivo	2.00 – 5.00 cm/h
C	Bueno	0.60 – < 2.00 cm/h
D	Moderado	0.30 – < 0.60 cm/h
E	Imperfecto	0.15 – < 0.30 cm/h
F	Pobre	0.05 – < 0.15 cm/h
G	Muy pobre	< 0.05 cm/h

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

f) Reacción del suelo (pH).

Debido a que no se realizaron ensayos específicos de pH, este parámetro se consideró con reacción neutra para toda la subcuenca, al no haberse identificado evidencias de acidez o alcalinidad extrema durante el reconocimiento de campo ni antecedentes locales que indicaran una condición distinta.

g) Erosión hídrica.

La información sobre la erosión hídrica se obtuvo a partir de cartografía descargada de la plataforma GeoGPS Perú, correspondiente a datos generados por el CENEPRED. Posteriormente, en ArcGIS 10.8 se recortó la capa temática al límite de la subcuenca San Mateo, obteniéndose así el mapa específico del área de estudio.

Tabla 43

Categorías de erosión hídrica de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Grado de erosión	Descripción	Calificación de erosión de suelos 2014
Muy ligera	Se observa síntoma de erosión difusa que se caracteriza por una remoción y arrastre imperceptible de partículas de suelo.	Muy ligera
Ligera	Se observan síntomas de erosión laminar, caracterizados por la remoción y el arrastre laminar casi imperceptibles de partículas de suelo y por la presencia de canalículos. Ausencia de surcos y cárcavas.	Ligera
Moderada	Se observan síntomas de erosión, evidenciados por la presencia de un número adecuado de surcos. Ausencia o escasez de cárcavas.	Moderada: 10–50 t/ha/año
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregibles mediante las labores de cultivo.	Severa o alta: 50–100 t/ha/año
Extrema	Suelos prácticamente destruidos o truncados. Presencia de numerosas cárcavas que, en conjunto, conforman los “badlands” (mal país).	Extrema o muy alta: >100 t/ha/año

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

h) Salinidad.

Dado que no se realizaron ensayos de salinidad y no se identificaron antecedentes ni evidencias de campo que indicaran la presencia de sales en el suelo, este parámetro se consideró no salino en toda la subcuenca.

i) Riesgo de inundación.

El mapa de riesgo de inundación se elaboró en ArcGIS 10.8 tomando como base los mapas de inundación desarrollados por Ticlla (2022) para un periodo de retorno de 500 años. A partir de esta información, se delimitó el comportamiento del riesgo en la subcuenca y se asignó la categoría correspondiente a cada subzona.

Tabla 44

Categorías del riesgo de inundación de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Grado	Descripción
0	Sin riesgo	Eventual
1	Ligera	Corta duración
2	Moderada	Frecuente
3	Severa	Prolongada
4	Extrema	Permanente

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

j) Fertilidad del suelo.

La fertilidad natural se estimó con base en las características observadas durante el trabajo de campo, especialmente en relación con el contenido aparente de materia orgánica, la cobertura vegetal y las condiciones superficiales del suelo. Con esta información se elaboró en ArcGIS 10.8 el mapa temático de fertilidad natural por subzonas.

Tabla 45

Categorías de fertilidad del suelo de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Símbolo	Clase	Descripción	Materia orgánica (%)
1	Fertilidad alta	Cuando los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio son elevados.	Mayor de 4
2	Fertilidad media	Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos.	De 2 a 4
3	Fertilidad baja	Cuando al menos uno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es bajo.	Menor de 2

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

k) Vegetación.

La vegetación se definió a partir de observaciones de campo sobre la cobertura vegetal predominante en cada subzona y de la verificación con imágenes satelitales. Luego, esta información se organizó y se cartografió en ArcGIS 10.8.

Tabla 46

Categorías de la vegetación de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Área basal (m²/ha)	Valor
<1.0	3
1.0–2.0	2
>2.0	1

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

l) Clima.

La información climática se obtuvo a través de la plataforma GeoGPS Perú, utilizando la cartografía temática de SENAMHI. Posteriormente, en ArcGIS 10.8, se recortó el mapa al ámbito de estudio para obtener la condición climática.

Tabla 47

Categorías del clima de acuerdo con el D.S. N° 005-2022-MIDAGRI

Zona de vida	Tipos climáticos	A	C	P	F	X
ee-MBT, ee-MBS	Semiárido - Templado cálido	2(r)	3(r)	2(t)	-	-
e-MT, e-MS	Semiárido - Semifrío	3	-	2	-	-
ph-SaT, ph-SaS, pmh-SaT, pmh-SaS, pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS	Húmedo - Semifrígido	-	-	2	-	-
th-AS, th-ATc, tmh-AS, tp-AT, tp-AS, dse-SaS, dse-SaTc, md-SaT, md-SaS, md-SaTc	Húmedo - Frígido	-	-	3	-	-
bms-T, bs-PT, bs-S	Subhúmedo - Cálido	1(r)	1(r)	2(t)	-	-
bs-MBT, bs-MBS	Subhúmedo - Templado	2(r)	2(r)	2(t)	3	-
bh-MT, bh-MS	Húmedo - Semifrío	2	-	1	3	-
bs-T, bh-PT, bh-S	Subhúmedo - Cálido	1	1	1	1	-
bh-MBT, bh-MBS	Húmedo - Templado	2	2	1	1	-
bmh-MT, bmh-MS	Húmedo - Semifrío	3	-	2	2	-
bh-T, bmh-PT, bmh-S, bmh-MBT, bmh-MBS	Muy húmedo - Cálido	2	2	2	1	-
bp-MBT, bp-MBS, bp-MT, bp-MS, bps-MBS, bps-MS	Muy húmedo - frío	3	-	3	2	-
bmh-T, bp-PT, bp-S, bps-S	Muy húmedo - Cálido	3	3	3	2	-

Nota. DS N.° 005-2022-MIDAGRI (MIDAGRI, 2022).

m) Evaluación integrada de las subzonas de la subcuenca.

Una vez obtenidos todos los mapas descriptores, se realizó la evaluación integrada de la capacidad de uso mayor en las 26 subzonas previamente delimitadas. Para cada una se consolidó la información correspondiente a pendiente, microrelieve, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fragmentos rocosos, drenaje, pH, erosión, salinidad, riesgo de inundación, fertilidad natural, vegetación y clima. Posteriormente, estos valores se compararon con los rangos permisibles establecidos en el reglamento para la zona de vida correspondiente.

n) Determinación del grupo, la clase y la subclase de CUM.

Con la información integrada de cada subzona, se determinó el grupo de CUM e identificó la máxima vocación de uso de la tierra según las claves del reglamento. De acuerdo con la norma, los posibles grupos son: tierras aptas para cultivo en limpio (A), cultivos permanentes (C), pastos (P), aptitud forestal (F) y protección (X). Una vez definido el grupo, se asignó la clase de CUM, que expresa el nivel de calidad agrológica del grupo, y, finalmente, se estableció la subclase, que permitió identificar la limitación dominante de la unidad de tierra evaluada. Esta fase se desarrolló en gabinete, integrando la información de campo, de laboratorio y de cartografía temática en una matriz de calificación por subzonas.

o) Elaboración del mapa final de la capacidad de uso mayor.

Finalmente, los resultados de la clasificación se incorporaron a la base cartográfica de la subcuenca en ArcGIS 10.8, lo que permitió generar el mapa final de la capacidad de uso mayor (CUM). Este producto permitió representar espacialmente el grupo, la clase y la subclase asignados a cada subzona e identificar las aptitudes y limitaciones del territorio dentro de la subcuenca San Mateo.

3.6.7. Determinación del grupo hidrológico del suelo

La determinación del grupo hidrológico del suelo se realizó con el fin de establecer la capacidad relativa de infiltración y el potencial de escorrentía de cada una de las 26 subzonas de la subcuenca San Mateo. Para ello, se integraron la tasa de infiltración básica y las observaciones directas sobre las condiciones físicas del terreno.

a) Integración de la base de datos espacial.

Como primera actividad, se organizó en ArcGIS 10.8 la base cartográfica de la subcuenca San Mateo, incorporando el límite del área de estudio, las 26 subzonas, los puntos de muestreo georreferenciados y las tablas con resultados de campo y de laboratorio. A cada punto se le asociaron sus atributos correspondientes, entre ellos la infiltración básica y la textura del suelo.

b) Ajuste de la infiltración representativa en el área urbana consolidada.

En el caso del Punto 26, por corresponder a un sector de área urbana consolidada, la infiltración no se representó únicamente mediante una medición puntual, sino mediante una estimación ponderada de los distintos componentes superficiales del área urbana. Para ello, se consideró la participación de áreas impermeables, patios y calles, aplicando la siguiente relación:

$$Infiltración = 0.60 \times T_i AU + 0.10 \times T_i P + 0.30 \times T_i C \quad (77)$$

Donde: TiP es la tasa de infiltración en patios (punto 26A); TiC es la tasa de infiltración en calles (punto 26B); y TiAU es la tasa de infiltración en el área techada, calles pavimentadas y veredas, cuyo valor es cero. Con este procedimiento se obtuvo un valor representativo de infiltración para la subzona urbana consolidada.

c) Elaboración del mapa de isovalores de infiltración básica.

Posteriormente, con los valores de la tasa de infiltración básica obtenidos en los 26 puntos, se elaboró en ArcGIS 10.8 un mapa de isovalores de infiltración básica. Para

ello, primero se cargó la capa puntual con sus respectivos valores de infiltración; luego se generó una superficie continua mediante interpolación espacial, a partir de la cual se obtuvieron curvas de igual infiltración. Estas curvas permitieron diferenciar, en el espacio, sectores con un comportamiento hidráulico similar dentro de la subcuenca.

d) Reclasificación de la infiltración según rangos hidrológicos

La superficie interpolada de infiltración básica fue reclasificada considerando los rangos utilizados para la asignación de grupos hidrológicos del suelo:

- Grupo A: infiltración mayor a 7.6 mm/h
- Grupo B: infiltración entre 3.8 y 7.6 mm/h
- Grupo C: infiltración entre 1.3 y 3.8 mm/h
- Grupo D: infiltración menor a 1.3 mm/h

Estos rangos permitieron dividir la subcuenca en áreas con diferentes comportamientos generales de infiltración y distintos potenciales de escorrentía. De este modo, los sectores con infiltración alta fueron clasificados como de bajo potencial de escorrentía, mientras que los sectores con infiltración muy lenta fueron interpretados como de alto potencial de escorrentía.

e) Conversión a polígonos y asignación de grupos hidrológicos.

Una vez reclasificada la superficie de infiltración, el resultado ráster se convirtió en formato poligonal en ArcGIS 10.8, con el fin de obtener unidades espaciales continuas correspondientes a cada rango hidrológico. Posteriormente, a cada polígono se le asignó el grupo hidrológico correspondiente (A, B, C o D) según el intervalo de infiltración representado. De esta manera, se obtuvo la distribución espacial de los grupos hidrológicos del suelo en la subcuenca San Mateo a partir de un mapa hidrológico en ArcGIS 10.8.

3.6.8. Determinación del número de curva (CN) base por unidades homogéneas

La determinación del número de curva (CN) base de la subcuenca San Mateo se realizó mediante la integración del grupo hidrológico del suelo y de la capacidad de uso/cobertura del terreno, con el fin de definir unidades homogéneas de respuesta hidrológica. Para ello, se empleó ArcGIS 10.8 para elaborar y superponer capas temáticas, mientras que Excel se utilizó para organizar los valores de CN, calcular los productos área–CN y obtener el valor ponderado final en la condición base.

a) Preparación de capas temáticas

Se organizaron en ArcGIS 10.8 las capas temáticas para el cálculo del CN base: límite de la subcuenca San Mateo, mapa de grupos hidrológicos del suelo, mapa de capacidad de uso/cobertura del terreno y delimitación de subzonas. Posteriormente, se verificó que todas las capas estuvieran en la misma referencia espacial, a fin de asegurar la correcta superposición y el análisis cartográfico.

b) Generación de unidades homogéneas

Una vez preparadas las capas de entrada, se realizó la superposición espacial entre el mapa de grupos hidrológicos del suelo y la capa de uso/CUM del suelo mediante herramientas de geoprocesamiento de ArcGIS 10.8, principalmente la herramienta Intersect. Como resultado, se obtuvieron polígonos con combinaciones únicas de uso del terreno y de grupo hidrológico, considerados unidades homogéneas para la asignación del CN base. A cada unidad se le registraron su código, área, categoría de uso (CUM) y el grupo hidrológico correspondiente.

c) Asignación del CN base por tabla de consulta

Posteriormente, a cada unidad homogénea se le asignó un valor de CN base en la condición antecedente media (AMC II), utilizando la tabla de consulta adoptada en la investigación. La asignación se efectuó de acuerdo con la combinación entre el

uso/CUM del suelo y el grupo hidrológico, considerando las categorías presentes en la subcuenca, tales como cultivos permanentes, pastos, producción forestal y protección, vinculadas a los grupos A, B, C y D. Esta etapa se desarrolló mediante la edición de atributos en ArcGIS 10.8 y la verificación paralela en la hoja de cálculo de Excel.

d) Cálculo del área de cada unidad homogénea

Una vez asignados los valores de CN, se calculó el área de cada unidad homogénea en ArcGIS 10.8 a partir de la geometría de los polígonos. Luego, estos valores se exportaron a Excel, donde se organizaron en una tabla de cálculo que incluyó el área de cada unidad, el CN asignado y su producto. Este procedimiento permitió cuantificar el aporte relativo de cada unidad homogénea al comportamiento hidrológico global de la subcuenca.

e) Obtención del CN ponderado base

Con los datos de área y CN organizados en Excel, se calculó el CN ponderado base de la subcuenca San Mateo mediante la siguiente expresión:

$$CN_p = \frac{\sum(A_i \times CN_i)}{\sum A_i} \quad (78)$$

Donde: CNp: número de curva ponderado de la subcuenca; Ai: área de la unidad homogénea i; CNi: número de curva asignado a la unidad homogénea i

Este cálculo permitió obtener un valor representativo del comportamiento hidrológico medio de la subcuenca en la condición base, considerando la participación areal de cada unidad homogénea.

f) Elaboración del mapa base del número de curva

Con los valores de CN asignados a cada unidad homogénea, se elaboró en ArcGIS 10.8 el mapa base del número de curva (CN) de la subcuenca San Mateo. Para ello, los polígonos fueron simbolizados según sus valores de CN, lo que permitió identificar espacialmente los sectores con menor y mayor potencial de escorrentía.

3.6.9. Ajuste del número de curva a condiciones locales

Una vez obtenido el número de curva base (CN-II) por unidades homogéneas, se procedió a ajustarlo a las condiciones locales de humedad antecedente, con la finalidad de representar el comportamiento hidrológico de la subcuenca San Mateo en escenarios secos, promedio y húmedos. Para esta etapa se utilizó la base cartográfica generada en ArcGIS 10.8 y una hoja de cálculo en Excel, en la que se efectuaron los cálculos de transformación del CN base y la obtención del valor representativo ponderado para cada condición.

a) Organización de la base de cálculo

Como primera actividad, se exportó desde ArcGIS 10.8 la tabla de atributos de las unidades homogéneas, que contenía el área de cada polígono y el valor de CN base en condición promedio (CN-II). Esta información se organizó en una hoja de cálculo de Excel para facilitar el procesamiento matemático de los ajustes y el cálculo de los nuevos valores de CN en función de la condición antecedente de humedad.

b) Ajuste del CN a condición seca y húmeda

A partir del valor de CN-II, se calcularon los valores equivalentes para las condiciones seca (CN-I) y húmeda (CN-III) mediante las relaciones de transformación del método Curva Número. Para ello se aplicaron las siguientes expresiones:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.281 - 0.01281\ CN_{II}} \tag{79}$$

Donde: CN_I: número de curva en condición seca, CN_{II}: número de curva en condición promedio

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.427 + 0.00573\ CN_{II}} \tag{80}$$

Donde: CN_I: número de curva en condición húmeda, CN_{II}: número de curva en condición promedio.

c) Cálculo del CN ponderado ajustado

Una vez determinados los valores de CN-I, CN-II y CN-III por unidad homogénea, se calculó en Excel el valor ponderado de la subcuenca para cada condición de humedad, utilizando la relación entre el área de cada unidad y su respectivo valor de CN. Para ello se aplicó la ecuación general del promedio ponderado:

$$CN_p = \frac{\sum(A_i \times CN_i)}{\sum A_i} \quad (81)$$

Donde: CN_p: número de curva ponderado de la subcuenca; Ai: área de la unidad homogénea i; CN_i: número de curva asignado a la unidad homogénea i

Este procedimiento permitió obtener un valor representativo del número de curva de la subcuenca San Mateo bajo condiciones secas, promedio y húmedas.

d) Incorporación de resultados a la base cartográfica

Los valores ajustados de CN-I, CN-II y CN-III fueron incorporados nuevamente a la base cartográfica en ArcGIS 10.8, mediante la vinculación de la hoja de cálculo con la capa de unidades homogéneas. Esto permitió asociar a cada polígono sus tres valores de CN y preparar los insumos para la representación espacial del comportamiento hidrológico de la subcuenca en función de la humedad previa.

e) Elaboración de los mapas de CN ajustado

En ArcGIS 10.8 se elaboraron los mapas de CN ajustado para las condiciones seca, promedio y húmeda, simbolizando las unidades homogéneas según los rangos de valores obtenidos. Esta representación cartográfica permitió visualizar espacialmente el incremento o la disminución del potencial de escorrentía en función de la humedad previa del suelo. El resultado final de esta etapa fue la obtención del valor representativo ajustado del número de curva de la subcuenca San Mateo, así como de sus respectivos mapas temáticos, que posteriormente se utilizaron en la interpretación hidrológica del área de estudio.

3.6.10. Verificación hidrológica indirecta del CN ponderado

La verificación hidrológica indirecta del CN ponderado de la subcuenca San Mateo se realizó para evaluar su coherencia frente a eventos de precipitación máxima de diseño y contrastar su respuesta con el método racional modificado.

Para la verificación hidrológica indirecta del CN ponderado se utilizó información pluviométrica de la estación meteorológica Chota, administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). La variable empleada fue la precipitación máxima anual en 24 horas, con una serie de registro de 1973 a 2025. Esta información se utilizó para estimar las precipitaciones máximas de diseño mediante análisis de frecuencia, aplicando la distribución Log-Pearson tipo III para los periodos de retorno considerados en el estudio.

Debido a que la subcuenca San Mateo presenta un área reducida de 6.21 km² y se ubica en el ámbito de influencia inmediata de la estación Chota, la precipitación de diseño fue asumida como lluvia areal uniforme sobre la subcuenca. En consecuencia, no se aplicaron métodos de espacialización como polígonos de Thiessen, isoyetas, interpolación IDW o kriging, ya que estos procedimientos requieren una red de estaciones pluviométricas distribuida y resultan más pertinentes para cuencas de mayor extensión. Esta decisión metodológica permitió mantener la coherencia entre la escala de análisis, la disponibilidad de información pluviométrica y el objetivo de verificación hidrológica indirecta del CN.

Asimismo, se precisa que no se utilizó un hietograma temporal de diseño del SCS tipo I, IA, II o III, debido a que el análisis no tuvo como propósito modelar la distribución temporal intraevento de la tormenta ni simular hidrogramas de escorrentía. La verificación se realizó con precipitaciones máximas de diseño acumuladas en 24 horas, consideradas como la precipitación total del evento para el cálculo de la

escorrentía directa mediante el método SCS-CN. Por ello, no fue necesaria la selección de una distribución temporal de SCS para el alcance de la investigación.

a) Organización de la información pluviométrica.

Como primera actividad, se recopiló la serie de precipitación máxima en 24 horas de la estación meteorológica Chota, operada por el SENAMHI (2025), ubicada a 760025.00 m E, 9275705.00 m S y 2468 m s. n. m. La información correspondía a los años 1973–1982 y 1994–2025 y reunía un total de 40 datos anuales.

Tabla 48

Ubicación geográfica de la estación meteorológica Chota

Departamento	Provincia	Distrito	**Este (m E)**	**Norte (m S)**	Altitud (msnm)
Cajamarca	Cajamarca	Chota	760025.00	9275705.00	2468

Nota. Obtenido de la página web del SENAMHI (2025).

Figura 25

Ubicación de la estación Chota, distrito de Chota

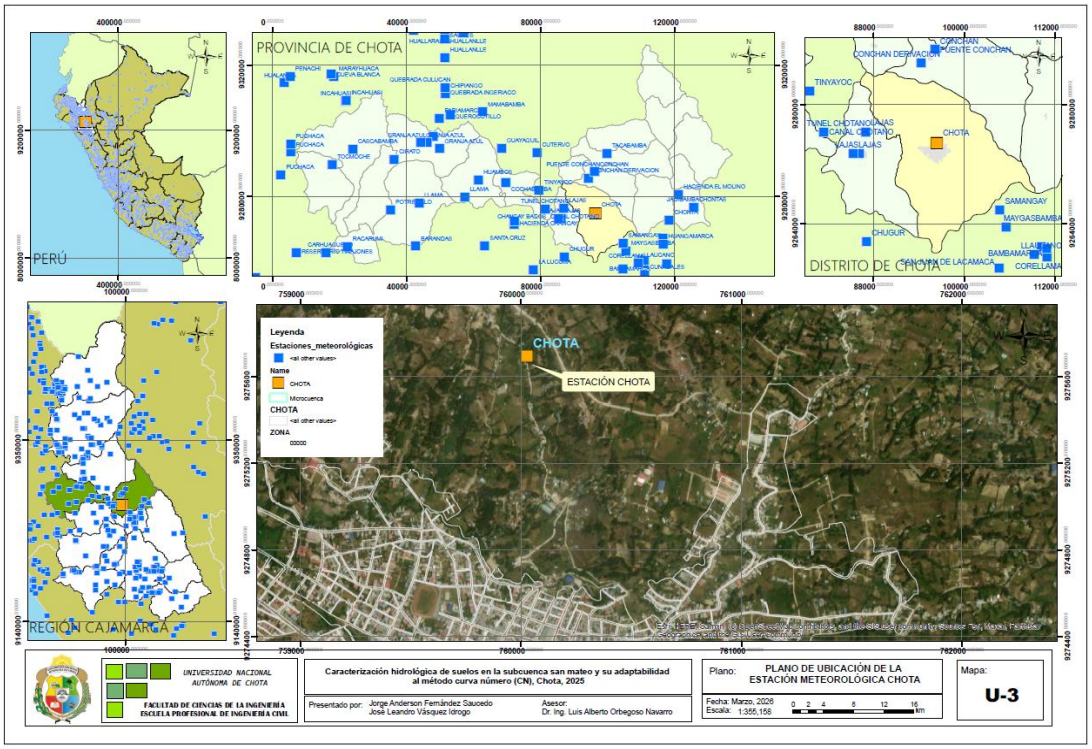


Figura 26

Pmáx 24 horas (1973-2025) en la Estación Chota

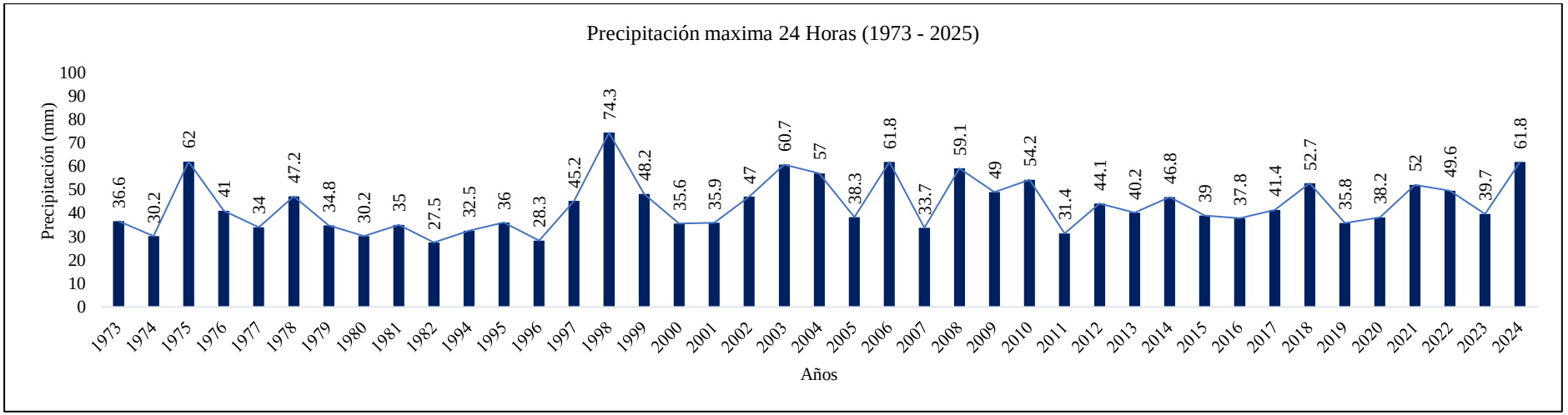


Tabla 49

Data de la estación meteorológica Chota: precipitación máxima en 24 horas de 1973 a 2025

Año	Pmáx 24 h
1973	36.6
1974	30.2
1975	62
1976	41
1977	34
1978	47.2
1979	34.8
1980	30.2
1981	35
1982	27.5
1994	32.5
1995	36
1996	28.3
1997	45.2
1998	74.3
1999	48.2
2000	35.6
2001	35.9
2002	47
2003	60.7
2004	57
2005	38.3
2006	61.8
2007	33.7
2008	59.1
2009	49
2010	54.2
2011	31.4
2012	44.1
2013	40.2
2014	46.8
2015	39
2016	37.8
2017	41.4
2018	52.7
2019	35.8
2020	38.2
2021	52
2022	49.6
2023	39.7
2024	61.8
2025	54.2

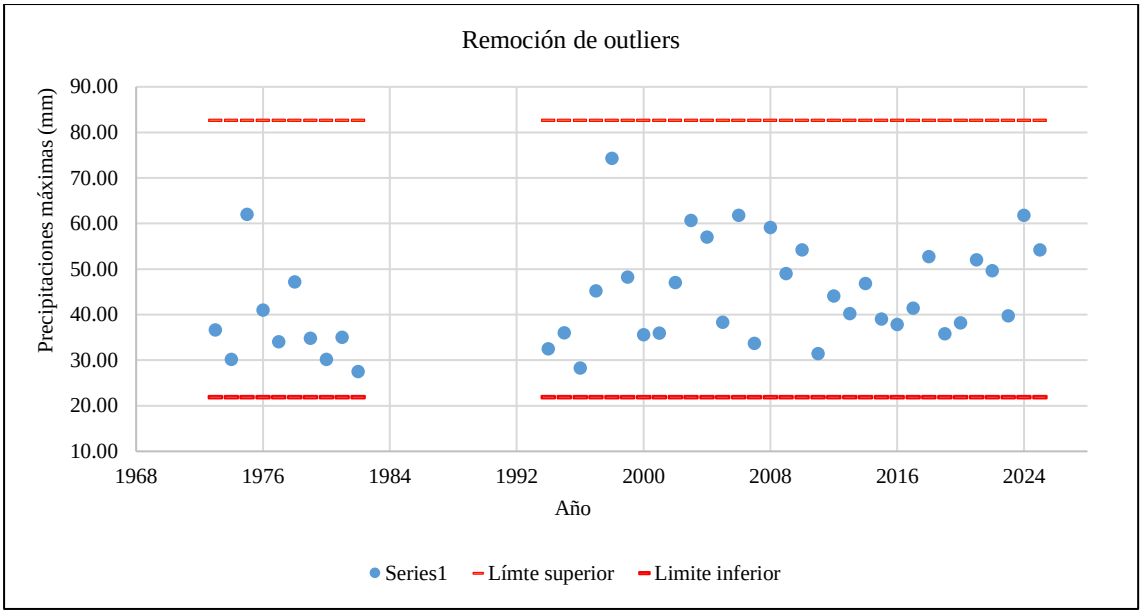
Nota. Obtenido a partir de la serie pluviométrica del SENAMHI (2025).

b) Control de calidad y corrección de la precipitación máxima diaria.

Se efectuó el control de calidad de la serie mediante la prueba de valores atípicos recomendada por el Water Resources Council, contrastando cada dato con los límites de aceptación inferior y superior. Verificada la consistencia de la muestra, los valores de precipitación máxima diaria fueron corregidos con el factor 1.13, a fin de obtener precipitaciones máximas en 24 horas más consistentes para el análisis hidrológico.

Figura 27

Análisis de valores atípicos de la serie de precipitación de la estación Chota



c) Análisis de frecuencia y estimación de precipitaciones de diseño.

Luego, en Hidroesta v.2. se evaluó la distribución de probabilidad más adecuada para representar la serie de precipitaciones máximas corregidas y se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov–Smirnov. A partir de esta evaluación, se seleccionó la distribución Log-Pearson tipo III como modelo de mejor ajuste y, con ella, se estimaron las precipitaciones máximas de diseño para distintos periodos de retorno. Los valores obtenidos sirvieron como insumo para estimar la escorrentía mediante el método SCS-CN y para compararla con el método racional modificado.

Tabla 50

Prueba de Kolmogorov–Smirnov para la serie de precipitación, estación Chota

Distribución teórica de probabilidades	Δ teórico	Δ tabular	¿Se ajustan los datos?
Normal	0.1207	0.2099	Sí
Log normal de 2 parámetros	0.0828	0.2099	Sí
Log normal de 3 parámetros	0.077	0.2099	Sí
Gamma (2 parámetros)	0.0947	0.2099	Sí
Gamma generalizado (3 parámetros)	0.7725	0.2099	No
Log-Pearson tipo III	0.0697	0.2099	Sí
Gumbel	0.0747	0.2099	Sí
Log-Gumbel	0.1069	0.2099	Sí

d) Determinación de los parámetros derivados del método SCS-CN.

A partir del CN ponderado base obtenido previamente para la subcuenca San Mateo, se calcularon los parámetros derivados del método Curva Número para las condiciones seca, normal y húmeda. Para ello se aplicaron las siguientes expresiones:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (82)$$

Donde: S = retención potencial máxima (mm), CN = número de curva (adimensional).

$$Ia = 0.20S \quad (83)$$

Donde: Ia = abstracción inicial (mm), S = retención potencial máxima (mm).

e) Estimación de la escorrentía directa y del volumen escurrido.

Una vez definidos los parámetros del método SCS-CN, se calculó la escorrentía directa generada por las precipitaciones máximas de diseño. Para ello se empleó la ecuación:

$$Q = \frac{(P-Ia)^2}{P-Ia+S},\ para\ P > Ia \quad (84)$$

Donde: Q = escorrentía directa (mm), P = precipitación máxima de diseño (mm), Ia = abstracción inicial (mm), S = retención potencial máxima (mm).

Posteriormente, la escorrentía estimada en lámina fue transformada a volumen escurrido mediante la relación entre la escorrentía y el área total de la subcuenca:

$$V = \frac{Q}{1000} \times A \quad (85)$$

Donde: V = volumen escurrido (m³), Q = escorrentía directa (mm), A = área de la subcuenca (m²).

Con este procedimiento se obtuvieron los volúmenes de escurrimiento correspondientes a cada periodo de retorno evaluado.

f) Estimación del caudal mediante el método racional modificado.

Como parte de la verificación hidrológica indirecta, se estimó también el caudal de diseño mediante el método racional modificado, utilizando las ecuaciones adoptadas por el MTC (2018). Para ello se calcularon previamente el tiempo de concentración, el factor de uniformidad, el factor reductor de área, la precipitación máxima corregida, la intensidad de lluvia y el coeficiente de escorrentía racional modificado. Finalmente, el caudal se obtuvo con la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \times K \quad (86)$$

Donde: Q, caudal en m³/s; C, coeficiente de escorrentía; I, intensidad de la lluvia en mm/hora; A, área en km²; K, coeficiente de uniformidad.

El tiempo de concentración se calculó mediante:

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad (87)$$

Donde: el tiempo de concentración Tc es igual a la relación entre la longitud del cauce mayor (L), en km, y la pendiente media del cauce principal (S), en m/m (S).

Asimismo, se aplicaron las expresiones correspondientes al factor de uniformidad, al factor reductor de área, a la precipitación corregida, a la intensidad y al coeficiente de escorrentía racional modificado, de acuerdo con la formulación establecida por el MTC.

$$K = 1 + \frac{{T_c}^{1.25}}{{T_c}^{1.25} + 14} \quad (88)$$

Donde: K es el coeficiente de uniformidad, Tc es el tiempo de concentración en horas.

$$K_A = 1 + \left(log_{10} {}^{A}/_{15}\right) \quad (89)$$

Donde KA es el factor reductor y A es el área de la cuenca en km².

$$P = K_A P_d \quad (34)$$

Donde: la precipitación máxima corregida (P) es igual al producto del factor reductor KA por la precipitación máxima diaria (Pd), en mm.

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) \times (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (90)$$

Donde: I es la intensidad de precipitación, P es la precipitación máxima corregida en mm, Tc es el tiempo de concentración en h.

$$C = \frac{(P_d - P_o) \times (P_d + 23 \times P_o)}{(P_d + 11 \times P_o)^2} \quad (91)$$

Donde: C es el coeficiente de escorrentía; Pd es la precipitación máxima diaria en mm; Po es el umbral de escorrentía equivalente a (5000 entre CN), CN es el número de curva.

g) Comparación hidrológica entre el método SCS-CN y el método racional modificado.

Finalmente, se comparó la respuesta del CN-II ponderado con la obtenida mediante el método racional modificado, utilizando como criterios principales el coeficiente equivalente Q/P, derivado del método SCS-CN, y el coeficiente C del método racional modificado. Además, se evaluó la sensibilidad de la escorrentía frente a las condiciones de humedad antecedente, comparando los resultados obtenidos con CN-I, CN-II y CN-III para distintos periodos de retorno. Esta comparación permitió verificar la coherencia hidrológica del número de curva ponderado adoptado para la subcuenca San Mateo y establecer su utilidad como parámetro representativo para la estimación local de la escorrentía (Alivio et al., 2024).

3.7. Procedimientos de análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó en Microsoft Excel, donde se organizó, depuró, codificó y tabuló la información obtenida en campo, en laboratorio y en gabinete. En esta etapa se consolidaron los resultados de los 26 puntos de muestreo, incluyendo coordenadas, características fisiográficas, propiedades físicas del suelo, infiltración básica, conductividad hidráulica estimada, clasificación textural, clasificación SUCS, capacidad de uso mayor, grupos hidrológicos y valores del número de curva. Asimismo, en Excel se efectuaron los cálculos del CN ponderado, sus ajustes para condiciones secas, normales y húmedas, la estimación de la escorrentía directa, el volumen escurrido aproximado y la comparación con el método racional modificado. De manera complementaria, en ArcGIS 10.8 se integró la base cartográfica y se elaboraron los mapas temáticos de pendiente, cobertura y uso del suelo, textura, CUM, grupos hidrológicos, unidades homogéneas y número de curva; mientras que para la serie pluviométrica máxima diaria, se realizaron la revisión y el análisis de frecuencia correspondientes antes de su utilización en la verificación hidrológica indirecta.

El análisis de datos se realizó en Minitab 22, utilizando estadística descriptiva e inferencial no paramétrica para evaluar la coherencia del número de curva propuesto con las condiciones físicas e hidrológicas de la subcuenca San Mateo. En primer lugar, se obtuvieron medidas descriptivas, como media, mediana, mínimo, máximo y cuartiles, de la infiltración y la conductividad hidráulica, según la textura del suelo y la capacidad de uso mayor. Luego, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, se aplicó la prueba de normalidad de Anderson-Darling a los valores de CN; al no cumplirse el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar los valores de CN según la capacidad de uso mayor, el grupo hidrológico y la cobertura/uso del suelo. Finalmente, se aplicó la correlación de Spearman para

evaluar la relación entre el CN y los principales parámetros físicos e hidrológicos del suelo, tales como la infiltración básica, la conductividad hidráulica estimada, la arena, el limo, la arcilla, el límite líquido, el límite plástico, el índice de plasticidad y la relación IP/LL. De esta manera, el análisis permitió complementar la descripción técnica de los resultados con una verificación estadística de la consistencia del CN ponderado propuesto, en concordancia con el uso de Minitab 22 y con las pruebas finalmente aplicadas para la contrastación de hipótesis.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Para la ejecución de la presente investigación se emplearon materiales, equipos, instrumentos y programas informáticos necesarios para el desarrollo de las actividades de campo, de laboratorio y de gabinete, así como para el procesamiento de datos. Su utilización permitió realizar la delimitación fisiográfica de la subcuenca, la sectorización de subzonas, la georreferenciación de puntos de muestreo, los ensayos de infiltración, la toma y el análisis físico de muestras de suelo, la elaboración de cartografía temática y la estimación del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales de la subcuenca San Mateo.

Tabla 51

Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación

Material, equipo o insumo	Descripción de uso
GPS de mano Garmin	Se utilizó para georreferenciar los puntos de muestreo y registrar sus coordenadas UTM.
Cilindros infiltrómetros de doble anillo	Se emplearon para realizar los ensayos de infiltración en los puntos seleccionados de la subcuenca.
Wincha métrica	Se utilizó para medir distancias y apoyar la instalación del equipo de infiltración en campo.
Regla graduada o escala milimetrada	Se empleó para registrar el descenso de la lámina de agua durante los ensayos de infiltración.
Cronómetro	Se utilizó para controlar los intervalos de tiempo en las lecturas del ensayo de infiltración.

Material, equipo o insumo	Descripción de uso
Recipientes o baldes con agua	Se emplearon para alimentar y mantener la carga hidráulica en los anillos infiltrómetros durante cada ensayo.
Mazo de goma o herramienta de hinca	Se utilizó para instalar los anillos infiltrómetros en el terreno sin deformarlos.
Pala	Se utilizó para limpiar y acondicionar la superficie de ensayo y facilitar la toma de muestras de suelo.
Pico o barreta	Se empleó para facilitar la apertura del terreno en los puntos en los que fue necesario extraer muestras o acondicionar la zona de ensayo.
Bolsas para muestras de suelo	Se utilizaron para almacenar y transportar las muestras obtenidas en campo al laboratorio.
Etiquetas y marcador indeleble	Se emplearon para codificar e identificar cada muestra de suelo según el punto de muestreo correspondiente.
Libreta de campo y fichas de registro	Se utilizaron para anotar observaciones del terreno, datos de infiltración, características del suelo y coordenadas de cada punto.
Cámara fotográfica o teléfono móvil	Se empleó para registrar evidencia fotográfica de los puntos de muestreo, del terreno y de los ensayos realizados.
Equipo de protección personal	Incluyó botas, guantes, chaleco, gorra y otros implementos de seguridad utilizados durante el trabajo de campo.
Muestras de suelo	Constituyeron el material principal de análisis para determinar la granulometría, los límites de consistencia y la clasificación SUCS.
Juego de tamices	Se utilizó en el laboratorio para realizar el análisis granulométrico de las muestras de suelo.
Balanza	Se empleó para determinar el peso de las muestras de suelo y de las fracciones retenidas en cada tamiz.
Horno de secado	Se utilizó para secar las muestras de suelo hasta alcanzar una masa constante antes de realizar ciertos ensayos de laboratorio.
Equipo de Casagrande	Se empleó para determinar el límite líquido de las muestras de suelo.
Placa de vidrio o superficie lisa	Se utilizó para el rolado del suelo en la determinación del límite plástico.
Espátulas, cápsulas y recipientes	Se emplearon en la manipulación, preparación y conservación de las muestras durante los ensayos físicos.
Computadora o laptop	Se utilizó para el procesamiento de datos, la elaboración de tablas, los cálculos y el desarrollo de cartografía temática. Se utilizaron los programas ArcGIS 10.8, HEC-HMS, Microsoft Excel, Minitab 22, Hidroesta 2 y Google Earth.
Información cartográfica de GeoGPS Perú	Se utilizó como fuente de insumos temáticos sobre erosión, clima y otros parámetros espaciales requeridos para la clasificación CUM.
Cartografía de la MPCH	Se empleó para identificar la zonificación y la expansión urbanas, y para apoyar la delimitación del uso del suelo.

3.9. Aspectos éticos

En la presente investigación, los aspectos éticos estuvieron orientados al desarrollo responsable del trabajo de campo, al manejo veraz de la información y al respeto del entorno físico y social de la subcuenca San Mateo. En ese sentido, se actuó con responsabilidad durante la recolección, el procesamiento, el análisis y la interpretación de los datos obtenidos en campo, en laboratorio y en gabinete. A continuación, se detallan los aspectos éticos más relevantes: (Resnik, 2024)

Respeto al entorno natural. Durante la ejecución de los ensayos de infiltración y la toma de muestras de suelo, se procuró intervenir el terreno de la menor manera posible, evitando alteraciones innecesarias en áreas agrícolas, de pastizal, de bosque o en zonas periurbanas. Asimismo, una vez concluidas las actividades de campo, se dejó cada punto en condiciones seguras y ordenadas, minimizando el impacto en la superficie intervenida.

Autorización de acceso y respeto a la propiedad. El ingreso a los predios donde se realizaron los ensayos y muestreos se efectuó previa coordinación y aceptación de los propietarios o responsables de cada predio. De esta manera, se respetó el uso del suelo existente y se evitó realizar intervenciones no autorizadas en el ámbito de estudio.

Integridad científica. La información obtenida en campo, laboratorio y gabinete fue registrada, procesada y presentada de manera veraz, sin alteración, manipulación ni omisión intencional de resultados. Los cálculos, clasificaciones y productos cartográficos se desarrollaron a partir de datos reales obtenidos durante la investigación, lo que garantiza la objetividad del estudio.

Uso responsable de la información y de las fuentes. La cartografía, las imágenes satelitales, los datos meteorológicos, la normativa técnica y demás fuentes

secundarias utilizadas en la investigación fueron empleadas únicamente con fines académicos y citadas de manera correspondiente. Asimismo, se respetó el uso técnico de programas como ArcGIS, HEC-HMS, Excel, Hidroesta 2 y Minitab 22 para el procesamiento y análisis de la información.

Seguridad durante el trabajo de campo. Las actividades de reconocimiento, muestreo y ensayo se realizaron tomando precauciones básicas de seguridad, especialmente en zonas con pendiente, de acceso restringido o con condiciones variables del terreno. Para ello, se emplearon implementos de protección personal y se procuró que las actividades se desarrollaran en condiciones adecuadas para resguardar la integridad de los participantes y de los equipos utilizados.

Transparencia en la presentación de resultados. Los resultados fueron expuestos de forma clara, ordenada y coherente con los objetivos de la investigación, evitando sesgos en su interpretación. Del mismo modo, las conclusiones y recomendaciones se formularon con base en la evidencia obtenida, manteniendo el compromiso con la responsabilidad académica y científica.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Delimitación fisiográfica de la subcuenca San Mateo

Los parámetros geomorfológicos de la subcuenca San Mateo evidencian que se trata de una unidad hidrográfica de pequeña extensión, con un área de 6.21 km² y un perímetro de 18.15 km. Con un coeficiente de compacidad de 2.05, según Ortiz Vera (2004), la cuenca se clasifica como de oval oblonga a rectangular oblonga, y el coeficiente de forma de 0.14 indica que la subcuenca presenta una morfología alargada e irregular, por lo que la concentración simultánea de escorrentías tiende a ser menor que en cuencas de forma más circular. Sin embargo, la pendiente media de la cuenca, de 18.00 %, y la del cauce principal, de 7.54 %, reflejan un relieve moderadamente inclinado. Asimismo, la altitud media es de 2442.42 m s. n. m., la longitud máxima de recorrido de 6.58 km y el tiempo de concentración de 123.07 minutos (2.05 h) evidencian una respuesta hidrológica rápida, aunque no instantánea, ante precipitación.

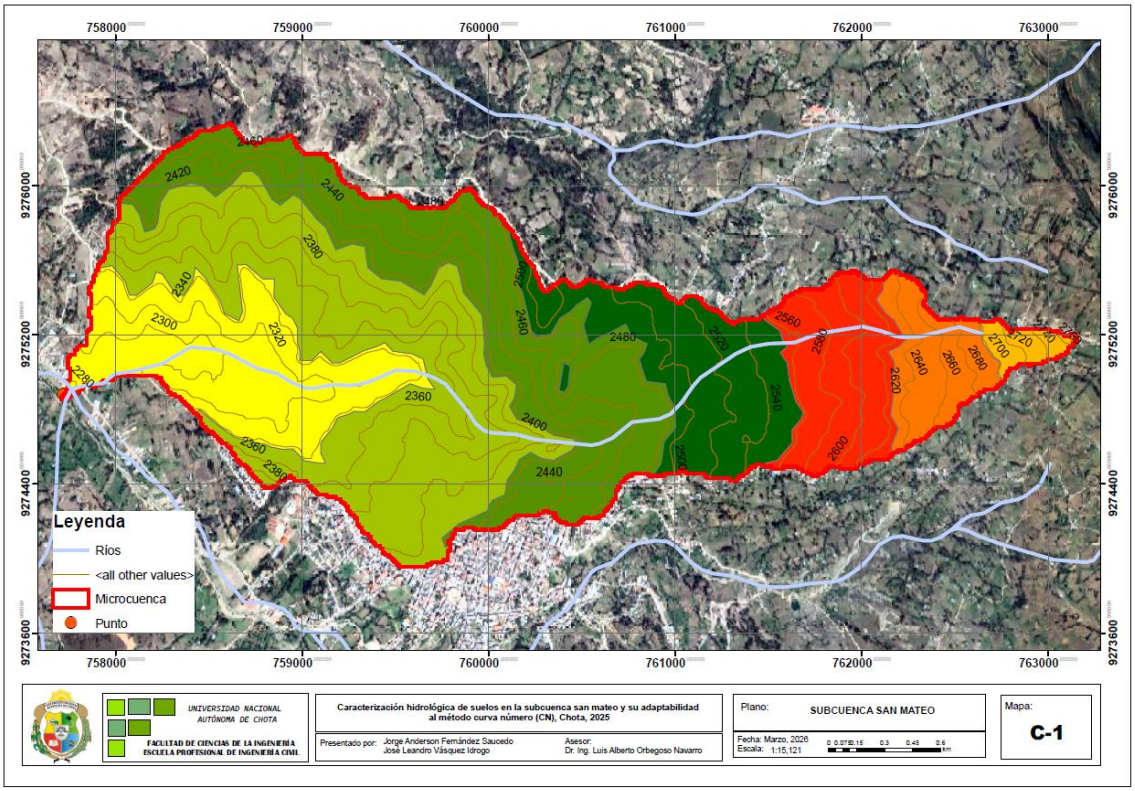
Tabla 52

Parámetros geomorfológicos de la subcuenca San Mateo

Parámetro geomorfológico	Valor
Área (km2)	6.21
Perímetro (km)	18.15
Coeficiente de compacidad	2.05
Coeficiente de forma	0.14
Coeficiente orográfico	0.99
Altitud media (msnm)	2442.42
Pendiente de la cuenca (%)	18.00%
Longitud del máximo recorrido (km)	6.58
Longitud del máximo recorrido (m)	6575.21
Pendiente del cauce principal (%)	7.54%
Tiempo de concentración (minutos)	123.07
Tiempo de concentración (horas)	2.05
Tiempo de retardo (minutos)	73.84
Curva número (según ANA)	
Condiciones normales	74-81
Condiciones húmedas	86-90
Condiciones secas	54-64

Figura 28

Delimitación de la subcuenca San Mateo



La distribución de pendientes de la subcuenca San Mateo muestra que predominan los terrenos de pendiente baja a moderada, dado que los rangos 0–15 % y 15–30 % abarcan conjuntamente 479.61 ha, equivalentes al 77.25 % del área total. En particular, el rango 0–15 % representa el mayor porcentaje, con 39.45 %, seguido del rango 15–30 %, con 37.80 %, lo que indica que gran parte de la subcuenca presenta condiciones topográficas favorables para la ocupación antrópica, la actividad agropecuaria y la ejecución de ensayos de campo. No obstante, también existen sectores con pendientes más pronunciadas, ya que el rango 30–45 % ocupa 20.01 % del área y las pendientes mayores de 45 % representan 2.74 %. Estos resultados evidencian que, aunque la subcuenca no es predominantemente escarpada, sí presenta zonas de relieve pronunciado que pueden condicionar la infiltración, la erosión y la generación de escorrentía superficial.

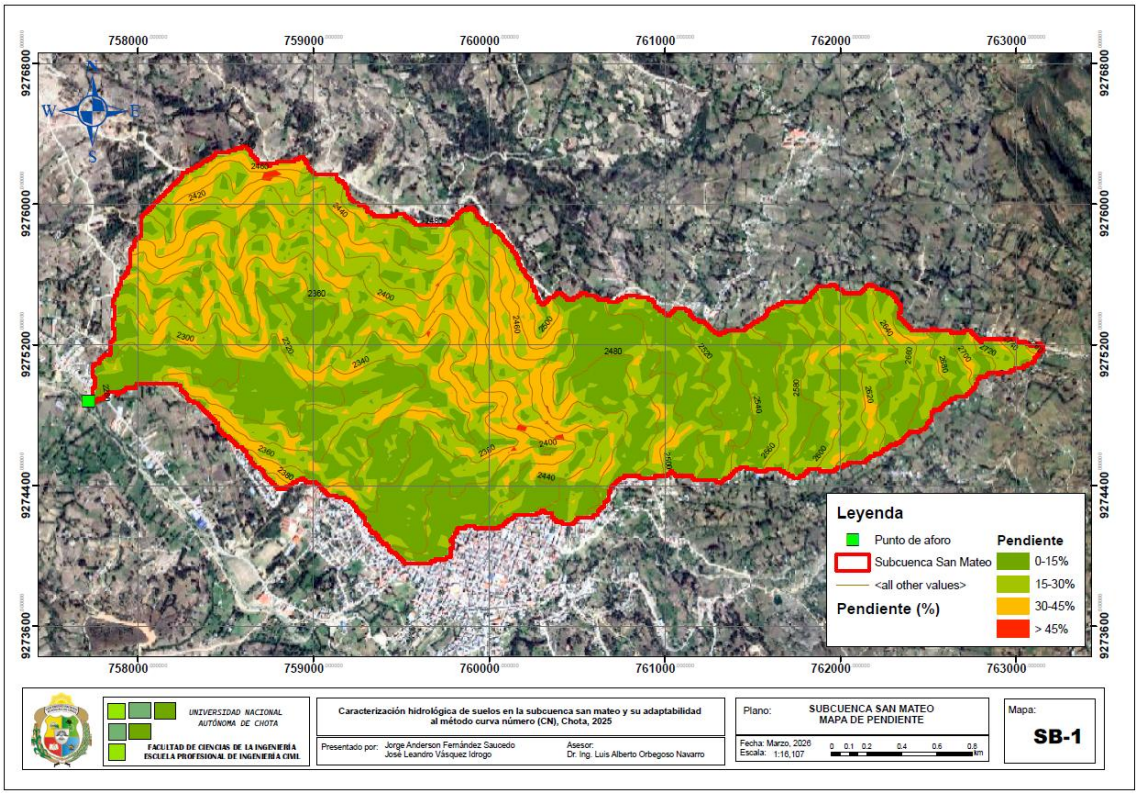
Tabla 53

Pendiente de la subcuenca San Mateo

Pendiente (%)	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
0-15%	244.91	2.45	39.45%
15-30%	234.70	2.35	37.80%
30-45%	124.22	1.24	20.01%
> 45%	17.01	0.17	2.74%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 29

Mapa de la pendiente de la subcuenca San Mateo



La cobertura y el uso del suelo de la subcuenca San Mateo evidencian un marcado predominio de áreas intervenidas por el ser humano. La categoría periurbana y expansión urbana representa la mayor superficie, con 257.90 ha (41.54 %), seguida por la urbana consolidada, con 99.38 ha (16.01 %); en conjunto, ambas categorías ocupan 57.55 % del área total de la subcuenca. Por otro lado, las coberturas de carácter

más natural o agropecuario se distribuyen entre agrícola–pastizal (18.47 %), bosque y pastizales (12.69 %) y pastizal (11.30 %). Estos resultados muestran que la subcuenca San Mateo presenta una fuerte presión urbana y periurbana, lo que puede influir directamente en la reducción de las áreas de infiltración y en el incremento del escurrimiento superficial, especialmente en los sectores bajos e intermedios del ámbito.

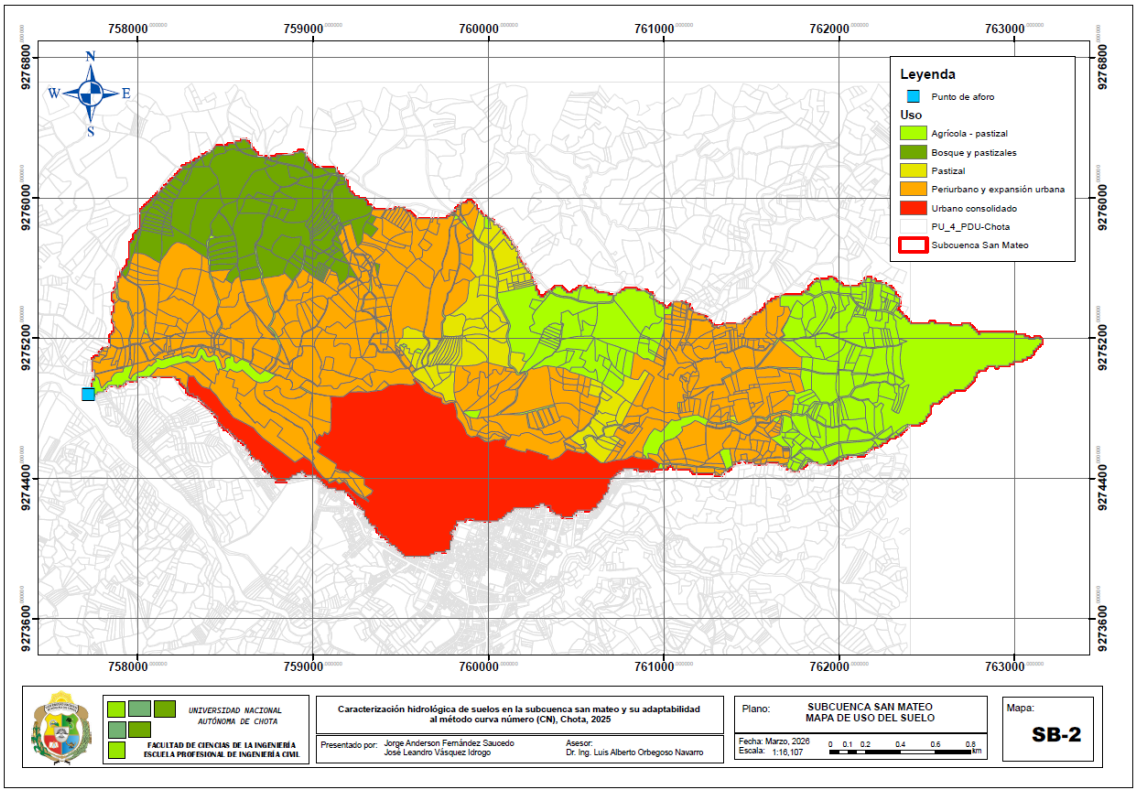
Tabla 54

Cobertura y uso del suelo de la subcuenca San Mateo

Cobertura/uso del suelo predominante	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Agrícola - pastizal	114.65	1.15	18.47%
Bosque y pastizales	78.80	0.79	12.69%
Pastizal	70.13	0.70	11.30%
Periurbano y expansión urbana	257.90	2.58	41.54%
Urbano consolidado	99.38	0.99	16.01%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 30

Mapa de cobertura y uso del suelo de la subcuenca San Mateo



La sectorización fisiográfica de la subcuenca San Mateo evidencia que la combinación de pendiente y cobertura/uso del suelo genera unidades territoriales diferenciadas, con comportamientos potencialmente distintos frente a la infiltración y la escorrentía. El sector de mayor extensión corresponde al periurbano y a la expansión urbana en pendientes de 15–30 %, con 113.55 ha (18.29 %), seguido del urbano consolidado en pendientes de 0–15 %, con 99.38 ha (16.01 %), y del agrícola–pastizal en pendientes de 0–15 %, con 75.91 ha (12.23 %). Asimismo, resalta la presencia de 70.16 ha (11.30 %) de áreas periurbanas con pendientes superiores al 45 %, lo que evidencia una ocupación territorial en zonas topográficamente más restrictivas. En cambio, los sectores agrícolas tienden a concentrarse en pendientes bajas, mientras que los pastizales se encuentran con mayor frecuencia en pendientes de 30–45 %.

Tabla 55

Sectorización fisiográfica de la subcuenca San Mateo

Sectorización fisiográfica	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Agrícola - pastizal	114.65	1.15	18.47%
> 45%	2.21	0.02	0.36%
0-15%	75.91	0.76	12.23%
15-30%	9.60	0.10	1.55%
30-45%	26.94	0.27	4.34%
Bosques y pastizales	78.80	0.79	12.69%
> 45%	11.88	0.12	1.91%
0-15%	28.78	0.29	4.64%
15-30%	21.63	0.22	3.48%
30-45%	16.51	0.17	2.66%
Pastizal	70.13	0.70	11.30%
0-15%	12.32	0.12	1.99%
15-30%	10.12	0.10	1.63%
30-45%	47.68	0.48	7.68%
Periurbano y expansión urbana	257.90	2.58	41.54%
> 45%	70.16	0.70	11.30%
0-15%	23.37	0.23	3.76%
15-30%	113.55	1.14	18.29%
30-45%	50.82	0.51	8.18%
Urbano consolidado	99.38	0.99	16.01%
0-15%	99.38	0.99	16.01%
Total	620.85	6.21	100.00%

La distribución de subzonas y puntos de muestreo indica que la sectorización de la subcuenca permitió cubrir espacialmente las principales combinaciones entre la pendiente, la cobertura y el uso del suelo. Las áreas de subzona variaron entre 2.21 ha y 99.38 ha, lo que refleja una delimitación heterogénea, acorde con la variabilidad territorial del ámbito de estudio. Los 26 puntos de evaluación se distribuyeron en todos los rangos de pendiente definidos, desde 0–15 % hasta mayores de 45 %, y abarcaron coberturas representativas como agrícola–pastizal, bosques y pastizales, pastizal, periurbano y expansión urbana y urbano consolidado. Destacan, por su mayor extensión, el Punto 26 con 99.38 ha (16.01 %) en pendiente de 0–15 % y cobertura urbana consolidada; el Punto 4 con 42.75 ha (6.89 %) en pendiente mayor a 45 % y cobertura periurbana; y el Punto 18 con 34.14 ha (5.50 %) en pendiente de 15–30 %.

Figura 31

Mapa de sectorización de la subcuenca y ubicación de los 26 puntos de muestreo

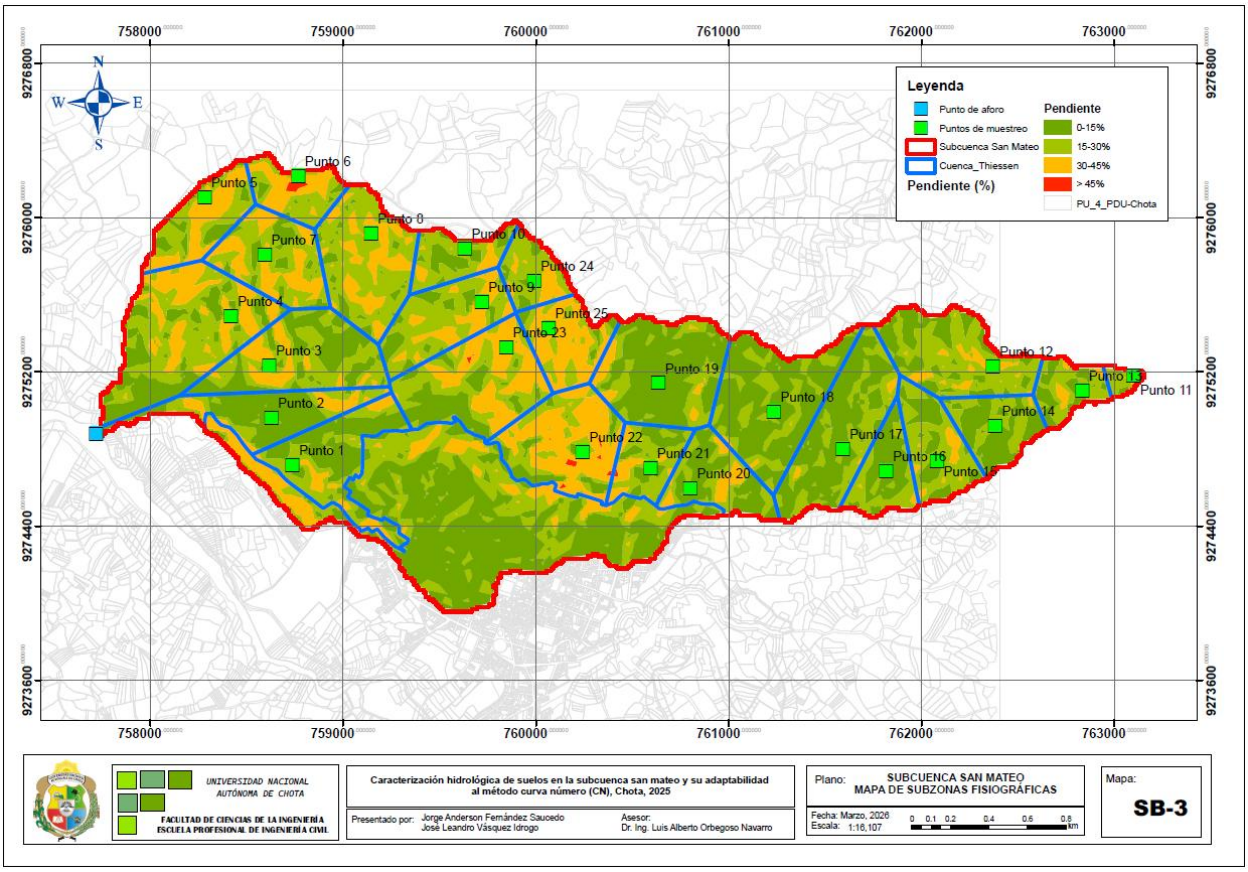


Tabla 56

Subzonas y puntos de muestreo dentro de la sectorización fisiográfica

Subzona	Este	Norte	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)	Rango de pendiente	Cobertura/uso del suelo predominante
Punto 1	758736.00	9274717.00	23.37	0.23	3.76%	0-15%	Periurbano y expansión urbana
Punto 2	758627.50	9274960.76	21.02	0.21	3.39%	15-30%	Periurbano y expansión urbana
Punto 3	758616.00	9275232.00	29.66	0.30	4.78%	30-45%	Periurbano y expansión urbana
Punto 4	758417.89	9275487.60	42.75	0.43	6.89%	> 45%	Periurbano y expansión urbana
Punto 5	758280.91	9276103.00	16.51	0.17	2.66%	30-45%	Bosques y pastizales
Punto 6	758766.91	9276217.01	11.88	0.12	1.91%	> 45%	Bosques y pastizales
Punto 7	758592.16	9275805.43	21.63	0.22	3.48%	15-30%	Bosques y pastizales
Punto 8	759144.45	9275917.73	28.78	0.29	4.64%	0-15%	Bosques y pastizales
Punto 9	759718.00	9275562.00	21.16	0.21	3.41%	30-45%	Periurbano y expansión urbana
Punto 10	759631.00	9275840.00	11.25	0.11	1.81%	15-30%	Periurbano y expansión urbana
Punto 11	763098.12	9275178.69	2.21	0.02	0.36%	> 45%	Agrícola - pastizal
Punto 12	762370.00	9275227.00	26.94	0.27	4.34%	30-45%	Agrícola - pastizal
Punto 13	762832.88	9275105.01	9.60	0.10	1.55%	15-30%	Agrícola - pastizal
Punto 14	762381.00	9274918.00	14.19	0.14	2.28%	0-15%	Agrícola - pastizal
Punto 15	762080.00	9274739.00	16.62	0.17	2.68%	0-15%	Agrícola - pastizal
Punto 16	761816.00	9274686.00	12.79	0.13	2.06%	0-15%	Agrícola - pastizal
Punto 17	761590.98	9274802.08	30.78	0.31	4.96%	15-30%	Periurbano y expansión urbana
Punto 18	761233.93	9274992.40	34.14	0.34	5.50%	15-30%	Periurbano y expansión urbana
Punto 19	760635.00	9275142.00	32.31	0.32	5.20%	0-15%	Agrícola - pastizal
Punto 20	760800.17	9274595.03	16.36	0.16	2.64%	15-30%	Periurbano y expansión urbana
Punto 21	760593.00	9274702.00	12.32	0.12	1.99%	0-15%	Pastizal
Punto 22	760240.82	9274784.83	27.40	0.27	4.41%	> 45%	Periurbano y expansión urbana
Punto 23	759845.63	9275326.09	31.78	0.32	5.12%	30-45%	Pastizal
Punto 24	759990.00	9275670.00	10.12	0.10	1.63%	15-30%	Pastizal
Punto 25	760063.69	9275427.74	15.90	0.16	2.56%	30-45%	Pastizal
Punto 26			99.38	0.99	16.01%	0-15%	Urbano consolidado
Total			620.85	6.21	1.00		

4.1.2. Caracterización de la subcuenca San Mateo en función de su Capacidad de Uso Mayor (CUM)

a) Tipos de suelos y clasificación textural.

Los suelos evaluados en la subcuenca San Mateo presentan un claro predominio de la fracción fina, ya que en 21 de los 26 puntos el contenido de finos superó el 50.00 %. Los valores más altos se registraron en M-17 (87.20 %), M-19 (86.00 %), M-20 (84.40 %), M-16 (84.20 %) y M-12 (83.60 %), lo que evidencia la presencia de materiales con una alta proporción de partículas de tamaño fino. En contraste, los mayores contenidos de arena se observaron en M-3 (44.40 %), M-4 (50.20 %), M-7 (49.00 %), M-11 (41.80 %) y M-15 (32.50 %); mientras que la grava presentó porcentajes generalmente bajos, salvo en M-15 (30.75 %), M-11 (22.00 %) y M-14 (15.40 %).

Respecto a los límites de consistencia, el límite líquido varió entre 20.54 % (M-9) y 46.23 % (M-20), mientras que el índice de plasticidad osciló entre 2.20 % (M-9) y 23.07 % (M-20). Estos resultados indican que la mayoría de los suelos presentan plasticidad baja a media, aunque en algunos puntos, como M-12, M-14, M-19 y M-20, la plasticidad fue más marcada. En cuanto a la clasificación SUCS, predominó ampliamente el símbolo CL, identificado en 15 de los 26 puntos, seguido de ML, identificado en 5. Solo de forma local se presentaron los suelos SM, SC, SC-SM y CL-ML. En conjunto, estos resultados evidencian que en la subcuenca San Mateo predominan suelos finos de comportamiento cohesivo, principalmente arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, acompañados de algunos sectores con limos y mezclas arena-arcilla.

Tabla 57

Resultados físicos del suelo por punto de muestreo

	Análisis granulométrico			Límites de consistencia			
Punto	**Grava (%)**	**Arena (%)**	**Finos (%)**	**Límite líquido (%)**	**Límite plástico (%)**	**Índice de plasticidad (%)**	**Clasificación SUCS**
M-1	2.60	28.40	69.00	30.96	20.23	10.73	CL
M-2	1.38	21.13	77.50	41.19	25.09	16.10	CL
M-3	7.40	44.40	48.20	26.00	21.78	4.22	SM
M-4	4.40	50.20	45.40	26.00	21.78	4.22	SM
M-5	4.20	28.60	67.20	30.87	23.87	7.00	ML
M-6	0.00	28.90	71.10	24.61	21.32	3.29	ML
M-7	8.00	49.00	43.00	24.95	20.20	4.75	SC-SM
M-8	0.00	20.60	79.40	26.77	23.17	3.60	ML
M-9	0.00	28.40	71.60	20.54	18.34	2.20	ML
M-10	1.60	22.20	76.20	31.90	19.38	12.52	CL
M-11	22.00	41.80	36.20	30.96	20.23	10.73	SC
M-12	0.00	16.40	83.60	39.09	16.22	22.87	CL
M-13	0.00	26.60	73.40	43.27	23.15	20.12	CL
M-14	15.40	14.60	70.00	38.16	15.41	22.75	CL
M-15	30.75	32.50	36.75	28.00	18.22	9.78	SC
M-16	1.20	14.60	84.20	30.96	20.23	10.73	CL
M-17	1.80	11.00	87.20	34.21	19.21	15.00	CL
M-18	1.43	17.71	80.86	29.17	17.28	11.89	CL
M-19	0.00	14.00	86.00	45.05	22.06	22.99	CL
M-20	5.40	10.20	84.40	46.23	23.16	23.07	CL
M-21	6.10	15.50	78.40	30.04	21.12	8.92	CL
M-22	2.00	15.40	82.60	33.40	20.46	12.94	CL
M-23	1.86	19.71	78.43	28.98	20.23	8.75	CL
M-24	6.60	19.80	73.60	30.96	20.23	10.73	CL
M-25	2.40	19.20	78.40	26.93	20.23	6.70	CL-ML
M-26	1.43	17.71	80.86	29.17	23.08	6.09	ML

Figura 32

Curva granulométrica de las muestras de suelo M1-M7

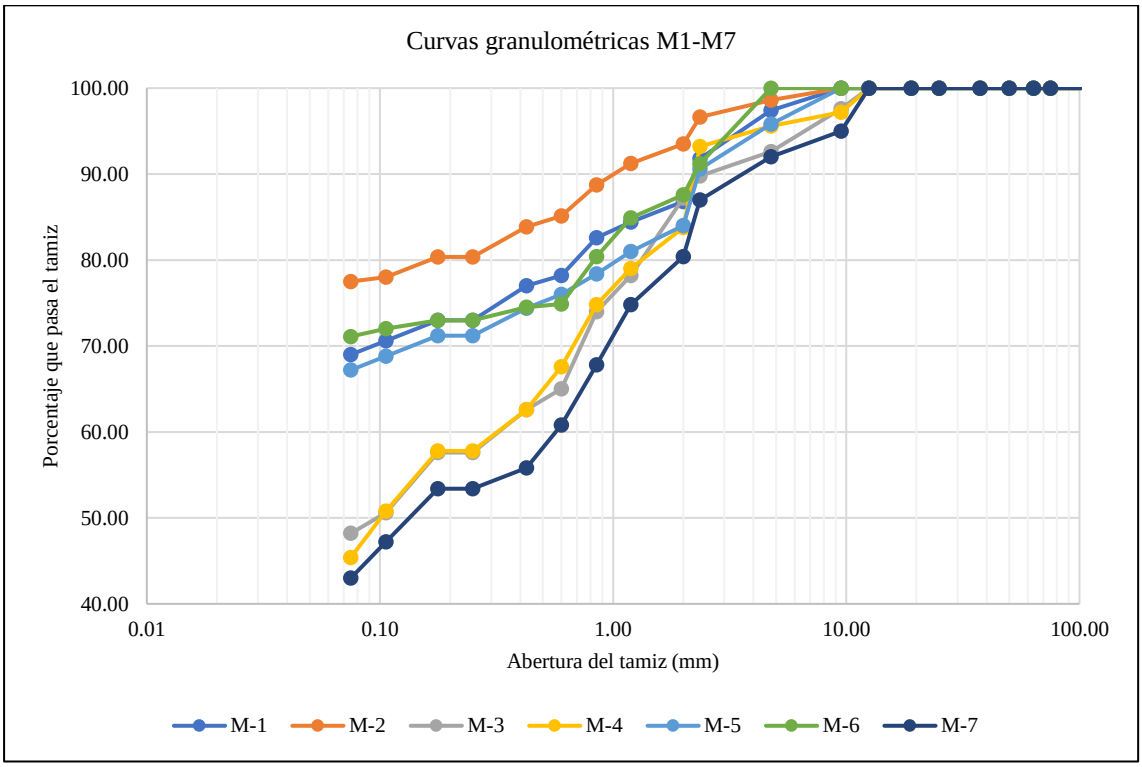


Figura 33

Curva granulométrica de las muestras de suelo M8-M14

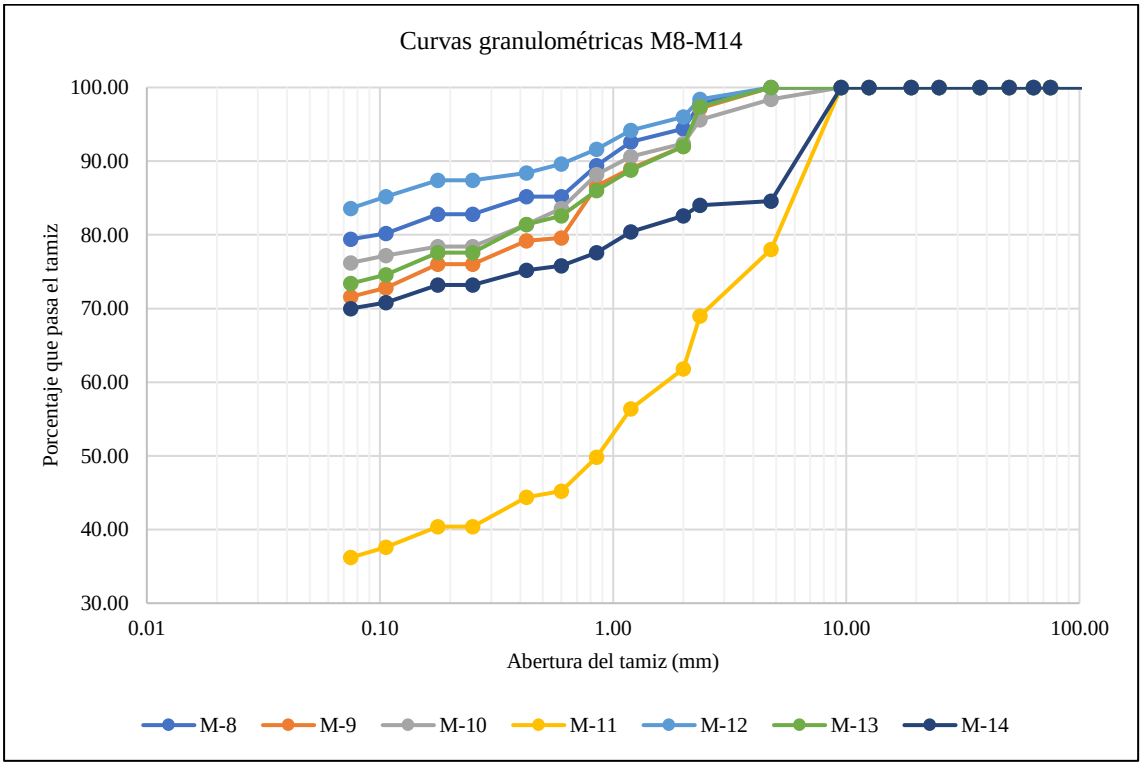


Figura 34

Curva granulométrica de las muestras de suelo M15-M20

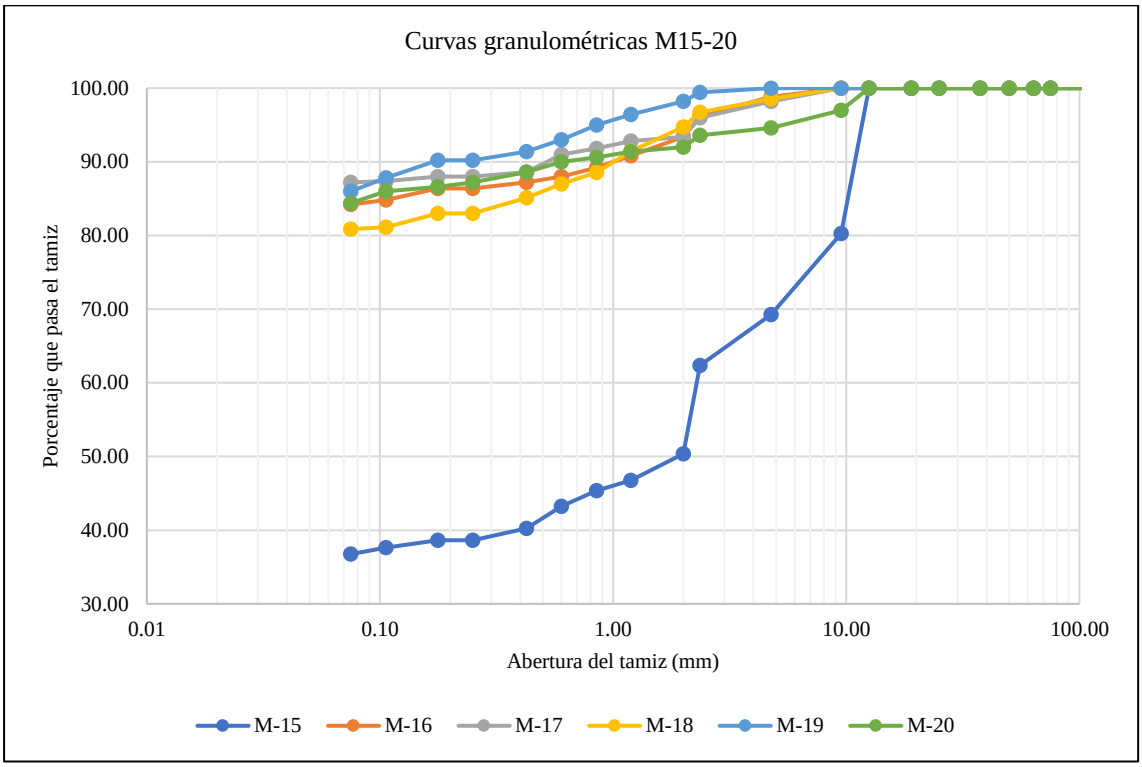
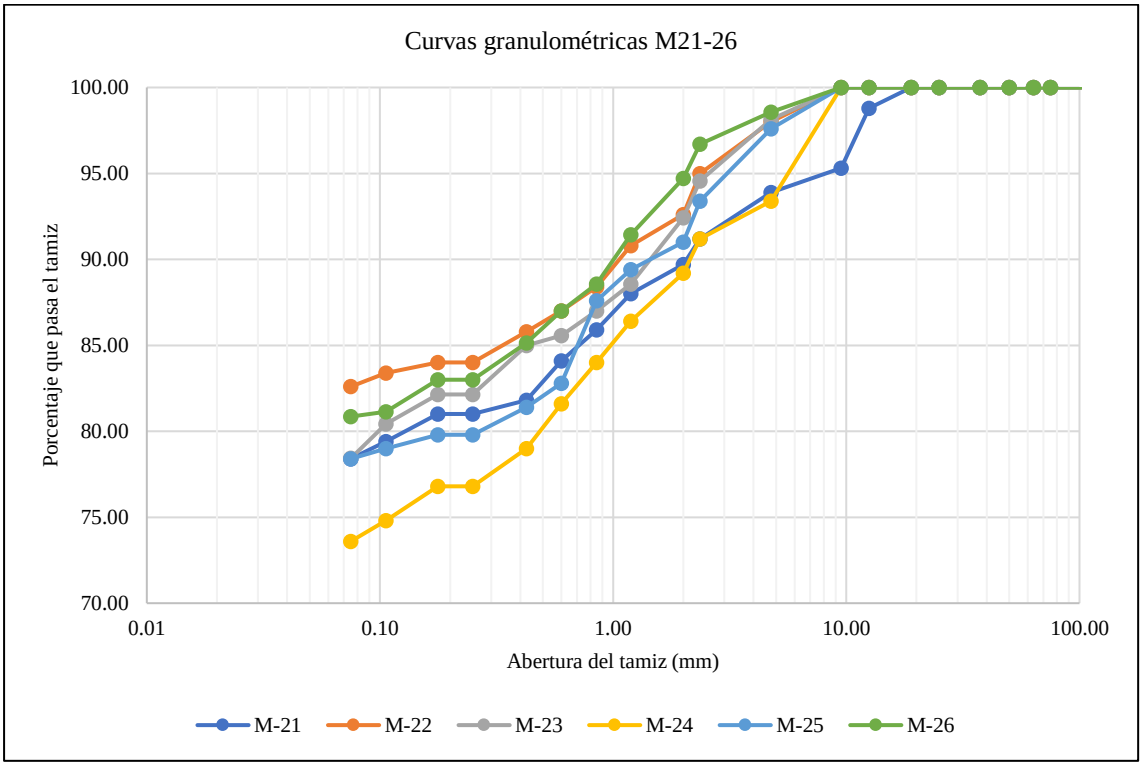


Figura 35

Curva granulométrica de las muestras de suelo M21-M26



La conductividad hidráulica (K) en los puntos de muestreo de la subcuenca San Mateo presentó una variabilidad importante según la textura del suelo, con predominio de la categoría Bueno en la mayoría de los puntos evaluados. Los valores más altos de Ksat se registraron en los suelos de textura franco-limoso y franco-arenoso, destacando M-26A (30.85 mm/h), M-06 (28.69 mm/h), M-03 (27.23 mm/h) y M-23 (20.32 mm/h), lo que indica una mayor capacidad de transmisión del agua. En contraste, los valores más bajos correspondieron principalmente a suelos de textura arcillosa, como M-26B (0.43 mm/h), M-01 (1.73 mm/h), M-02 (1.93 mm/h), M-19 (2.18 mm/h) y M-25 (2.24 mm/h), clasificados como moderados, lo que refleja una menor permeabilidad relativa.

Tabla 58

Conductividad hidráulica por punto de muestreo

Punto	Textura USDA calculada	Ksat estimada (mm/hr)	Categoría
M-01	Arcilla	1.73	Moderado
M-02	Arcilla	1.93	Moderado
M-03	Franco arenoso	27.23	Bueno
M-04	Franco arenoso	13.81	Bueno
M-05	Franco arcilloso	3.84	Bueno
M-06	Franco limoso	28.69	Bueno
M-07	Franco	14.16	Bueno
M-08	Franco arcilloso	4.78	Bueno
M-09	Franco	8.26	Bueno
M-10	Franco	8.07	Bueno
M-11	Franco	6.96	Bueno
M-12	Franco arcillo limoso	4.22	Bueno
M-13	Franco arcilloso	4.28	Bueno
M-14	Franco arcilloso	2.85	Bueno
M-15	Franco arcillo arenoso	4.03	Bueno
M-16	Franco	6.06	Bueno
M-17	Franco	6.06	Bueno
M-18	Franco	6.06	Bueno
M-19	Arcilla	2.18	Moderado
M-20	Franco arcilloso	4.82	Bueno
M-21	Franco	6.06	Bueno
M-22	Franco arcilloso	4.82	Bueno
M-23	Franco arenoso	20.32	Bueno
M-24	Franco	6.13	Bueno
M-25	Arcilla	2.24	Moderado
M-26	Área urbana	3.21	Moderado
M-26A	Franco limoso	30.85	Bueno
M-26B	Arcilla	0.43	Moderado

De acuerdo con la clasificación textural del USDA, la subcuenca San Mateo presenta una diversidad de texturas, aunque predomina la textura media a fina. La clase textural más frecuente fue franco, identificada en 9 puntos de muestreo, seguida de franco-arcilloso en 6 y de arcilloso en 4. Las texturas franco-arenosas se presentaron en 3 puntos, franco-limosas en 2 puntos, mientras que franco-arcillo-limosas y franco-arcillo-arenosas solo aparecieron en 1 punto cada una. Esto indica que la mayor parte de la subcuenca está compuesta por suelos con proporciones equilibradas o moderadamente altas de finos y no por suelos extremadamente arenosos.

En términos composicionales, los mayores contenidos de arena se registraron en M-3 (70.00 %), M-15 (63.25 %), M-23 (55.00 %) y M-4 (54.60 %), lo que explica la presencia de texturas franco-arenosas y franco-arcillo-arenosas en dichos sectores. Por otro lado, los mayores contenidos de arcilla se observaron en M-19 (52.00 %), M-2 (47.50 %), M-1 (45.00 %) y M-25 (43.40 %), lo que refleja un comportamiento más cohesivo y una menor probabilidad relativa de infiltración en dichos puntos. Asimismo, se observó una importante participación de limo en muestras como M-26 (70.86 %) y M-6 (61.10 %), lo que dio lugar a texturas franco-limosas. En conjunto, la tabla muestra que la subcuenca San Mateo presenta una base edáfica predominantemente franca, franco-arcillosa, franco-limosa y arcillosa, lo que sugiere condiciones variables de infiltración y almacenamiento de agua en función de la proporción relativa de arena, limo y arcilla.

Tabla 59

Clase textural del suelo por punto de muestreo

Punto	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	IP/LL	Textura USDA calculada
M-1	31	24	45	0.35	Arcilla
M-2	22.5	30	47.5	0.39	Arcilla
M-3	70	20	10	0.16	Franco arenoso
M-4	54.6	30.4	15	0.16	Franco arenoso
M-5	32.8	37.2	30	0.23	Franco arcilloso
M-6	28.9	61.1	10	0.13	Franco limoso
M-7	50	35	15	0.19	Franco
M-8	20.6	49.4	30	0.13	Franco arcilloso
M-9	28.4	49.6	22	0.11	Franco
M-10	30	48	22	0.39	Franco
M-11	51	28	21	0.35	Franco
M-12	16.4	50.6	33	0.59	Franco arcillo limoso
M-13	26.6	43.4	30	0.46	Franco arcilloso
M-14	30	35	35	0.60	Franco arcilloso
M-15	63.25	11.75	25	0.35	Franco arcillo arenoso
M-16	25	49	26	0.35	Franco
M-17	25	49	26	0.44	Franco
M-18	25	49	26	0.41	Franco
M-19	14	34	52	0.51	Arcilla
M-20	20.1	49.9	30	0.50	Franco arcilloso
M-21	25	49	26	0.30	Franco
M-22	20.1	49.9	30	0.39	Franco arcilloso
M-23	55	33	12	0.30	Franco arenoso
M-24	26.4	48	25.6	0.35	Franco
M-25	21.6	35	43.4	0.25	Arcilla
M-26	19.14	70.86	10	0.21	Franco limoso

Figura 36

Triángulo textural de las muestras de suelo M1-M7

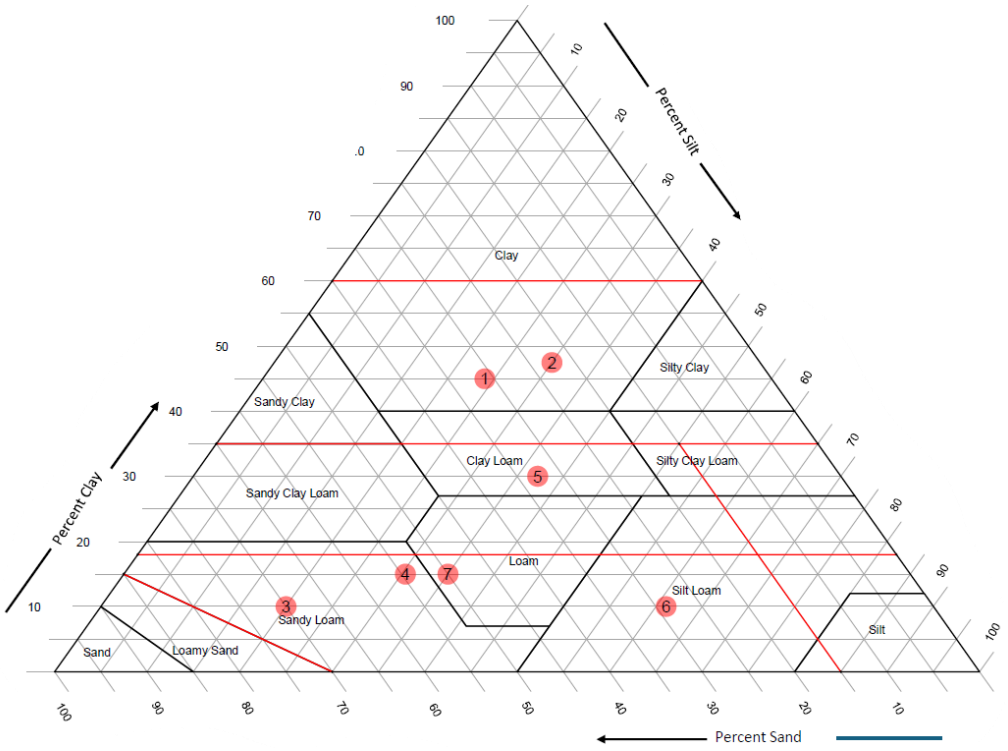


Figura 37

Triángulo textural de las muestras de suelo M8-M14

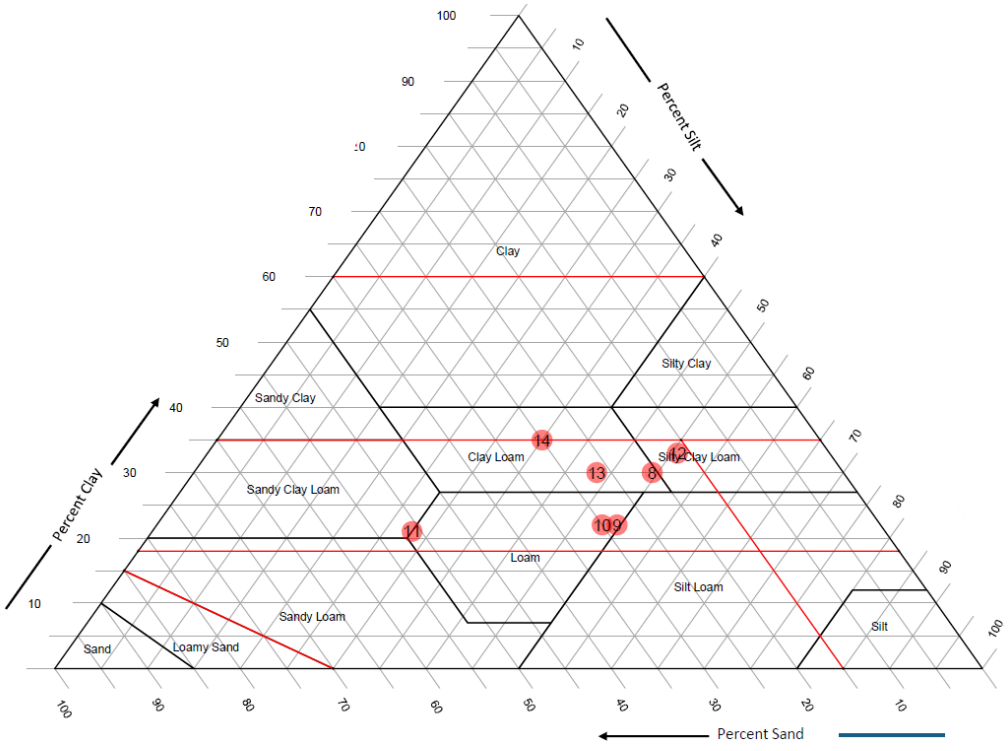


Figura 38

Triángulo textural de las muestras de suelo M15-M20

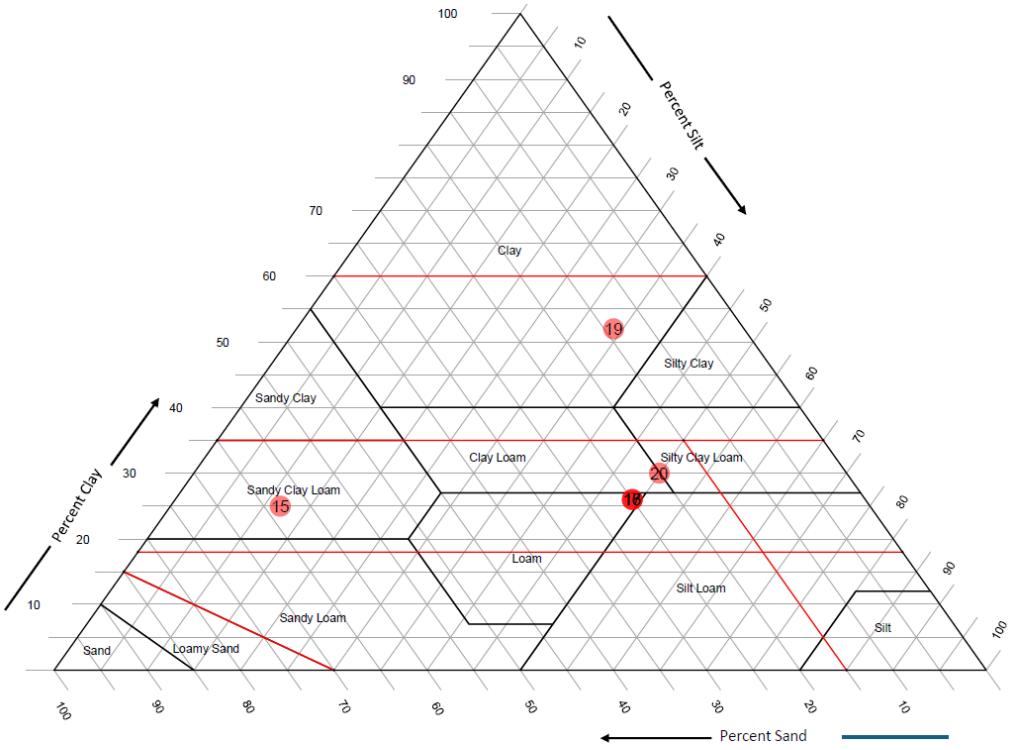
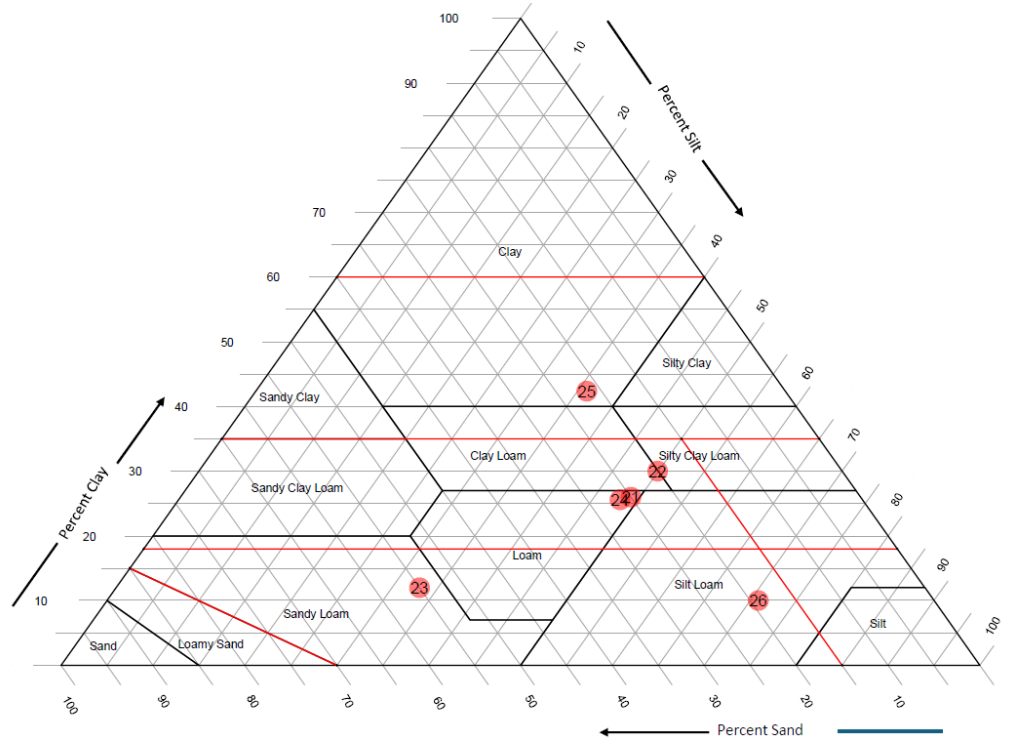


Figura 39

Triángulo textural de las muestras de suelo M21-M26



La distribución espacial de las texturas del suelo dentro de la subcuenca San Mateo permite identificar que la textura de mayor extensión es Franco, con 156.41 ha (25.19 %), seguida por Franco arcilloso con 112.84 ha (18.17 %), Franco limoso con 111.26 ha (17.92 %), Franco arenoso con 104.19 ha (16.78 %) y Arcilla con 92.60 ha (14.92 %). En menor proporción se presentan las texturas Franco arcillo limoso con 26.94 ha (4.34 %) y Franco arcillo arenoso con 16.62 ha (2.68 %).

Estos resultados indican que la subcuenca San Mateo está dominada por suelos de textura franca y franco-arcillosa, aunque también se observa una proporción importante de franco limoso y franco arenoso, lo que confirma una marcada heterogeneidad espacial. Si se agrupan las texturas con mayor proporción de finos, es decir, arcilla, franco arcilloso, franco arcillo limoso y franco arcillo arenoso, estas abarcan en conjunto 248.99 ha, equivalentes al 40.11 % del área total; mientras que las texturas franco y franco limoso representan juntas 267.67 ha (43.11 %). Por tanto, la subcuenca presenta una matriz edáfica dominada por texturas intermedias a finas, lo que sugiere una capacidad de infiltración variable, pero, en general, condicionada por la presencia significativa de finos.

Tabla 60

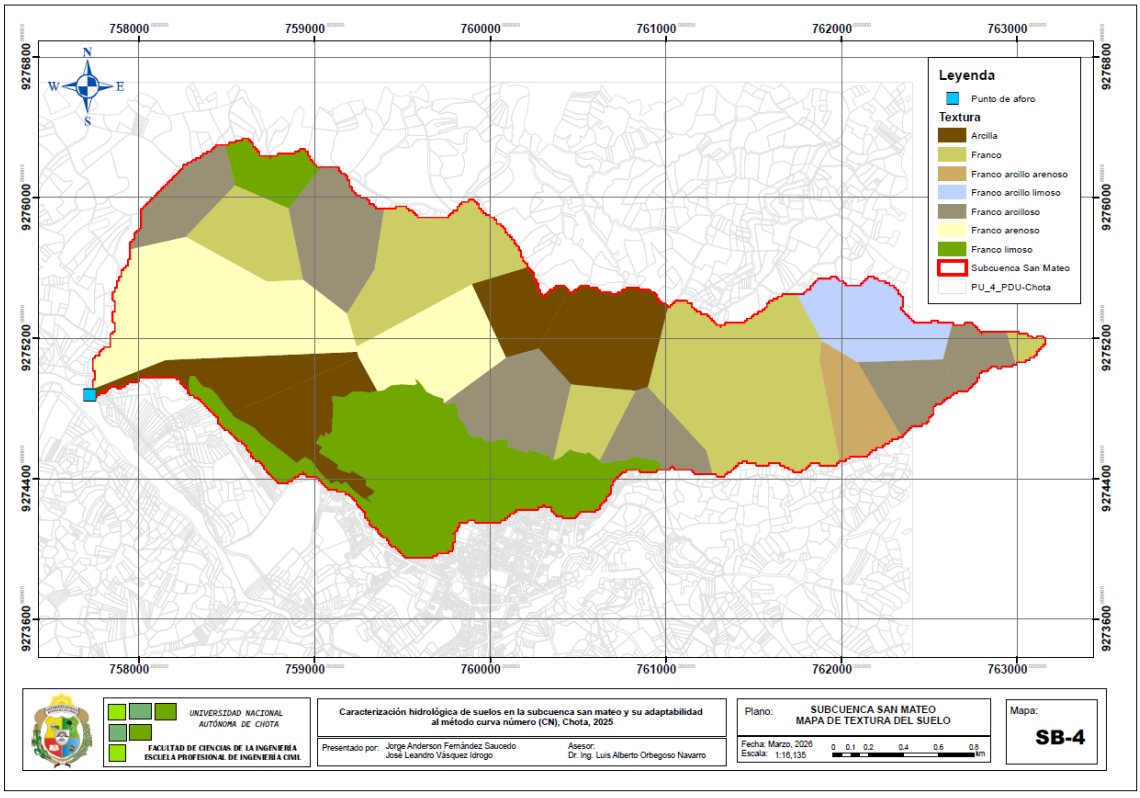
Textura del suelo de la subcuenca San Mateo

Textura	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Arcilla	92.60	0.93	14.92%
Franco	156.41	1.56	25.19%
Franco arcillo arenoso	16.62	0.17	2.68%
Franco arcillo limoso	26.94	0.27	4.34%
Franco arcilloso	112.84	1.13	18.17%
Franco arenoso	104.19	1.04	16.78%
Franco limoso	111.26	1.11	17.92%
Total	620.85	6.21	100.00%

La caracterización física del suelo en la subcuenca San Mateo evidenció el predominio de materiales con fracción fina elevada, comportamiento cohesivo y texturas mayormente francas, franco-arcillosas, franco-limosas y arcillosas. La clasificación SUCS confirmó la dominancia de los suelos CL y, en menor proporción, de los ML, mientras que la clasificación USDA mostró una distribución más amplia, aunque concentrada en texturas medias a finas. Estos resultados indican que la subcuenca presenta condiciones edáficas heterogéneas, con sectores con mayor proporción de finos, que podrían favorecer una menor infiltración relativa y una mayor retención de humedad, y otros sectores con mayor contenido arenoso, que podrían presentar una respuesta hidráulica más favorable.

Figura 40

Mapa de textura del suelo de la subcuenca San Mateo.



Nota. Se observan sectores localizados con predominio de arcilla y franco-arcilloso, así como zonas más extensas con texturas francas, franco-limosas y franco-arenosas.

b) Parámetros edáficos y de vegetación.

El micro relieve plano es el predominante en la subcuenca San Mateo, con 284.85 ha, equivalentes al 45.88 % del área total. Le siguen el ondulado suave, con 185.42 ha (29.87 %), y el ondulado, con 138.70 ha (22.34 %), mientras que el microaccidentado solo ocupa 11.88 ha (1.91 %). La subcuenca presenta un relieve mayormente suave a moderado, con una amplia presencia de superficies planas.

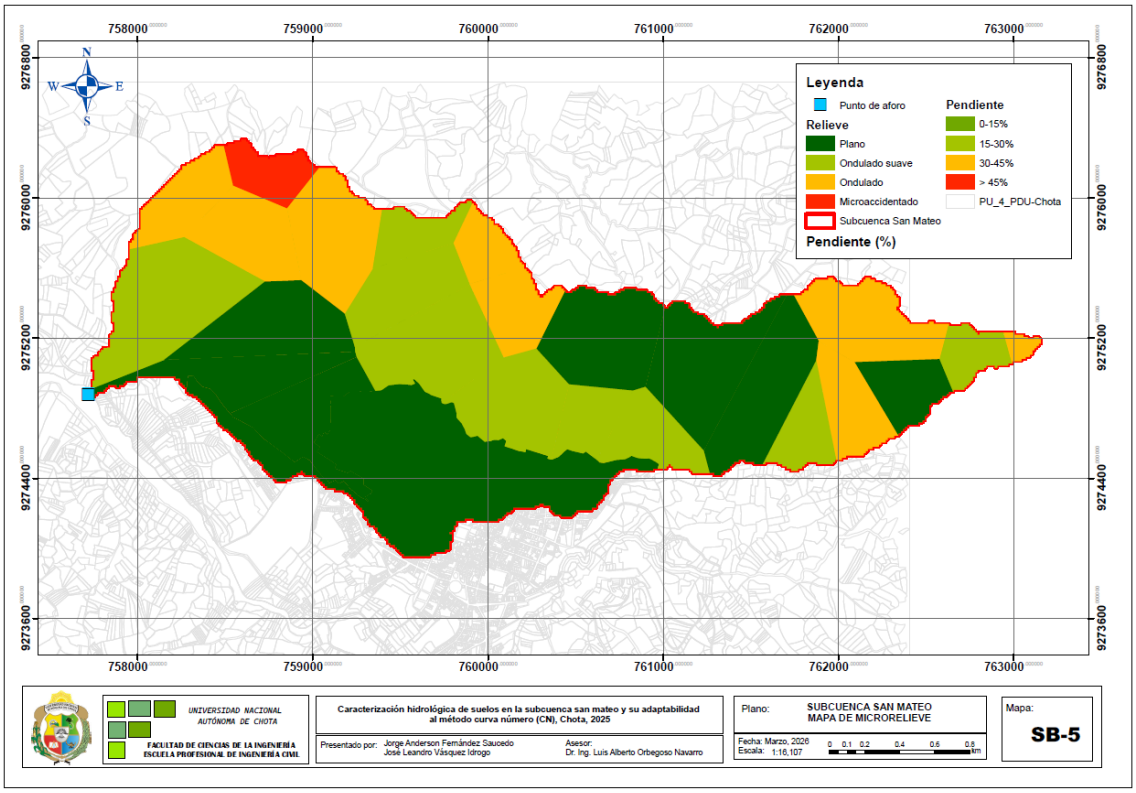
Tabla 61

Microrelieve de acuerdo con la pendiente de la subcuenca San Mateo

Microrelieve	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Microaccidentado	11.88	0.12	1.91%
Ondulado	138.70	1.39	22.34%
Ondulado suave	185.42	1.85	29.87%
Plano	284.85	2.85	45.88%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 41

Microrelieve de acuerdo con la pendiente de la subcuenca San Mateo



La profundidad efectiva moderadamente profunda (≥ 50 cm y ≤ 100 cm) es la más representativa en la subcuenca San Mateo, con 257.90 ha (41.54 %), seguida por la condición superficial, con 148.92 ha (23.99 %), y la categoría muy superficial, con 114.65 ha (18.47 %). Además, el área urbana abarca 99.38 ha (16.01 %). Aunque una parte importante de la subcuenca presenta condiciones favorables para el desarrollo del perfil del suelo, también hay zonas con una profundidad limitada.

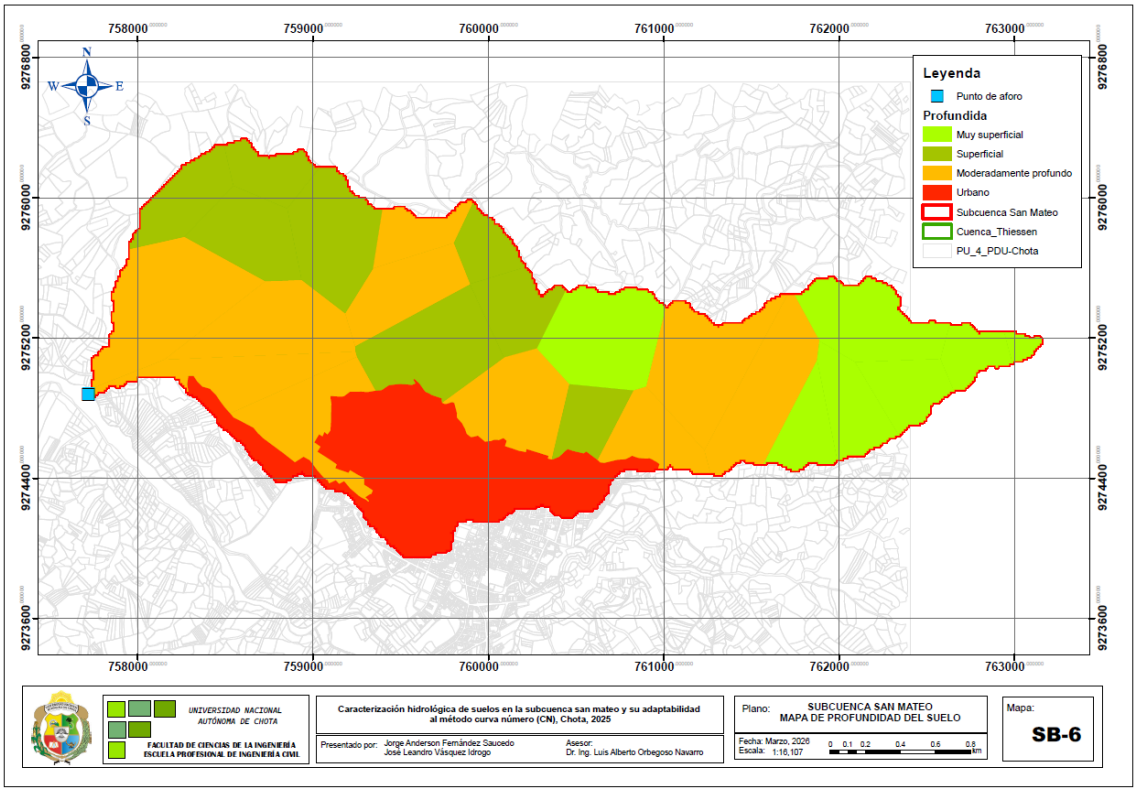
Tabla 62

Profundidad efectiva del suelo de la subcuenca San Mateo

Profundidad efectiva del suelo	Área (ha)	Área (km^2)	Porcentaje (%)
Muy superficial (< 25 cm)	114.65	1.15	18.47%
Superficial (≥ 25 cm y < 50 cm)	148.92	1.49	23.99%
Moderadamente profundo (≥ 50 cm y ≤ 100 cm)	257.90	2.58	41.54%
Urbano	99.38	0.99	16.01%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 42

Profundidad efectiva del suelo de la subcuenca San Mateo



El grupo textural medio domina la subcuenca San Mateo con 267.67 ha (43.11%), seguido por el grupo moderadamente fino con 156.39 ha (25.19%), el grupo moderadamente grueso con 104.19 ha (16.78%) y el grupo fino con 92.60 ha (14.91%). La subcuenca está conformada principalmente por suelos de textura intermedia, aunque con una participación importante de texturas más finas.

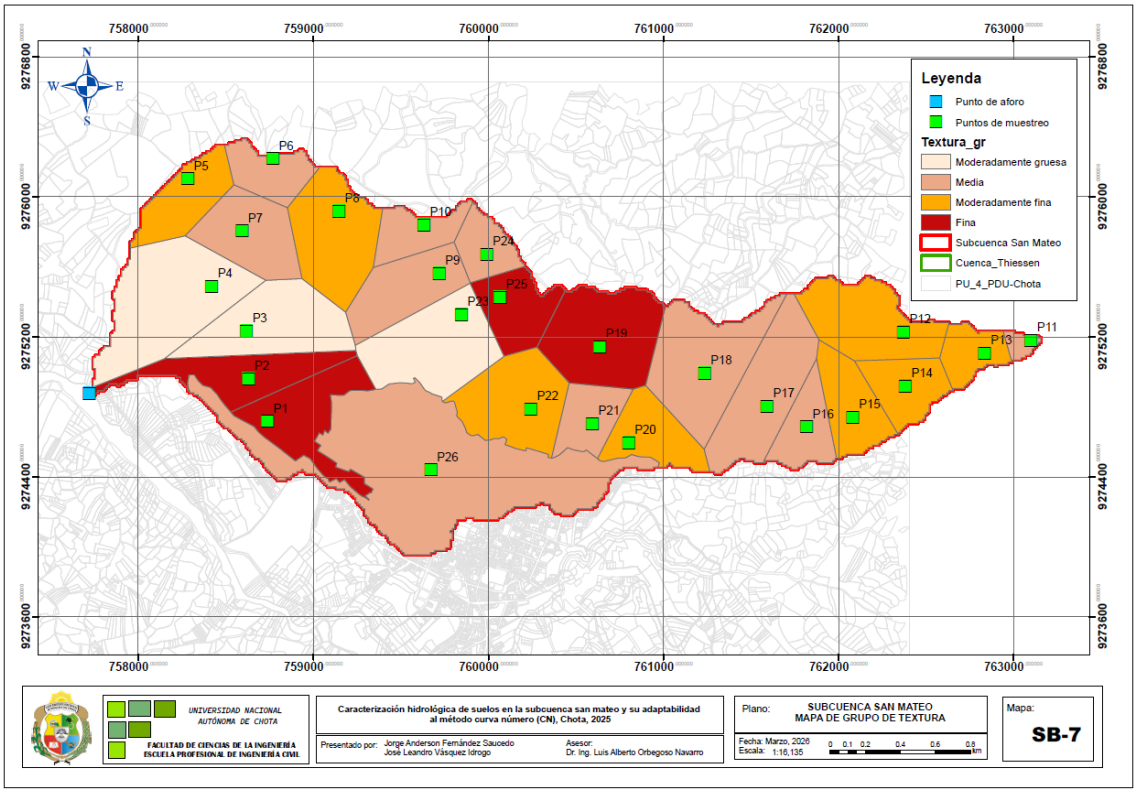
Tabla 63

Grupo textural del suelo de la subcuenca San Mateo

Grupo textural	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Fina	92.60	0.93	14.91%
Moderadamente fina	156.39	1.56	25.19%
Media	267.67	2.68	43.11%
Moderadamente gruesa	104.19	1.04	16.78%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 43

Grupo textural del suelo de la subcuenca San Mateo



En la subcuenca San Mateo predominan los terrenos libres de fragmentos rocosos y de pedregosidad superficial, con 357.29 ha (57.55 %), mientras que los sectores ligeramente pedregosos abarcan 263.57 ha (42.45 %). Estos resultados indican que más de la mitad del área presenta condiciones superficiales favorables desde el punto de vista edáfico, aunque una proporción significativa de la subcuenca sí presenta pedregosidad ligera, que puede influir en la profundidad útil del suelo, la capacidad de laboreo, la retención de humedad y la aptitud de uso de la tierra.

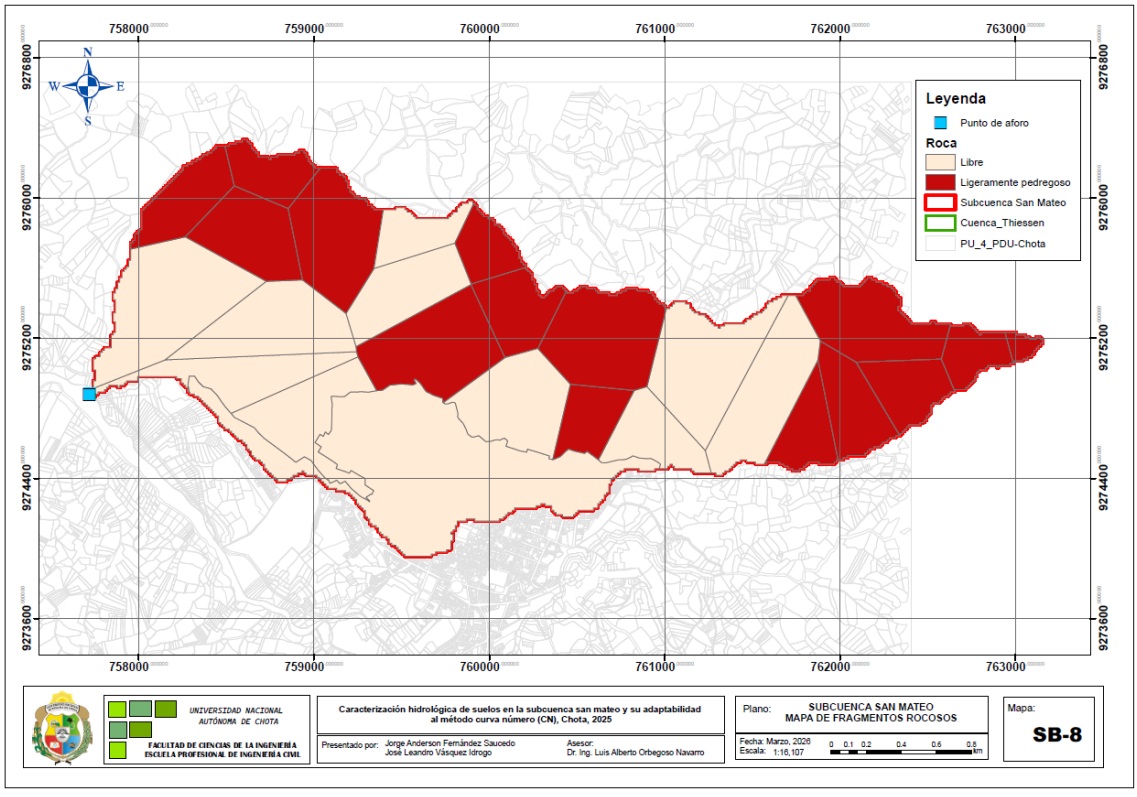
Tabla 64

Fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de la subcuenca San Mateo

Fragmentos rocosos	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Libre	357.29	3.57	57.55%
Ligeramente pedregoso	263.57	2.64	42.45%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 44

Fragmentos rocosos y pedregosidad superficial de la subcuenca San Mateo



El drenaje imperfecto y el drenaje bueno son las condiciones más representativas en la subcuenca San Mateo, con 206.17 ha (33.21 %) y 199.16 ha (32.08 %), respectivamente. Le sigue el drenaje moderado con 142.21 ha (22.90 %) y el drenaje algo excesivo con 73.32 ha (11.81 %). Esta distribución evidencia que la subcuenca presenta una marcada variabilidad en las condiciones de drenaje, aunque predomina el de tipo intermedio.

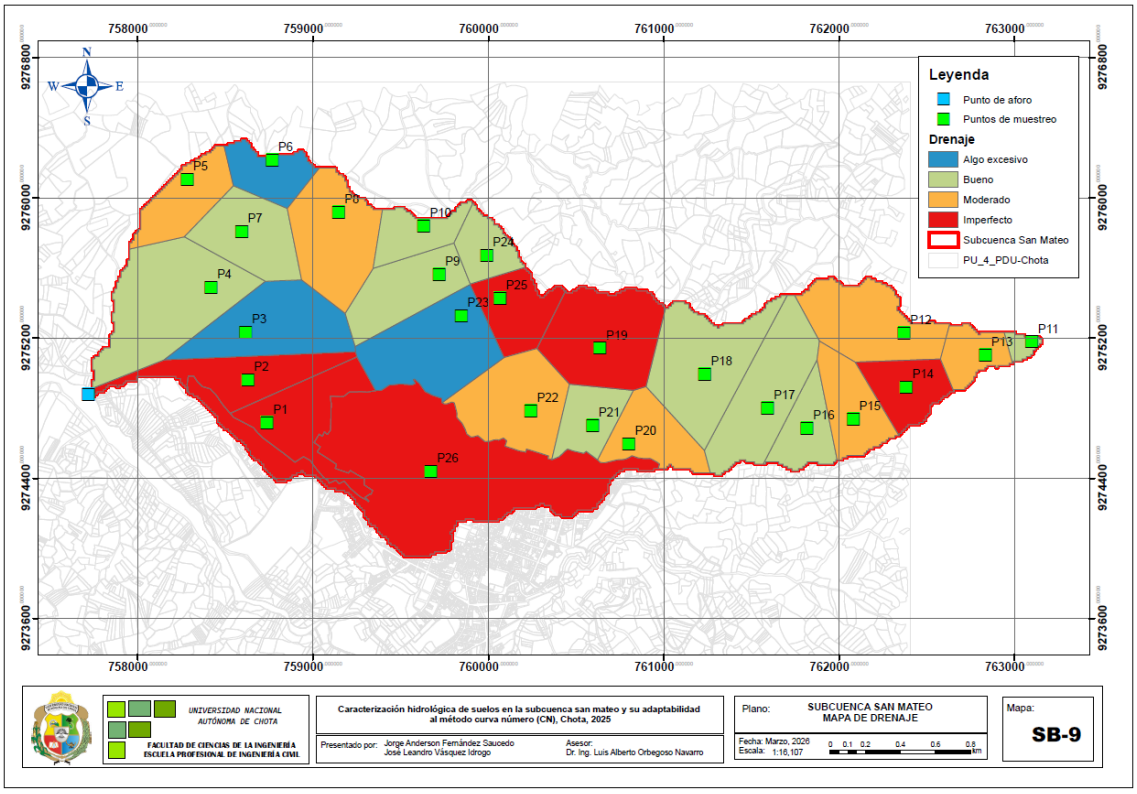
Tabla 65

Drenaje del suelo de la subcuenca San Mateo

Drenaje	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Algo excesivo	73.32	0.73	11.81%
Bueno	199.16	1.99	32.08%
Moderado	142.21	1.42	22.90%
Imperfecto	206.17	2.06	33.21%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 45

Drenaje del suelo de la subcuenca San Mateo



La subcuenca San Mateo presenta predominantemente erosión hídrica moderada, con 497.58 ha (80.14 % del área total), mientras que la erosión hídrica severa se concentra en 123.27 ha (19.86 %). Estos resultados indican que el proceso erosivo constituye una limitación en toda la subcuenca, aunque con intensidades espaciales distintas. El predominio de la erosión moderada sugiere un escenario de afectación importante, pero aún manejable, mientras que la presencia de casi una quinta parte del área con erosión severa revela sectores de mayor fragilidad física.

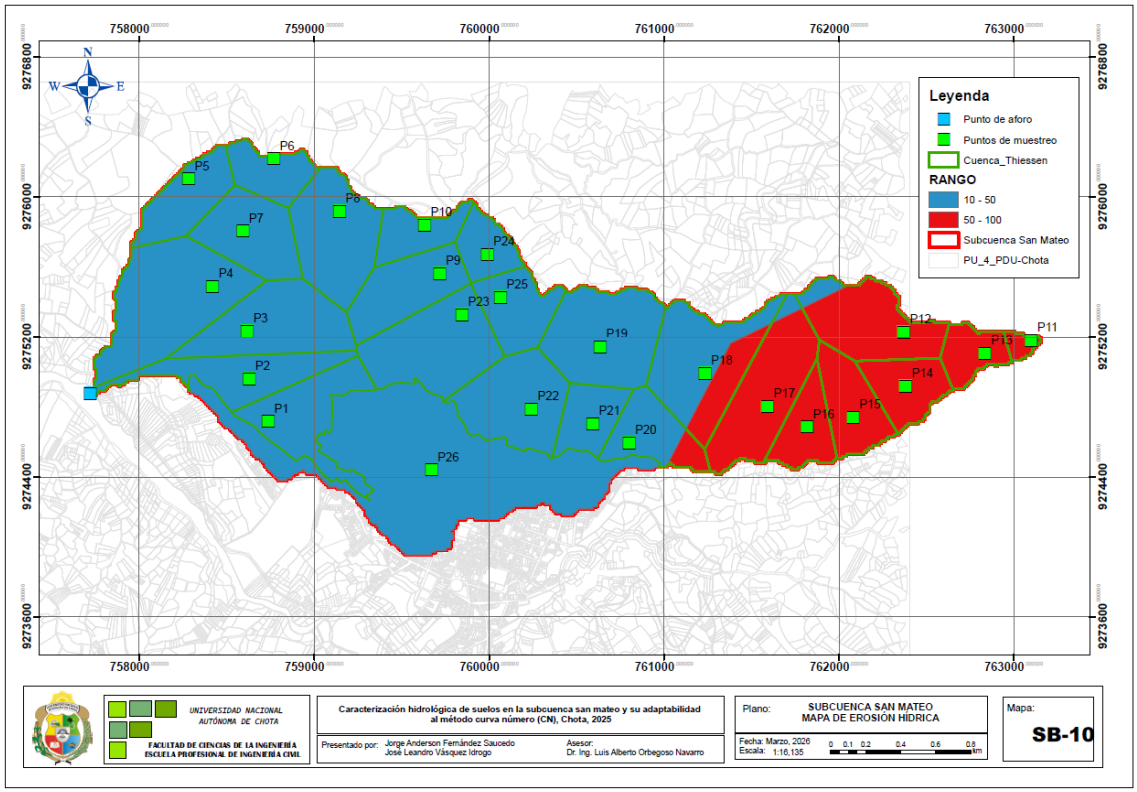
Tabla 66

Erosión hídrica del suelo de la subcuenca San Mateo

Erosión hídrica	Rango	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Moderada	10 - 50	497.58	4.98	80.14%
Severa	50 - 100	123.27	1.23	19.86%
Total		620.85	6.21	100.00%

Figura 46

Erosión hídrica del suelo de la subcuenca San Mateo



El riesgo de inundación moderado es el más representativo en la subcuenca San Mateo, con 252.18 ha (40.62 %), seguido de los sectores sin riesgo, con 137.23 ha (22.10 %), de los sectores con riesgo severo, con 116.80 ha (18.81 %) y de los sectores con riesgo ligero, con 114.65 ha (18.47 %). En conjunto, estos resultados indican que más de tres cuartas partes de la subcuenca presentan algún grado de exposición a inundaciones, lo que constituye una limitación relevante para la clasificación de tierras.

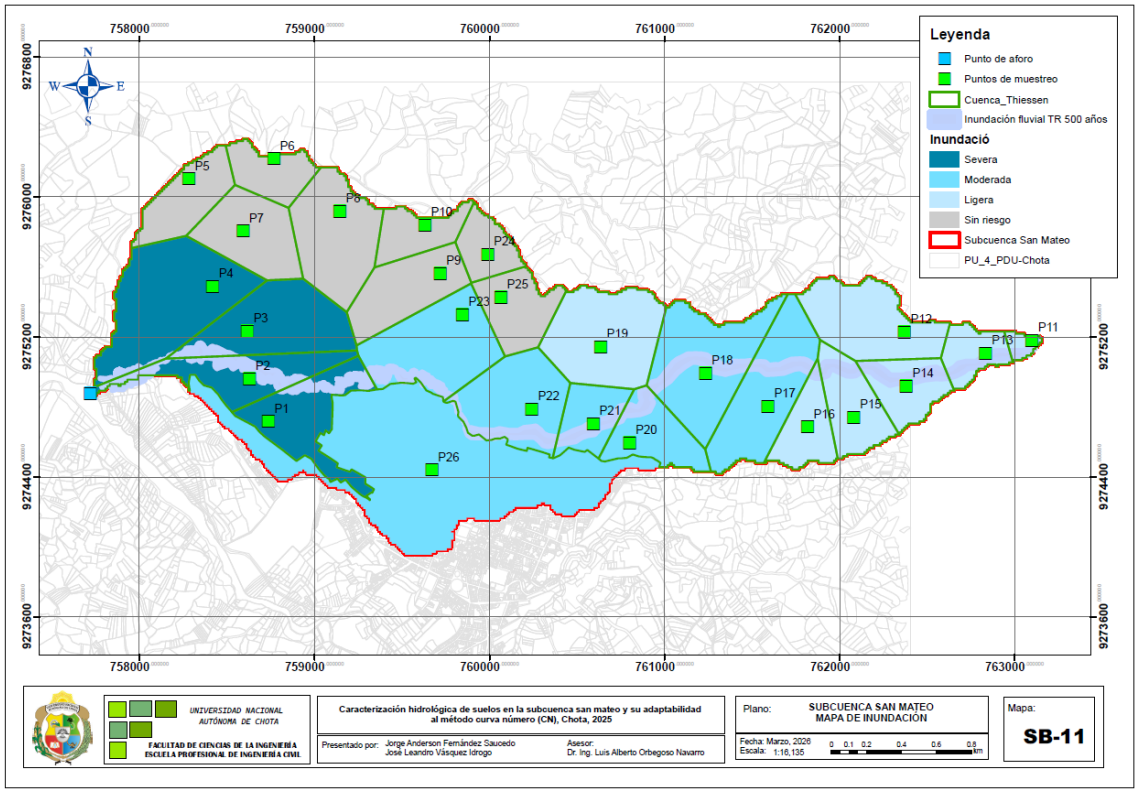
Tabla 67

Riesgo de inundación de la subcuenca San Mateo

Inundación	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Ligera	114.65	1.15	18.47%
Moderada	252.18	2.52	40.62%
Severa	116.80	1.17	18.81%
Sin riesgo	137.23	1.37	22.10%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 47

Riesgo de inundación de la subcuenca San Mateo



La fertilidad baja es la condición predominante en la subcuenca San Mateo, con 257.90 ha (41.54 %), seguida por la fertilidad media, con 148.92 ha (23.99 %), y la fertilidad alta, con 114.65 ha (18.47 %); además, el área urbana representa 99.38 ha (16.01 %). Estos resultados muestran que una porción importante del área presenta limitaciones edáficas asociadas a la disponibilidad natural de nutrientes, lo que reduce la aptitud agrícola de ciertos sectores.

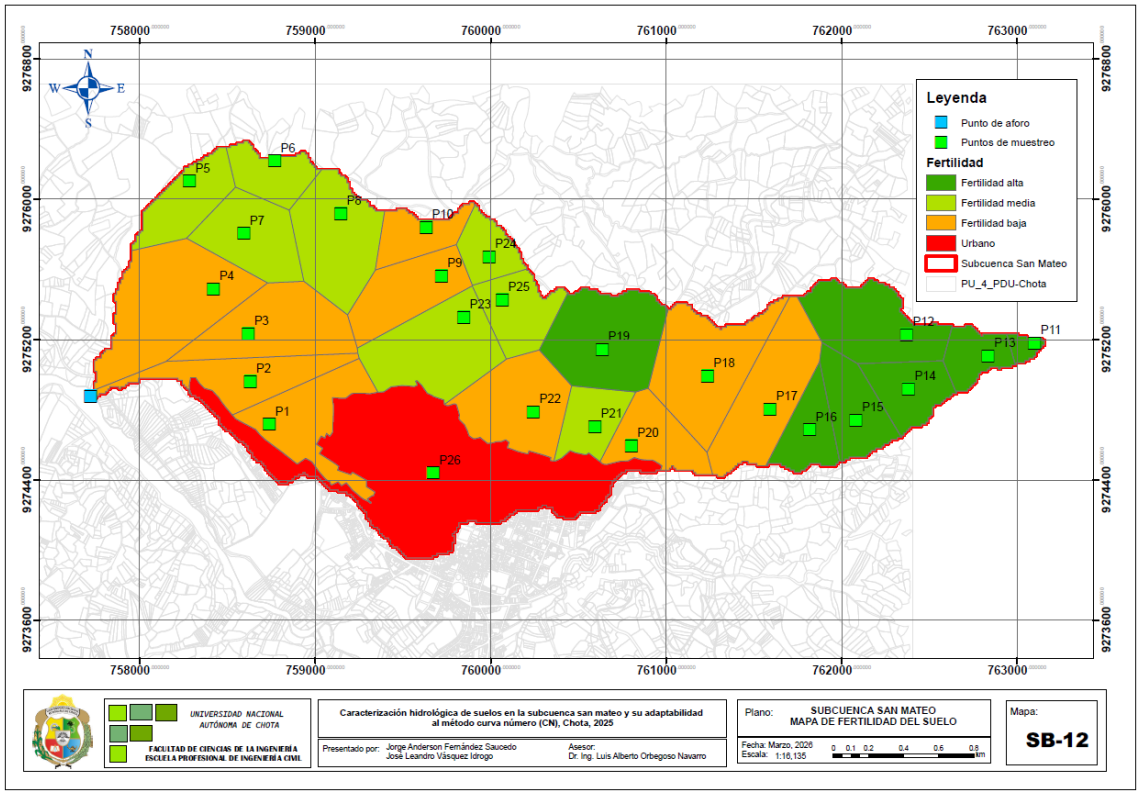
Tabla 68

Fertilidad del suelo de la subcuenca San Mateo

Fertilidad del suelo	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Alta	114.65	1.15	18.47%
Media	148.92	1.49	23.99%
Baja	257.90	2.58	41.54%
Urbano	99.38	0.99	16.01%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 48

Fertilidad del suelo de la subcuenca San Mateo



La categoría de vegetación más extensa correspondió al área basal 3, con 257.90 ha (41.54 %), seguida por el área basal 1, con 148.92 ha (23.99 %), y el área basal 2, con 114.65 ha (18.47 %); adicionalmente, el área urbana ocupó 99.38 ha (16.01 %). Estos resultados indican que en la subcuenca predominan coberturas vegetales con menor área basal, además, coexisten sectores de desarrollo intermedio y áreas urbanizadas.

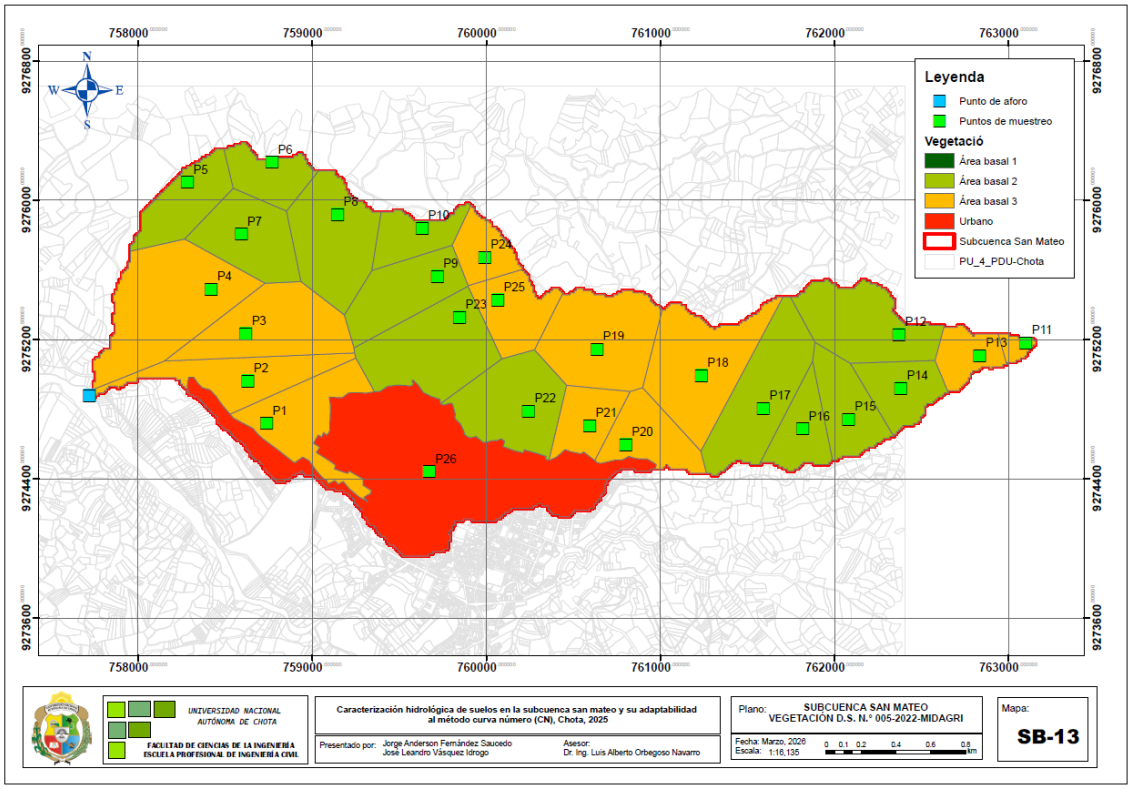
Tabla 69

Vegetación de la subcuenca San Mateo

Vegetación	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Área basal 3	257.90	2.58	41.54%
Área basal 2	114.65	1.15	18.47%
Área basal 1	148.92	1.49	23.99%
Urbano	99.38	0.99	16.01%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 49

Vegetación de la subcuenca San Mateo



Toda la subcuenca San Mateo se encuentra en una sola categoría climática, B(o,i)B'3 H3, que abarca la totalidad del área, con 620.85 ha (6.21 km²), equivalente al 100.00 %. Esto indica que el clima no introduce variabilidad espacial interna en el ámbito de estudio, por lo que las diferencias en la clasificación de tierras por capacidad de uso mayor dependen principalmente de factores edáficos, fisiográficos, hidrológicos y de cobertura vegetal. En consecuencia, el clima actúa como una condición constante en toda la subcuenca, mientras que las limitaciones y aptitudes específicas del terreno quedan definidas por los demás parámetros evaluados.

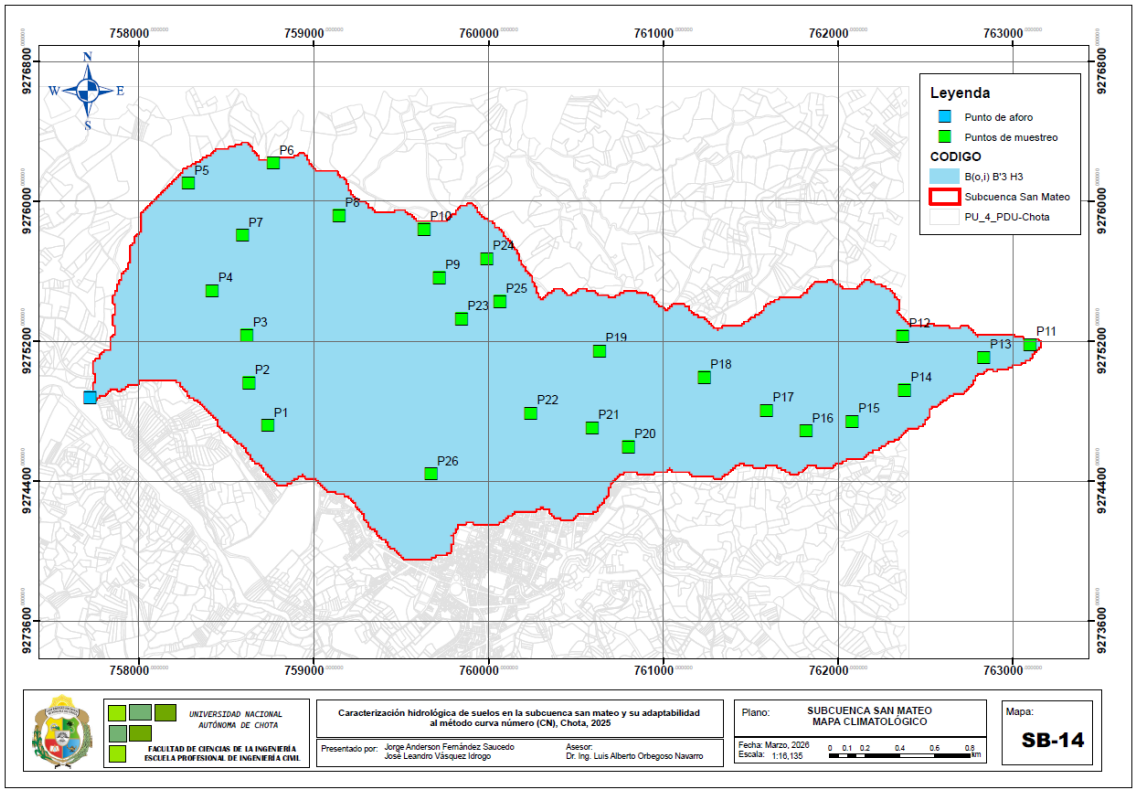
Tabla 70

Clima de la subcuenca San Mateo

Clima	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
B(o,i)B'3 H3	620.85	6.21	100.00%

Figura 50

Clima de la subcuenca San Mateo



c) Clasificación de tierras por CUM.

La capacidad de uso mayor predominante en la subcuenca San Mateo corresponde a tierras aptas para pastos, con 279.32 ha, equivalentes al 44.99 % del área total. En segundo lugar, se ubican las tierras de protección, con 129.04 ha (20.78 %), seguidas muy de cerca por las tierras aptas para cultivos permanentes, con 125.35 ha (20.19 %). Finalmente, las tierras con aptitud para producción forestal abarcan 87.15 ha (14.04 %). Estos resultados evidencian que la subcuenca presenta un claro predominio de tierras con vocación agropecuaria extensiva y de conservación, mientras que las áreas con aptitud agrícola más intensiva son menos representativas.

Desde el punto de vista territorial, la distribución de la CUM indica que la subcuenca San Mateo no está dominada por tierras aptas para el cultivo intensivo, sino por terrenos cuyas limitaciones físicas y edáficas condicionan un uso más restringido. El hecho de que casi la mitad del área corresponda a pastos sugiere la presencia de suelos y pendientes más compatibles con la cobertura herbácea y el uso pecuario que con la agricultura intensiva. Asimismo, el 20.78 % clasificado como protección revela la existencia de sectores con limitaciones marcadas, donde la prioridad debe orientarse a la conservación del suelo, la regulación hídrica y la prevención de procesos de degradación.

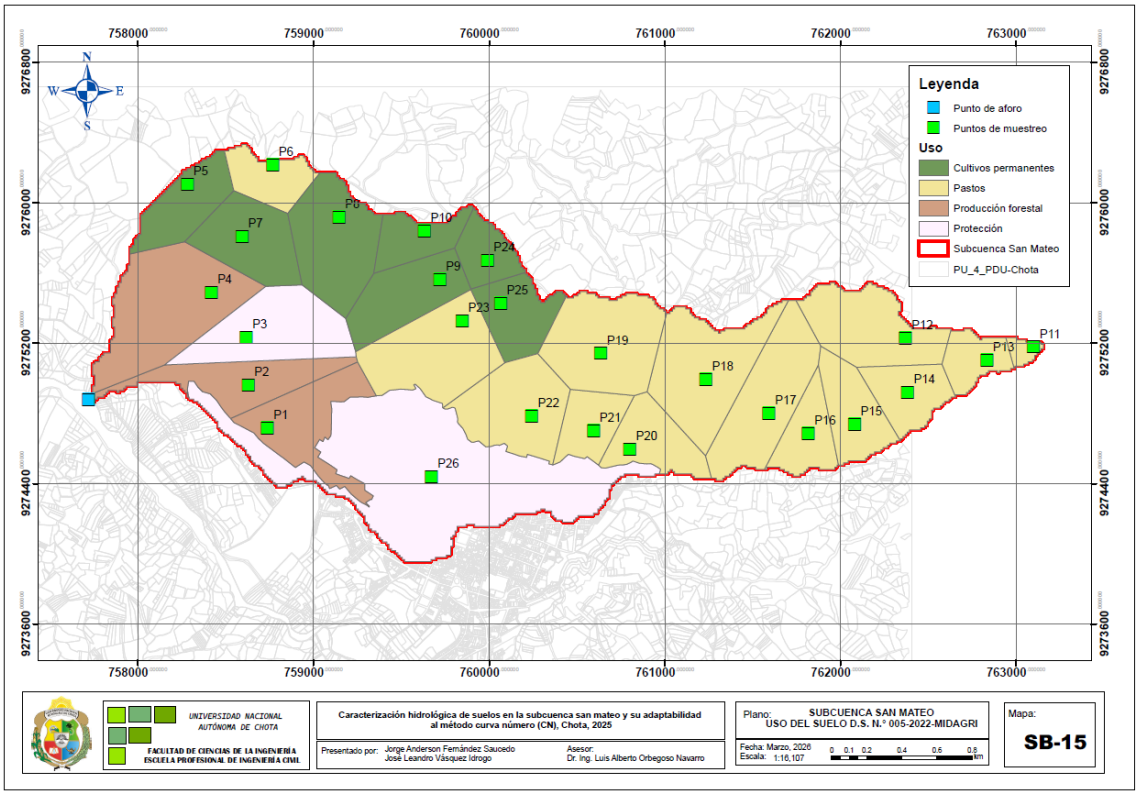
Tabla 71

Resumen de la capacidad de uso mayor de la subcuenca San Mateo

CUM	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
Cultivos permanentes	125.35	1.25	20.19%
Pastos	279.32	2.79	44.99%
Producción forestal	87.15	0.87	14.04%
Protección	129.04	1.29	20.78%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 51

Mapa de capacidad de uso mayor (CUM) de la subcuenca San Mateo.



La clasificación de tierras por capacidad de uso mayor en la subcuenca de San Mateo se determinó por la interacción de factores edáficos, topográficos e hidrológicos, más que por una sola limitación. En general, las pendientes de 8 % presentaron condiciones más favorables para usos productivos, mientras que las de 35 % y 50 % implicaron mayores restricciones por erosión, escorrentía y dificultad de manejo; asimismo, las diferencias en profundidad efectiva del suelo, que variaron entre 20 cm, 30 cm y 50 cm, y la presencia de texturas fina, media, moderadamente fina y moderadamente gruesa, reflejaron una base edáfica heterogénea. A ello se sumaron la variabilidad del drenaje, la pedregosidad superficial, los fragmentos rocosos, la erosión de moderada a severa, el riesgo de inundación y la fertilidad natural, lo que configuró subzonas con distintos niveles de aptitud.

Tabla 72

Parámetros de la capacidad de uso mayor de la subcuenca San Mateo

Subzona	Drenaje	CE salina (dS/m)	Inundación	Erosión hídrica	Microrelieve	Tipo pendiente	Pendiente (%)	Pedregosidad	Fragmentos rocosos	Profundidad efectiva (cm)	Textura	Fertilidad natural	Clima (1-3)
Subzona 1	Imperfecto	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 2	Imperfecto	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 3	Algo excesivo	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 4	Bueno	1.00	Severa	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 5	Moderado	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 6	Algo excesivo	1.00	Sin riesgo	Moderada	Microaccidentado	Larga	50.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 7	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 8	Moderado	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 9	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 10	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 11	Bueno	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 12	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 13	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 14	Imperfecto	1.00	Ligera	Severa	Plano	Larga	8.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 15	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 16	Bueno	1.00	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 17	Bueno	1.00	Moderada	Severa	Plano	Larga	8.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 18	Bueno	1.00	Moderada	Severa	Plano	Larga	8.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 19	Imperfecto	1.00	Ligera	Moderada	Plano	Larga	8.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	F	Alta	2
Subzona 20	Moderado	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 21	Bueno	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 22	Moderado	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 23	Algo excesivo	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MG	Media	2
Subzona 24	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 25	Imperfecto	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	F	Media	2

4.1.3. Infiltración básica del suelo

Los estadísticos descriptivos de la infiltración por textura del suelo evidencian que la respuesta de la infiltración dependió claramente de la clase textural. Las mayores medias se registraron en los suelos franco-arenosos (29.24 mm/h), seguidos por los francos (13.61 mm/h) y los franco-limosos (13.00 mm/h), lo que indica una mayor capacidad de transmisión del agua en texturas medias a moderadamente gruesas. En contraste, los valores promedio más bajos se observaron en los suelos arcillosos (3.20 mm/h) y en el área urbana (1.60 mm/h), lo que refleja una infiltración más restringida. Asimismo, los suelos franco-arcillosos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillo-arenosos presentaron valores intermedios, entre 6.00 y 6.14 mm/h, lo que confirma un comportamiento moderadamente limitado por la presencia de finos. En conjunto, estos resultados muestran que, a mayor proporción de arena o textura media, mayor fue la infiltración, mientras que las texturas finas tendieron a reducirla.

Tabla 73

Estadísticos descriptivos de infiltración por textura del suelo

Textura o condición superficial	n	Media (mm/h)	Mínimo (mm/h)	Q1 (mm/h)	Mediana (mm/h)	Q3 (mm/h)	Máximo (mm/h)
Franco arenoso	3	29.24	26	26	30	31.73	31.73
Franco	9	13.61	10	11.27	12	18	18
Franco limoso	2	13	12	—	13	—	14
Franco arcilloso	6	6.14	5.33	5.83	6	6.38	7.5
Franco arcillo arenoso	1	6	6	—	6	—	6
Franco arcillo limoso	1	6	6	—	6	—	6
Arcilla	5	3.2	1.33	2	3.33	4.34	4.67
Área urbana	1	1.6	1.6	—	1.6	—	1.6

Los estadísticos descriptivos de infiltración según la capacidad de uso mayor muestran que las mayores medias se observaron en las categorías Protección (31.73 mm/h) y Producción forestal (12.00 mm/h), mientras que los valores promedio más

bajos se registraron en Protección/área urbana (1.60 mm/h). Las tierras para pastos registraron una media de 10.81 mm/h, ligeramente superior a la de los cultivos permanentes (9.81 mm/h), lo que sugiere una capacidad de infiltración moderada en ambos casos. Sin embargo, la amplitud entre los valores mínimos y máximos revela una importante variabilidad interna, sobre todo en pastos y en producción forestal, donde coexistieron subzonas con infiltración lenta y otras con infiltración alta. Por tanto, la CUM se relacionó con el comportamiento de infiltración, pero no de manera uniforme, ya que dentro de una misma categoría coexistieron diferentes respuestas hidráulicas condicionadas por la textura y el estado físico del suelo.

Tabla 74

Estadísticos descriptivos de infiltración en función del CUM

Capacidad de uso mayor (CUM)	n	Media (mm/h)	Mínimo (mm/h)	Q1 (mm/h)	Mediana (mm/h)	Q3 (mm/h)	Máximo (mm/h)
Cultivos permanentes	7	9.81	4.67	6.00	10.00	12.00	18.00
Pastos	14	10.81	4.00	6.00	9.02	15.00	26.00
Producción forestal	3	12.00	2.67	2.67	3.33	30.00	30.00
Protección	1	31.73	31.73	—	31.73	—	31.73
Protección/área urbana	1	1.60	1.60	—	1.60	—	1.60

Los resultados del ensayo de infiltración por punto de muestreo muestran que la infiltración básica en la subcuenca San Mateo varió entre 1.33 mm/h y 31.73 mm/h, lo que evidencia una marcada heterogeneidad espacial. Los valores más altos se registraron en M-03 (31.73 mm/h), M-04 (30.00 mm/h) y M-23 (26.00 mm/h), asociados principalmente a texturas franco-arenosas, mientras que los más bajos se observaron en M-26B (1.33 mm/h), M-26 (1.60 mm/h), M-01 (3.33 mm/h) y M-02 (2.67 mm/h), vinculados a texturas arcillosas y a la condición de área urbana. En términos de clase de infiltración, predominaron las categorías moderadamente lenta y moderada, mientras que la clase lenta se concentró en suelos de textura arcillosa y en

el área urbana. La infiltración fue mayor en suelos de textura media a moderadamente gruesa y menor en suelos finos y en sectores con mayor alteración antrópica.

Tabla 75

Resultados del ensayo de infiltración por punto de muestreo

Punto	Textura USDA calculada	Infiltración básica (mm/h)	Infiltración básica (cm/h)	Clase de infiltración
M-01	Arcilla	3.33	0.33	Lenta
M-02	Arcilla	2.67	0.27	Lenta
M-03	Franco arenoso	31.73	3.17	Moderada
M-04	Franco arenoso	30.00	3.00	Moderada
M-05	Franco arcilloso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-06	Franco limoso	14.00	2.60	Moderada
M-07	Franco	10.00	1.00	Moderadamente lenta
M-08	Franco arcilloso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-09	Franco	18.00	1.80	Moderada
M-10	Franco	12.00	1.20	Moderadamente lenta
M-11	Franco	10.53	1.05	Moderadamente lenta
M-12	Franco arcillo limoso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-13	Franco arcilloso	5.33	0.53	Moderadamente lenta
M-14	Franco arcilloso	7.50	2.40	Moderada
M-15	Franco arcillo arenoso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-16	Franco	18.00	1.80	Moderada
M-17	Franco	12.00	1.20	Moderadamente lenta
M-18	Franco	12.00	1.20	Moderadamente lenta
M-19	Arcilla	4.00	0.40	Lenta
M-20	Franco arcilloso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-21	Franco	18.00	1.80	Moderada
M-22	Franco arcilloso	6.00	0.60	Moderadamente lenta
M-23	Franco arenoso	26.00	2.60	Moderada
M-24	Franco	12.00	1.20	Moderadamente lenta
M-25	Arcilla	4.67	0.47	Lenta
M-26	Área urbana	1.60	0.16	Lenta
M-26A	Franco limoso	12.00	3.20	Moderada
M-26B	Arcilla	1.33	0.13	Lenta

La infiltración básica evaluada en función de la CUM permitió diferenciar claramente tres grupos hidrológicos del suelo dentro de la subcuenca San Mateo: A, B y C, sin presencia del grupo D. Predominó el grupo A, asignado a 13 puntos, con infiltraciones mayores a 7.6 mm/h, seguido del grupo B en 10 puntos, con valores entre 3.8 y 7.6 mm/h, y del grupo C en 3 puntos, con valores entre 1.3 y 3.8 mm/h. Las tierras de protección presentaron la infiltración más alta, con 31.73 mm/h en el grupo A, mientras que la categoría Protección/área urbana registró una infiltración de 1.6 mm/h, correspondiente al grupo C. En las tierras para pastos y cultivos permanentes coexistieron los grupos A y B, lo que refleja una variabilidad importante en sus condiciones físicas. Por su parte, las tierras de producción forestal mostraron un comportamiento más contrastado, con dos puntos en el grupo C y uno en el grupo A.

Cabe recalcar que la asignación de los grupos hidrológicos no se basó únicamente en la clase textural, sino que se consideraron la respuesta hidráulica observada en los ensayos de infiltración, la condición superficial del suelo, la cobertura y uso del terreno, y las características físicas asociadas a cada punto evaluado. Por ello, aun cuando se identificaron texturas medias a finas en parte de la subcuenca, varios sectores fueron clasificados en el grupo hidrológico A debido a que presentaron tasas de infiltración básicas compatibles con una alta capacidad de transmisión de agua y un bajo potencial relativo de escorrentía. En cambio, los sectores con infiltración moderada, lenta o muy lenta fueron asignados a los grupos B, C o D, según corresponda.

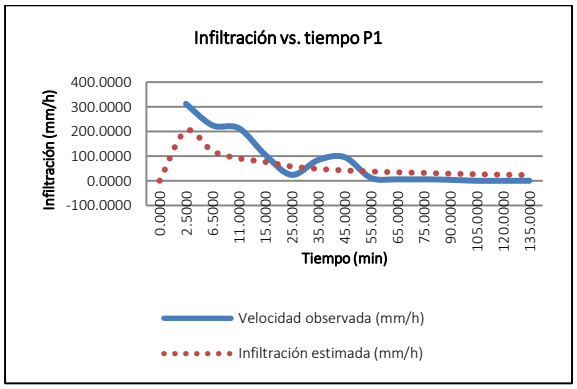
Tabla 76

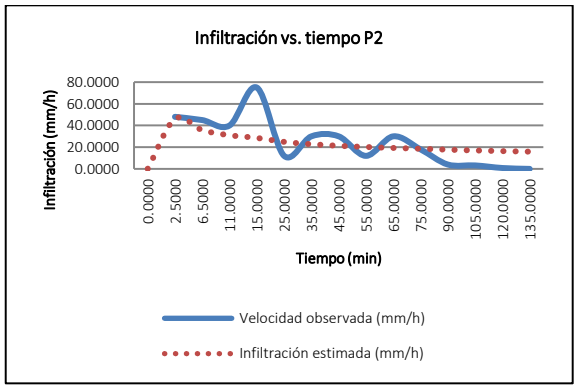
Infiltración por punto de muestreo en función de la CUM

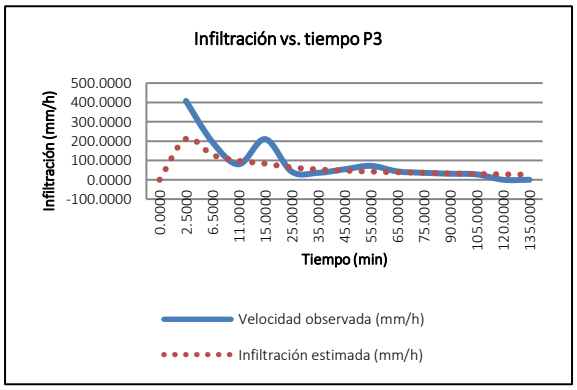
Punto	Tierras por capacidad de uso mayor (CUM)	Infiltración básica (mm/h)	Grupo hidrológico
M-01	Producción forestal	3.33	C (1.3–3.8 mm/h)
M-02	Producción forestal	2.67	C (1.3–3.8 mm/h)
M-03	Protección	31.73	A (> 7.6 mm/h)
M-04	Producción forestal	30	A (> 7.6 mm/h)
M-05	Cultivos permanentes	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-06	Pastos	14	A (> 7.6 mm/h)
M-07	Cultivos permanentes	10	A (> 7.6 mm/h)
M-08	Cultivos permanentes	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-09	Cultivos permanentes	18	A (> 7.6 mm/h)
M-10	Cultivos permanentes	12	A (> 7.6 mm/h)
M-11	Pastos	10.53	A (> 7.6 mm/h)
M-12	Pastos	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-13	Pastos	5.33	B (3.8–7.6 mm/h)
M-14	Pastos	7.5	B (3.8–7.6 mm/h)
M-15	Pastos	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-16	Pastos	18	A (> 7.6 mm/h)
M-17	Pastos	12	A (> 7.6 mm/h)
M-18	Pastos	12	A (> 7.6 mm/h)
M-19	Pastos	4	B (3.8–7.6 mm/h)
M-20	Pastos	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-21	Pastos	18	A (> 7.6 mm/h)
M-22	Pastos	6	B (3.8–7.6 mm/h)
M-23	Pastos	26	A (> 7.6 mm/h)
M-24	Cultivos permanentes	12	A (> 7.6 mm/h)
M-25	Cultivos permanentes	4.67	B (3.8–7.6 mm/h)
M-26	Protección/ área urbana	1.6	C (1.3–3.8 mm/h)

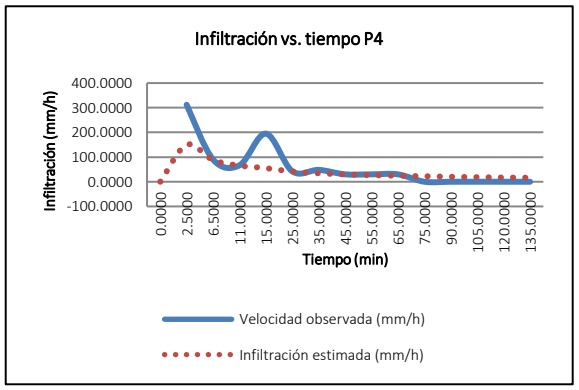
Figura 52

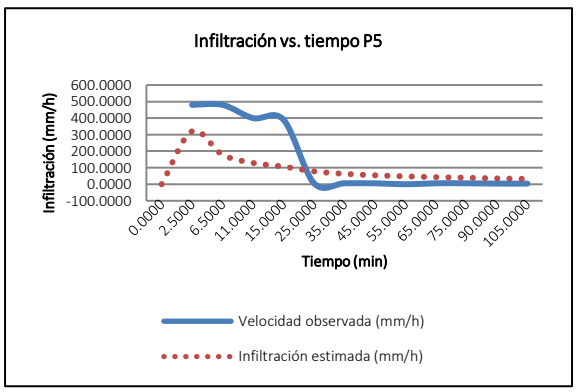
Curvas de infiltración vs. – tiempo en los puntos evaluados P1 – P8

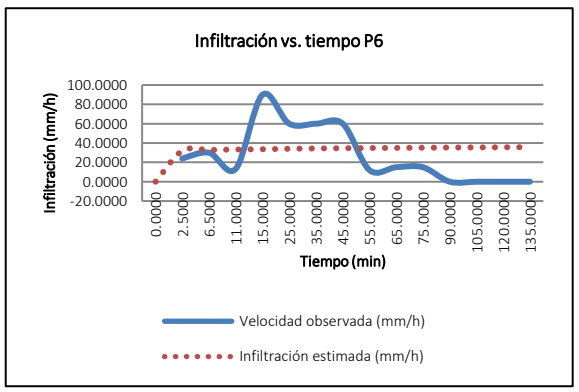


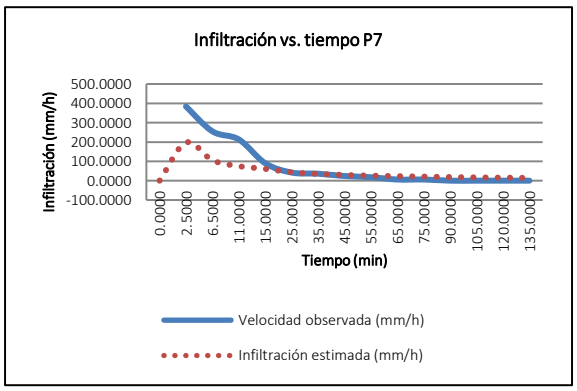












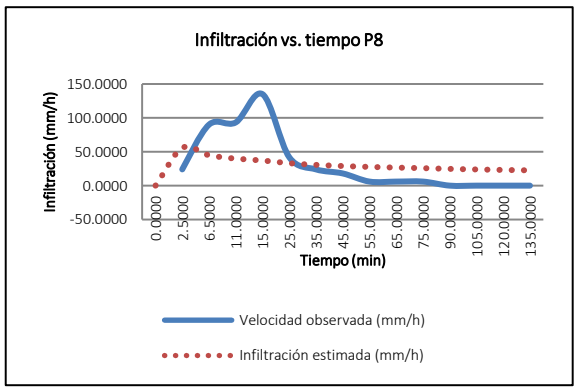


Figura 53

Curvas de infiltración vs. – tiempo en los puntos evaluados P9 – P16

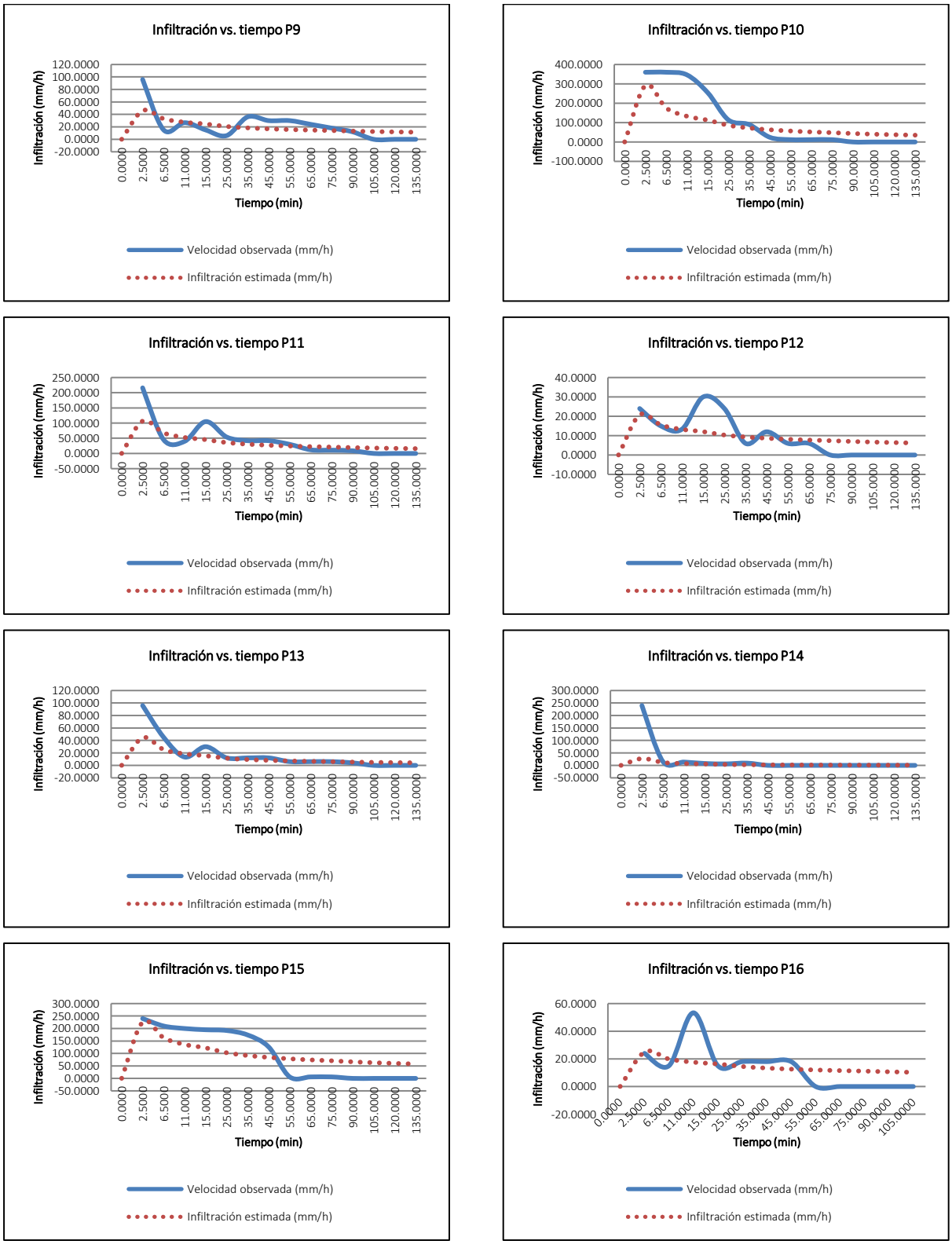


Figura 54

Curvas de infiltración vs. – tiempo en los puntos evaluados P17 – P24

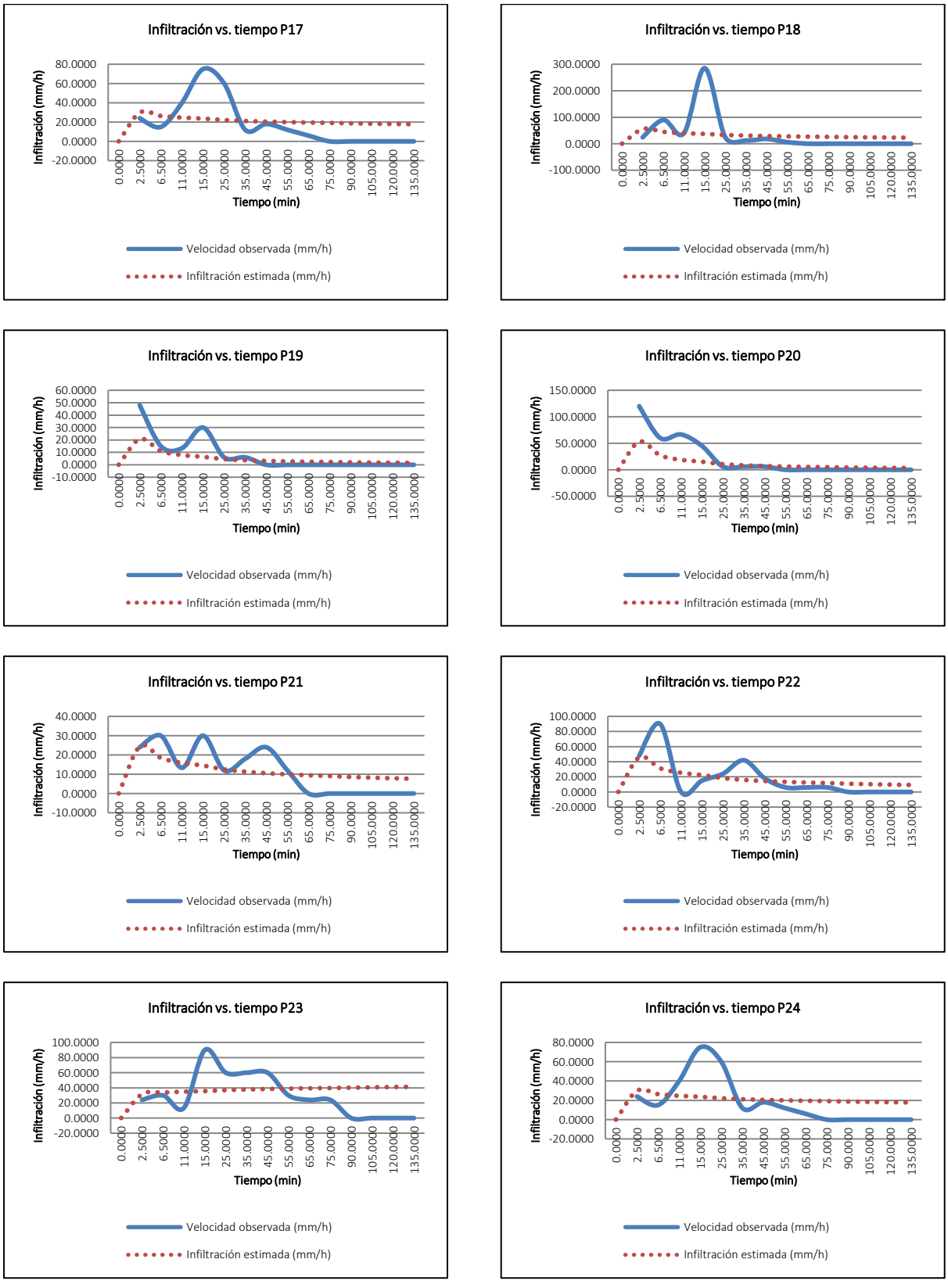


Figura 55

Curvas de lámina de infiltración acumulada vs. – tiempo en los puntos evaluados P25 – P26

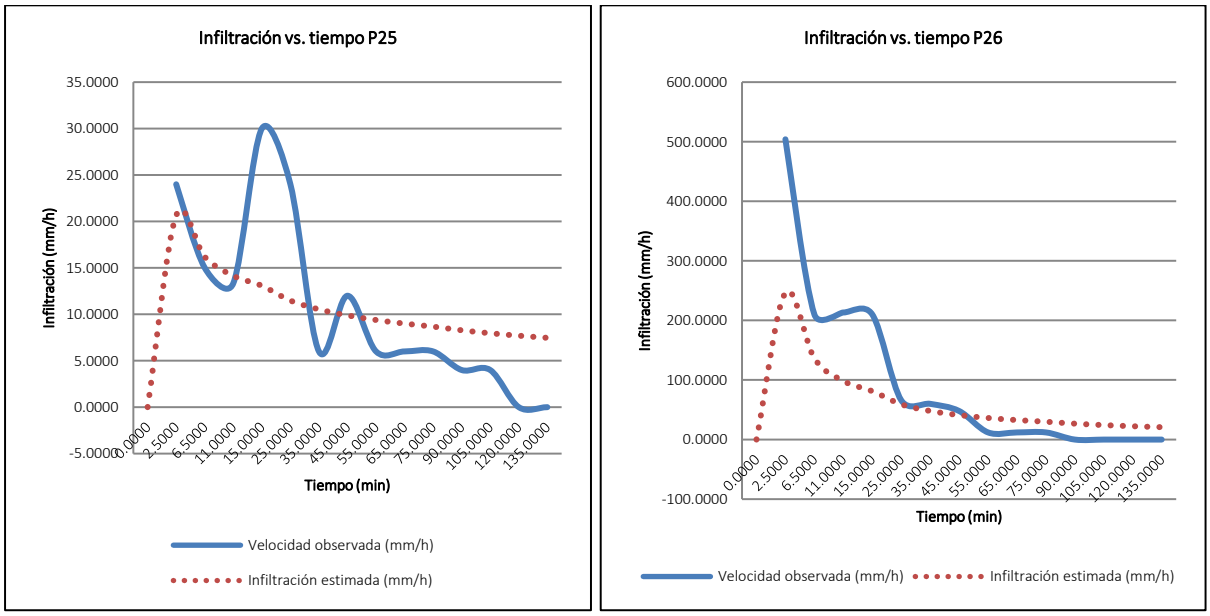
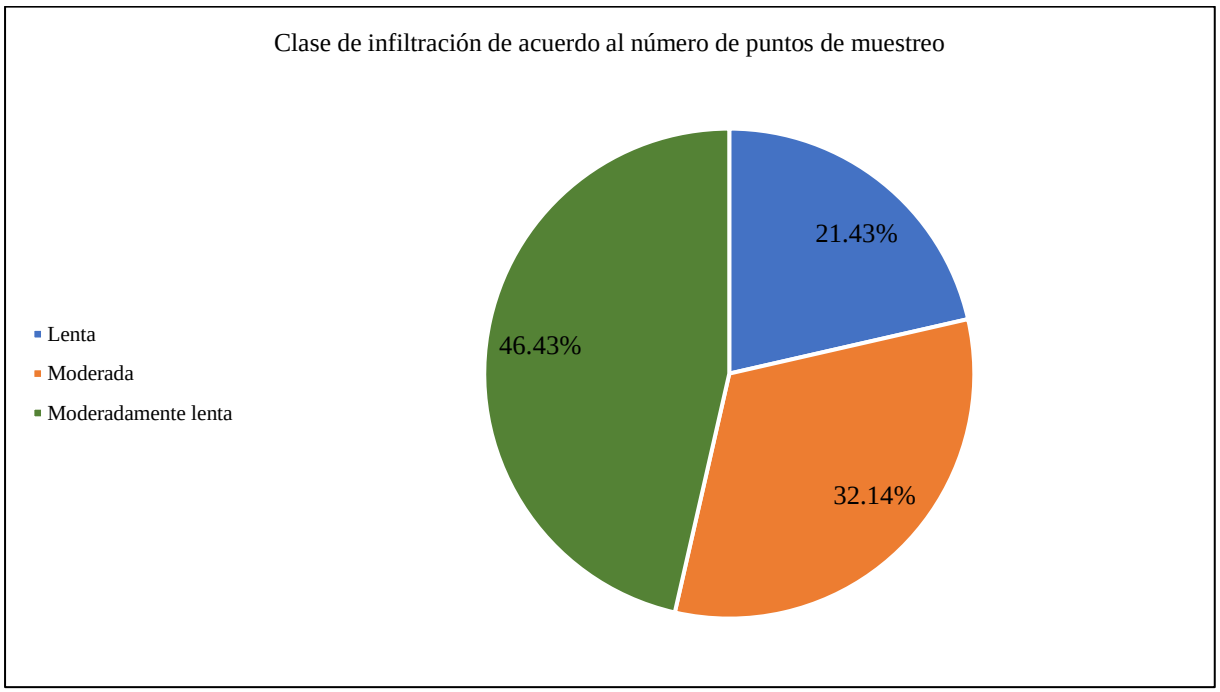


Figura 56

Clase de infiltración de acuerdo al número de puntos de muestreo



4.1.4. Clasificación y asignación de grupos hidrológicos

En la subcuenca San Mateo predomina el grupo hidrológico A, con 493.09 ha, equivalentes al 79.42% del área total, lo que indica que la mayor parte de la subcuenca presenta suelos con alta capacidad de infiltración y bajo potencial de escorrentía. El grupo B, con 116.70 ha (18.80%), presenta suelos con infiltración moderadamente alta. Los grupos C y D, con 10.53 ha (1.70%) y 0.54 ha (0.09%), respectivamente, aunque escasos, agrupan suelos con infiltración lenta o muy lenta.

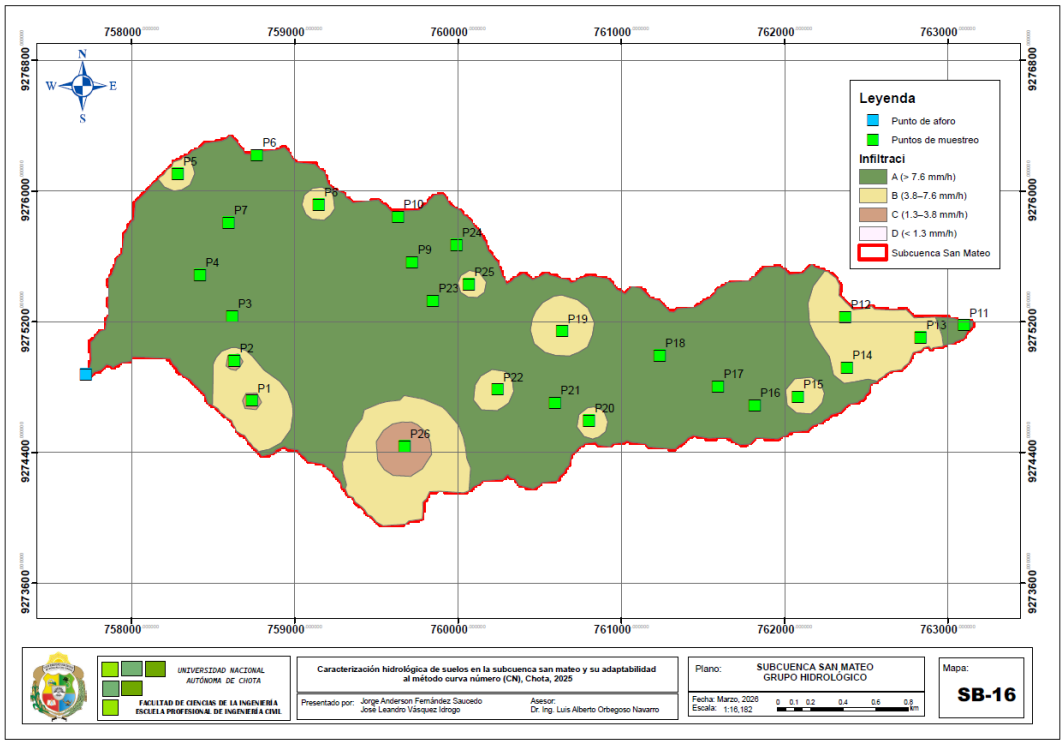
Tabla 77

Distribución de los grupos hidrológicos del suelo en la subcuenca San Mateo

Grupo hidrológico	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje (%)
A (> 7.6 mm/h)	493.09	4.93	79.42%
B (3.8–7.6 mm/h)	116.70	1.17	18.80%
C (1.3–3.8 mm/h)	10.53	0.11	1.70%
D (< 1.3 mm/h)	0.54	0.01	0.09%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 57

Mapa de grupos hidrológicos del suelo de la subcuenca San Mateo



4.1.5. Curva Número (CN) de la subcuenca San Mateo

La determinación del CN base se sustentó en la conformación de unidades homogéneas definidas por la combinación de la capacidad de uso mayor (CUM) y el grupo hidrológico del suelo. La categoría más representativa fue Pastos: agrícola-pastizal / pastizal intervenido, con 281.44 ha (45.33%), seguida de Protección: residencial 1/8 acre o menos, con 129.04 ha (20.78%), y de Cultivos permanentes: tierra cultivada general, con 125.35 ha (20.19%); en menor proporción se presentó la categoría Producción forestal: cultivos densos / prados, con 85.02 ha (13.69%). Asimismo, en todas las categorías predominó el grupo hidrológico A, especialmente en cultivos permanentes y pastos, lo que evidencia que gran parte de la subcuenca presenta condiciones favorables para la infiltración.

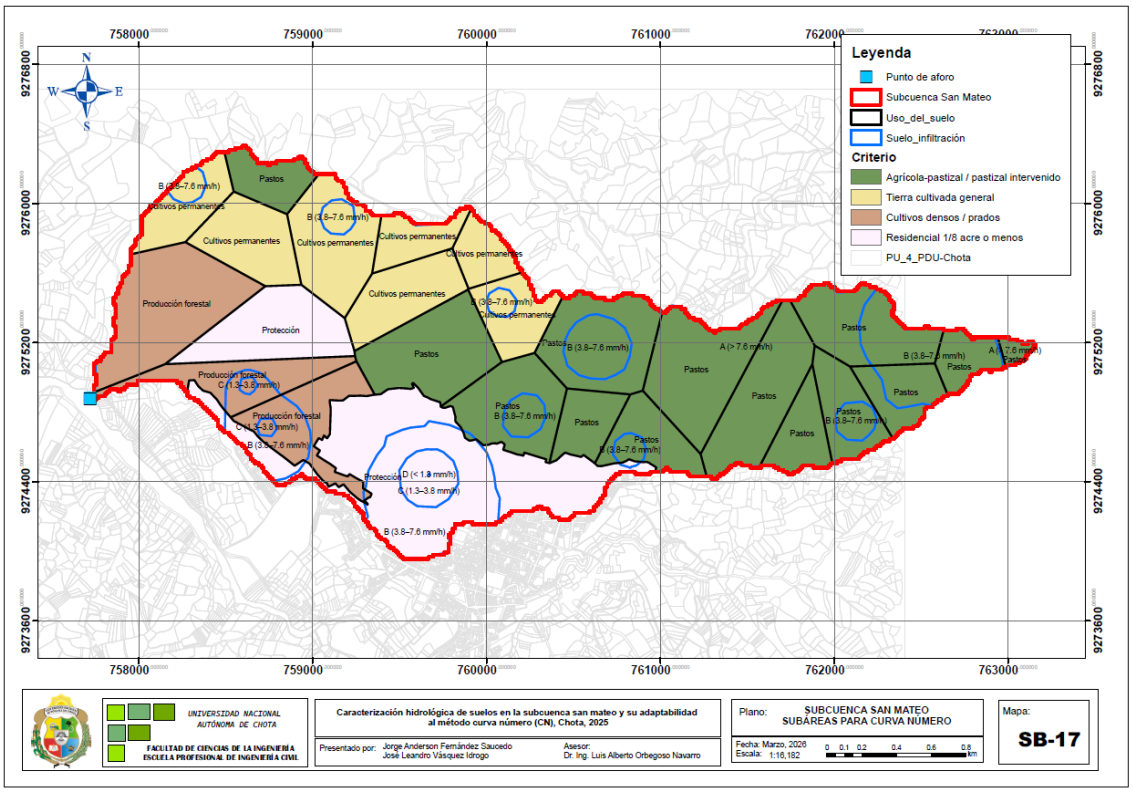
Tabla 78

Unidades homogéneas para la determinación del CN base

CUM y grupo hidrológico	Área (ha)	Área (km2)	Porcentaje
Cultivos permanentes: Tierra cultivada general	125.35	1.25	20.19%
A (> 7.6 mm/h)	116.63	1.17	18.79%
B (3.8–7.6 mm/h)	8.72	0.09	1.41%
Pastos: Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	281.44	2.81	45.33%
A (> 7.6 mm/h)	226.92	2.27	36.55%
B (3.8–7.6 mm/h)	54.52	0.55	8.78%
Producción forestal: Cultivos densos / prados	85.02	0.85	13.69%
A (> 7.6 mm/h)	69.03	0.69	11.12%
B (3.8–7.6 mm/h)	14.32	0.14	2.31%
C (1.3–3.8 mm/h)	1.66	0.02	0.27%
Protección: Residencial 1/8 acre o menos	129.04	1.29	20.78%
A (> 7.6 mm/h)	78.37	0.78	12.62%
B (3.8–7.6 mm/h)	41.80	0.42	6.73%
C (1.3–3.8 mm/h)	8.87	0.09	1.43%
D (< 1.3 mm/h)	0.01	0.00	0.00%
Total	620.85	6.21	100.00%

Figura 58

Unidades homogéneas para la determinación del CN base



La Tabla 72 presenta el procedimiento para el cálculo del CN ponderado, a partir del producto del área de cada unidad homogénea por el valor de CN asignado según el criterio de selección adoptado. Los valores más altos de CN se asociaron a la categoría Protección: residencial de 1/8 de acre o menos, alcanzando 92 para el grupo D, 90 para el grupo C y 85 para el grupo B, lo que refleja un mayor potencial de escorrentía en áreas con menor infiltración o mayor intervención superficial. En contraste, los valores más bajos se asignaron a Producción forestal en el grupo A (CN = 66) y a Cultivos permanentes y Pastos en el grupo A (CN = 72). Esto muestra una relación inversa entre la capacidad de infiltración y el valor del CN: a medida que el grupo hidrológico pasó de A a D, el número de la curva aumentó progresivamente. Asimismo, el mayor peso en el cálculo final correspondió a las unidades de pastos y de protección, debido a su mayor participación en el área de la subcuenca.

Tabla 79

Cálculo del CN ponderado de la subcuenca San Mateo

Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección
Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.60	85	50.97	Residencial 1/8 acre o menos
Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.16	77	12.24	Cultivos densos / prados
Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.17	77	13.02	Cultivos densos / prados
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.05	81	4.34	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.74	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	10.97	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.26	81	20.76	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.08	81	6.75	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	5.06	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	8.21	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	7.82	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.34	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	8.22	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	4.75	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.12	81	9.48	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.07	81	5.77	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	7.83	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	5.11	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.15	81	12.38	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.03	81	2.57	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	0.09	72	6.55	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.18	81	14.54	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	4.80	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	1.62	72	116.64	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.00	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.31	85	26.56	Residencial 1/8 acre o menos
Protección	D (< 1.3 mm/h)	D	0.01	92	0.58	Residencial 1/8 acre o menos
Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	5.47	85	465.27	Residencial 1/8 acre o menos
Protección	C (1.3–3.8 mm/h)	C	8.87	90	797.86	Residencial 1/8 acre o menos
Protección	A (> 7.6 mm/h)	A	48.72	77	3751.15	Residencial 1/8 acre o menos
Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	35.41	85	3009.87	Residencial 1/8 acre o menos
Producción forestal	C (1.3–3.8 mm/h)	C	0.74	85	63.02	Cultivos densos / prados
Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.68	77	360.24	Cultivos densos / prados
Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	15.44	66	1018.95	Cultivos densos / prados
Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	40.46	66	2670.03	Cultivos densos / prados
Producción forestal	C (1.3–3.8 mm/h)	C	0.92	85	78.20	Cultivos densos / prados
Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	9.12	77	702.15	Cultivos densos / prados

Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección
Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	13.14	66	867.26	Cultivos densos / prados
Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.20	77	15.04	Cultivos densos / prados
Protección	A (> 7.6 mm/h)	A	29.66	77	2283.50	Residencial 1/8 acre o menos
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	21.16	72	1523.51	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.18	81	176.86	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	13.66	72	983.65	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.93	81	237.44	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	13.43	72	967.08	Tierra cultivada general
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	11.74	72	845.31	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	21.63	72	1557.49	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	12.67	81	1026.66	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	14.01	72	1008.45	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	3.12	81	253.05	Tierra cultivada general
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	25.57	72	1841.23	Tierra cultivada general
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.50	81	202.43	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	13.80	72	993.53	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.84	81	391.69	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	22.36	72	1609.86	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.21	81	17.02	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.69	72	913.43	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.32	72	887.34	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	31.78	72	2288.41	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	30.69	72	2209.52	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	11.11	72	800.10	Tierra cultivada general
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	34.04	72	2450.63	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	7.98	81	646.73	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	6.14	72	442.31	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	11.27	81	913.15	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	20.92	72	1506.39	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.16	81	337.05	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.39	72	891.86	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	2.11	72	152.19	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	10.06	72	724.22	Tierra cultivada general
Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	0.22	72	15.88	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido
Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	9.22	81	746.99	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido

El CN medio ponderado por uso/CUM evidencia que la categoría con mayor valor fue Protección, con un CN medio de 80.49, seguida de Pastos con 73.74, Cultivos permanentes con 72.63 y, finalmente, Producción forestal con 68.22. Estos resultados indican que las áreas clasificadas como de protección presentan el mayor potencial de escorrentía relativa, lo cual es coherente con la presencia en esa categoría de grupos hidrológicos más restrictivos y de sectores residenciales. Por el contrario, la producción forestal mostró el menor CN medio, lo que confirma un comportamiento hidrológico más favorable para la infiltración. En términos comparativos, la diferencia entre el valor más alto y el más bajo fue de 12.27 unidades de CN, lo que pone en evidencia una variabilidad importante del potencial de escorrentía entre los distintos usos del suelo presentes en la subcuenca.

Tabla 80

CN ponderado por uso/CUM del suelo de la subcuenca San Mateo

Resumen por uso/CUM	Área (ha)	Participación	Área x CN	CN medio ponderado
Cultivos permanentes	125.35	20.19%	9103.92	72.63
Pastos	281.44	45.33%	20754.20	73.74
Producción forestal	85.02	13.69%	5800.16	68.22
Protección	129.04	20.78%	10385.75	80.49

El CN medio ponderado por grupo hidrológico del suelo muestra una clara relación con el número de la curva. El grupo A, que ocupó 490.96 ha (79.08 %), presentó un CN medio ponderado de 71.95; el grupo B, con 119.36 ha (19.23 %), registró un valor de 81.92; el grupo C, con 10.53 ha (1.70 %), alcanzó 89.21; y el escaso grupo D, con 0.01 ha, obtuvo 92.00. Estos resultados confirman que el CN aumenta a medida que disminuye la capacidad de infiltración del suelo, pasando de valores más bajos en los suelos altamente permeables del grupo A a valores más altos en los grupos

C y D, donde el potencial de escorrentía es mayor. Además, la amplia dominancia de área del grupo A explica que el valor representativo final de la subcuenca no sea excesivamente alto, a pesar de la presencia localizada de grupos más restrictivos.

Tabla 81

CN ponderado por grupo hidrológico del suelo de la subcuenca San Mateo

Resumen por grupo hidrológico	Área (ha)	Participación	Área x CN	CN medio ponderado
A	490.96	79.08%	35326.49	71.95
B	119.36	19.23%	9777.89	81.92
C	10.53	1.70%	939.07	89.21
D	0.01	0.00%	0.58	92.00

El valor representativo del CN ponderado de la subcuenca San Mateo fue 74.16, obtenido a partir de un área total de 620.85 ha y una suma de 46044.03 área × CN. Este valor resume el comportamiento hidrológico medio de toda la subcuenca bajo condiciones normales previas y representa un potencial de escorrentía moderado, coherente con la combinación observada de grupos hidrológicos, usos del suelo y capacidad de infiltración. Además, este resultado se sitúa dentro del rango referencial previamente establecido para condiciones normales, lo que refuerza su consistencia técnica como valor representativo de la subcuenca. En consecuencia, el CN = 74.16 constituye el principal aporte metodológico de la investigación para la estimación local del parámetro de escorrentía en esta unidad hidrográfica.

Tabla 82

Valor representativo del CN ponderado de la subcuenca San Mateo

Cálculo de control	Valor
Área total (ha)	620.85
Suma área x CN	46044.03
CN control	74.16

El número de curva de la subcuenca San Mateo varió según la condición de humedad previa. En condición seca (CN-I), el valor ajustado fue de 55.72, lo que indica una menor generación de escorrentía y una mayor capacidad de abstracción e infiltración del suelo. En condición promedio (CN-II), el valor adoptado fue de 74.16, lo que representa el comportamiento medio de la subcuenca. Finalmente, en condición húmeda (CN-III), el CN se incrementó hasta 87.05, lo que refleja un escenario de mayor generación de escorrentía superficial. La diferencia entre las condiciones seca y húmeda fue de 31.33 unidades de CN, lo que demuestra una alta sensibilidad del parámetro al contenido previo de humedad del suelo. Este comportamiento confirma que la condición antecedente debe considerarse en la modelación hidrológica, especialmente en subcuencas altoandinas.

Tabla 83

Ajuste del número de curva a condiciones húmedas y secas

Condición antecedente	Descripción	CN	Interpretación
CN-I	Condición seca	55.72	Menor generación de escorrentía
CN-II	Condición promedio	74.16	Condición promedio adoptada
CN-III	Condición húmeda	87.05	Mayor generación de escorrentía

Figura 59

Gráfico comparativo simple de CN-I, CN-II y CN-III

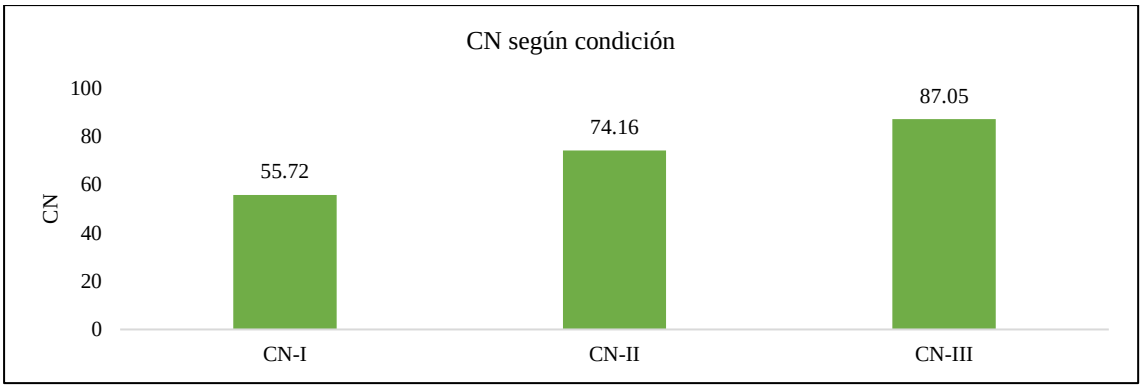


Figura 60

Mapa del número de curva (CN) base de la subcuenca San Mateo

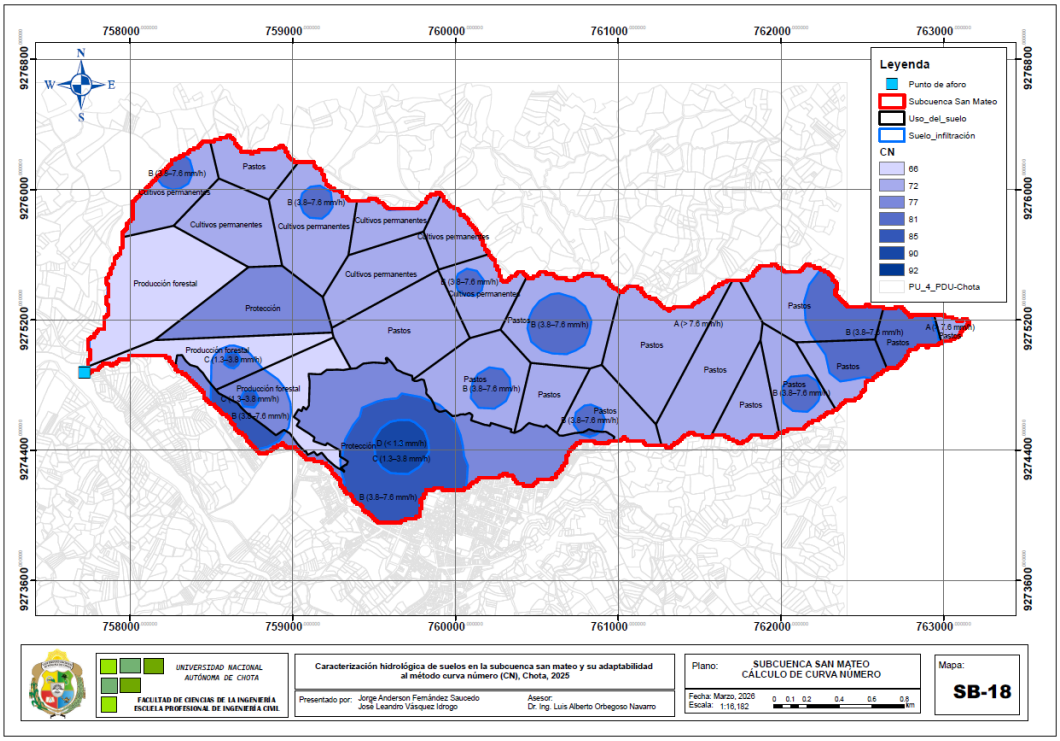
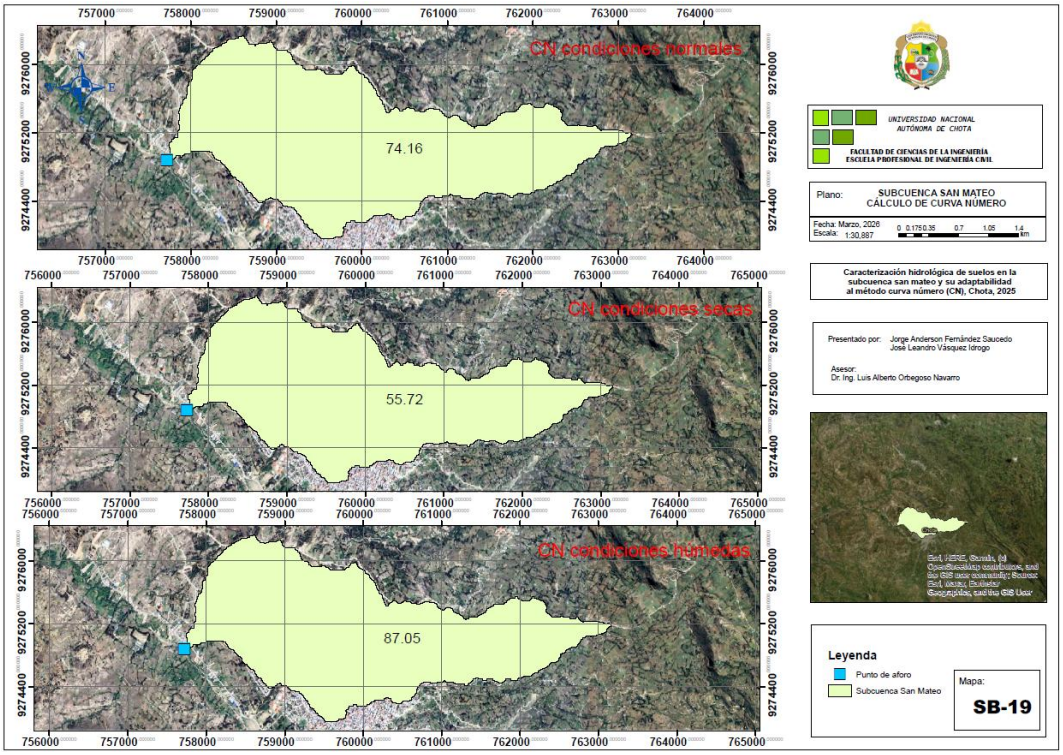


Figura 61

CN ajustado a condiciones normales, secas y húmedas de la subcuenca San Mateo



4.1.6. Verificación hidrológica indirecta del CN ponderado mediante precipitación efectiva, volumen escurrido y comparación con método racional

Los parámetros derivados del método CN para las tres condiciones de humedad evaluadas anteriormente. Se observa que, a medida que el número de curva aumenta de 55.72 en condición seca a 74.16 en condición normal y 87.05 en condición húmeda, la retención potencial máxima (S) disminuye de 201.85 mm a 88.49 mm y 37.79 mm, respectivamente; del mismo modo, la abstracción inicial (Ia) se reduce de 40.37 mm a 17.70 mm y 7.56 mm, respectivamente. Estos resultados indican que, en condición seca, la subcuenca tiene mayor capacidad de almacenamiento y mayores pérdidas iniciales antes de generar escorrentía, mientras que en condición húmeda esa capacidad se reduce notablemente, lo que favorece una respuesta más rápida del escurrimiento superficial. En consecuencia, el valor de CN-II = 74.16 corresponde a una condición intermedia, coherente con el comportamiento promedio de la subcuenca.

Tabla 84

Parámetros derivados del método CN

CN	CN-I	CN-II	CN-III
Condición	Seca	Normal	Húmeda
CN	55.72	74.16	87.05
S (mm)	201.85	88.49	37.79
Ia = 0.20 S (mm)	40.37	17.70	7.56

Las precipitaciones máximas de diseño estimadas mediante la distribución Log-Pearson tipo III aumentan progresivamente con el periodo de retorno, desde 50.71 mm para Tr = 2 años hasta 105.27 mm para Tr = 500 años. Este incremento confirma que los eventos de mayor rareza se asocian con láminas de lluvia más intensas, lo que se traduce en una mayor probabilidad de generar escorrentías significativas en la subcuenca. En términos hidrológicos, esta tabla constituye la base para verificar la

respuesta del CN ponderado frente a tormentas de distinta magnitud y permite comprobar si el valor adoptado representa adecuadamente el comportamiento del área de estudio en escenarios de diseño crecientes.

Tabla 85

Precipitaciones máximas de diseño estimadas mediante la distribución Log-Pearson tipo III para la estación Chota

Periodo de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	50.71
5	0.200	58.87
10	0.1	66.25
20	0.050	73.27
30	0.033	77.30
50	0.020	82.35
80	0.013	87.00
100	0.010	89.21
140	0.007	92.55
175	0.006	94.78
200	0.005	96.08
500	0.005	105.27

La escorrentía directa estimada mediante el método SCS-CN aumentó de forma progresiva a medida que aumentaba el periodo de retorno. Para Tr = 2 años, se obtuvo una escorrentía de 8.97 mm, mientras que para Tr = 500 años, alcanzó 43.56 mm. Asimismo, el cociente Q/P pasó de 0.177 a 0.414, lo que indica que el porcentaje de precipitación transformado en escorrentía también aumentó con la magnitud del evento. Estos resultados demuestran que el CN-II = 74.16 responde de forma hidrológicamente consistente: ante lluvias más intensas, la proporción de agua que supera las abstracciones iniciales y la capacidad de retención del suelo aumentan, lo que genera volúmenes crecientes de escurrimiento superficial.

Tabla 86

Escorrentía directa estimada mediante el método SCS-CN

Tr (años)	P máx 24 h (mm)	(S) (mm)	(I_a) (mm)	Escorrentía directa (Q) (mm)	(Q/P)
2	50.71	88.49	17.70	8.97	0.177
5	58.87	88.49	17.70	13.07	0.222
10	66.25	88.49	17.70	17.20	0.260
20	73.27	88.49	17.70	21.44	0.293
50	82.35	88.49	17.70	27.29	0.331
100	89.21	88.49	17.70	31.96	0.358
500	105.27	88.49	17.70	43.56	0.414

El volumen de escorrentía directa aproximado asociado a cada periodo de retorno, calculado a partir de la escorrentía directa estimada y del área total de la subcuenca. Considerando un área de 620.85 ha (6,208,500 m²), los volúmenes resultantes aumentan de aproximadamente 55,690.25 m³ para Tr = 2 años a 270,442.26 m³ para Tr = 500 años. Este comportamiento confirma que el aumento de la lámina de escorrentía genera una respuesta volumétrica importante en la subcuenca, lo que refuerza la utilidad del CN ponderado como parámetro para estimar el escurrimiento total esperado ante tormentas de diferentes frecuencias.

Tabla 87

Volumen escurrido aproximado por periodo de retorno

Tr (años)	Escorrentía directa (Q) (mm)	Área de la subcuenca (m²)	Volumen escurrido aprox. (m³)
2	8.97	6208466.44	55689.94
5	13.07	6208466.44	81144.66
10	17.20	6208466.44	106785.62
20	21.44	6208466.44	133109.52
50	27.29	6208466.44	169429.05
100	31.96	6208466.44	198422.59
500	43.56	6208466.44	270440.80

La comparación referencial entre el coeficiente C del método racional modificado y la relación de escorrentía Q/P del método SCS-CN mostró que la respuesta hidrológica varió con el periodo de retorno. Para Tr=10 años, la relación Q/P fue 0.242, equivalente a un valor 25.54 % menor que el coeficiente C=0.325, lo que indicó una menor proporción de precipitación convertida en escorrentía directa mediante el SCS-CN. Para Tr=50 años, los indicadores fueron cercanos, con valores de 0.313 y 0.325 y una diferencia relativa de apenas 3.69 %, lo que evidencia una respuesta hidrológica semejante en eventos intermedios.

En cambio, para los periodos de retorno de 140 y 500 años, la relación Q/P aumentó hasta 0.352 y 0.396, respectivamente, superando al coeficiente C en 8.31 % y 21.85%, respectivamente. Este comportamiento evidenció que el método SCS-CN fue más sensible al incremento de la precipitación en eventos extremos, mientras que el coeficiente racional modificado se mantuvo constante. En consecuencia, el CN-II ponderado de 74.16 presentó una respuesta coherente, moderada para eventos frecuentes e intermedios y progresivamente mayor ante tormentas de baja frecuencia y alta magnitud.

Tabla 88

Resultados obtenidos mediante el método racional modificado y el método SCS-CN

Periodo de retorno, Tr (años)	Precipitación máxima corregida, P' d (mm)	Intensidad para Tc (mm/h)	Caudal racional modificado (m^3/s)	Coeficiente C	Escorrentía directa SCS-CN, Q (mm)	Relación de escorrentía Q/P
10	62.75	18.31	11.78	0.325	15.19	0.242
50	78.00	22.76	14.64	0.325	24.43	0.313
140	87.66	25.58	16.45	0.325	30.88	0.352
500	99.70	29.09	18.71	0.325	39.44	0.396

Tabla 89

Contraste hidrológico entre el coeficiente C y la relación de escorrentía Q/P

Tr (años)	Coeficiente C	Relación Q/P	Diferencia Q/P − C	Diferencia respecto a C (%)	Interpretación hidrológica
10	0.325	0.242	−0.083	−25.54	El SCS-CN estimó una proporción relativa menor de escorrentía.
50	0.325	0.313	−0.012	−3.69	Los indicadores presentaron resultados cercanos.
140	0.325	0.352	0.027	8.31	El SCS-CN presentó una mayor respuesta relativa de escorrentía.
500	0.325	0.396	0.071	21.85	El SCS-CN mostró una mayor sensibilidad frente al evento extremo.

La influencia de la humedad previa en la escorrentía estimada. En todos los periodos de retorno, la condición CN-I produjo los valores más bajos de escorrentía, con Q/P entre 0.036 y 0.135, lo que refleja una subcuenca con mayor capacidad de abstracción e infiltración en condiciones secas. En contraste, la condición CN-III

presentó los valores más altos, con Q/P entre 0.522 y 0.655, lo que evidencia una respuesta mucho más rápida y eficiente en la producción de escorrentía bajo una alta humedad previa. La condición CN-II se mantuvo en un rango intermedio, con Q/P entre 0.242 y 0.396, lo que confirma que representa de manera razonable el comportamiento promedio de la subcuenca. Esta sensibilidad del modelo frente a la humedad previa valida la necesidad de considerar distintos escenarios hidrológicos en el método CN.

Tabla 90

Comparación de escorrentía para CN-I, CN-II y CN-III

Periodo de retorno (años)	(P'd) máx corregida (mm)	Escorrentía con CN-I (mm)	(Q/P) CN-I	Escorrentía con CN-II (mm)	(Q/P) CN-II	Escorrentía con CN-III (mm)	(Q/P) CN-III
10	62.75	2.23	0.036	15.19	0.242	32.76	0.522
50	78.00	5.91	0.076	24.43	0.313	45.84	0.588
140	87.66	8.97	0.102	30.88	0.352	54.42	0.621
500	99.70	13.48	0.135	39.44	0.396	65.35	0.655

La verificación hidrológica indirecta del CN ponderado de 74.16 demostró que este valor representa adecuadamente el comportamiento promedio de la subcuenca San Mateo bajo la condición antecedente normal. Los parámetros derivados del método mostraron una relación consistente entre CN, retención potencial y abstracción inicial, mientras que la escorrentía directa aumentó de forma progresiva con la precipitación máxima y el periodo de retorno. Asimismo, la comparación con el método racional modificado evidenció que el CN-II produce resultados cercanos en eventos intermedios y más conservadores en eventos extremos.

Figura 62

Comparación del coeficiente equivalente Q/P del método SCS-CN con el coeficiente racional modificado

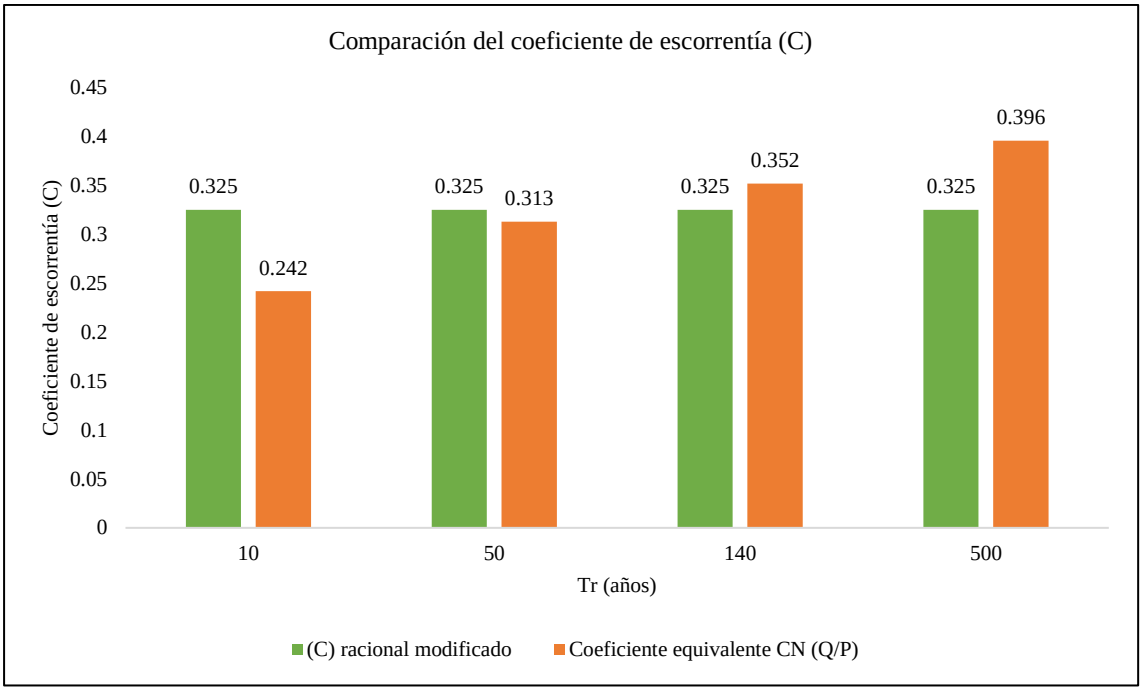
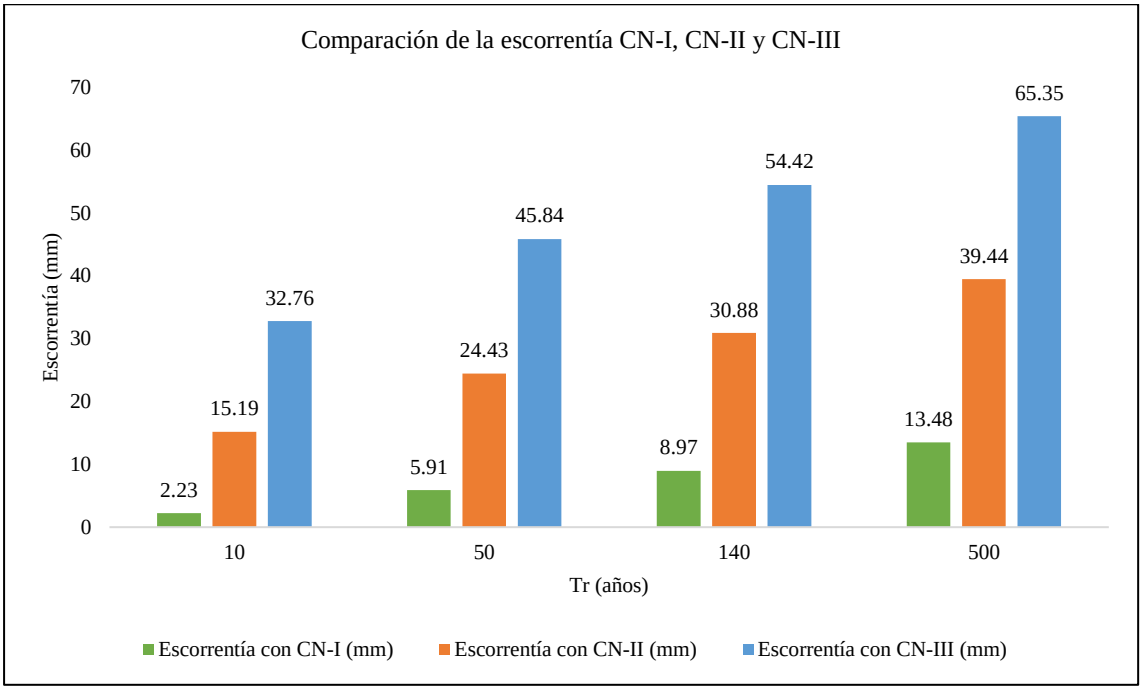


Figura 63

Escorrentía directa estimada con CN-I, CN-II y CN-III según periodo de retorno



4.2. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico se realizó en el programa Minitab 22, con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia del 0.05. Con la finalidad de evaluar la consistencia del número de curva CN determinado para la subcuenca San Mateo en función de la capacidad de uso mayor, del grupo hidrológico, de la cobertura/uso del suelo y de las propiedades físicas e hidrológicas del suelo. Debido a que el CN es un parámetro hidrológico derivado de la interacción entre el uso del suelo, la condición hidrológica, el grupo hidrológico y el área ponderada, la contrastación se orientó a verificar si los valores asignados presentan coherencia estadística con las condiciones locales caracterizadas.

a) Hipótesis.

H1G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales.

H0G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, no permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales.

b) Prueba de normalidad.

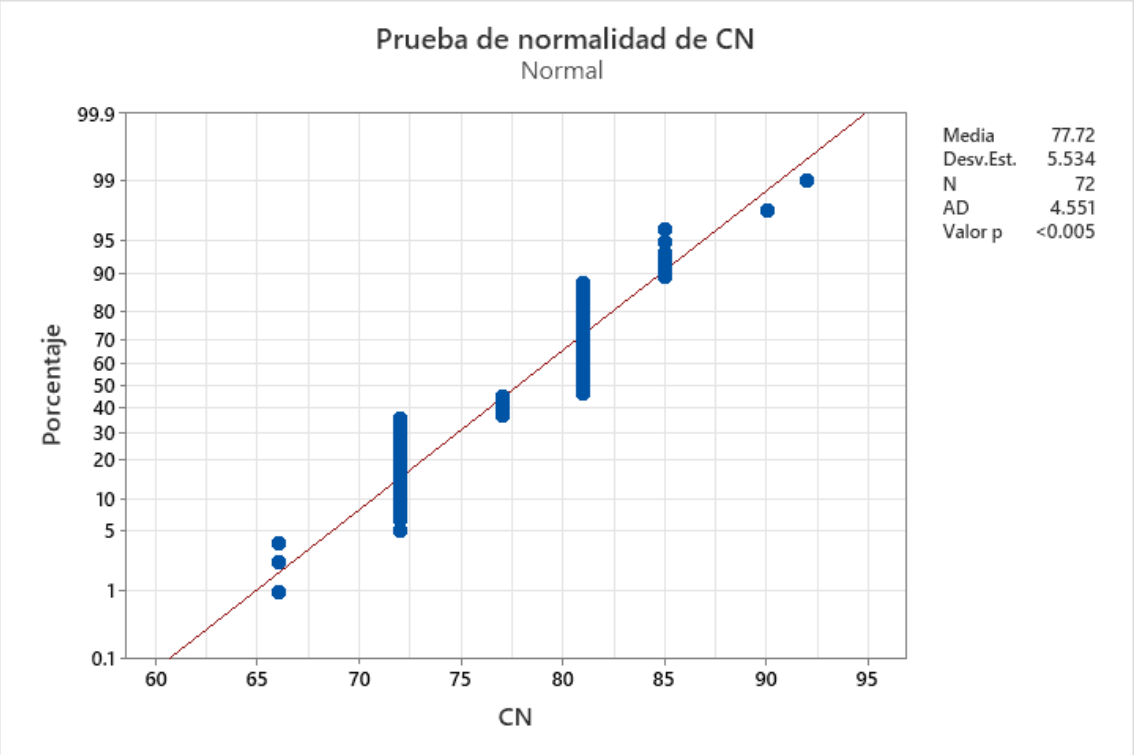
Para determinar la distribución de los valores de la curva número CN, se aplicó la prueba de normalidad de Anderson-Darling en Minitab 22, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. El resultado mostró que el valor p fue menor que 0.05, por lo que se rechazó la hipótesis de normalidad. Esto indica que los valores de CN no siguen

una distribución normal, ya que fueron asignados por categorías hidrológicas y de uso del suelo y no corresponden a una variable continua medida directamente en campo.

En consecuencia, para comparar el CN entre grupos se utilizó una prueba no paramétrica, específicamente la prueba de Kruskal-Wallis, la cual permite comparar medianas entre más de dos grupos cuando no se cumple el supuesto de normalidad

Figura 64

Prueba de normalidad a la curva número (CN)



c) Prueba de Kruskal-Wallis.

La prueba de Kruskal-Wallis se aplicó para comparar los valores de la curva número CN según tres factores de agrupación: capacidad de uso mayor (CUM), grupo hidrológico y cobertura/uso del suelo. Los resultados se presentan en la Tabla 84.

De acuerdo con los valores obtenidos, se observó que el CN presentó diferencias estadísticamente significativas según la CUM ($p=0.006$), el grupo hidrológico ($p<0.001$) y la cobertura/uso del suelo ($p=0.011$). Debido a que todos los valores p

fueron menores que 0.05, se rechazó la hipótesis nula de igualdad de medianas en los tres casos. Esto demuestra que el CN no fue asignado de manera aleatoria ni uniforme, sino que varió de forma coherente con las condiciones físicas, hidrológicas y de uso del suelo de la subcuenca.

En particular, el mayor valor del estadístico H se observó en el grupo hidrológico (H=60.37), lo que indica que este factor fue el que generó la mayor diferenciación en los valores de CN. Este resultado es hidrológicamente consistente, ya que el grupo hidrológico refleja directamente la capacidad de infiltración del suelo y, por tanto, influye en el potencial de escorrentía superficial.

Tabla 91

Prueba Kruskal-Wallis a la curva número (CN)

Hipótesis nula H_0: Todas las medianas son iguales

Hipótesis alterna H_1: Al menos una mediana es diferente

Parámetros	GL	Valor H	Valor p
CUM	3	12.61	0.006
Grupo hidrológico	3	60.37	0.000
Cobertura/uso del suelo	3	11.17	0.011

La Tabla 91 muestra que, al comparar el CN según la capacidad de uso mayor, la categoría Protección presentó la mayor mediana de CN, con un valor de 85, además del mayor rango medio (59.1) y un valor Z positivo (3.24). Esto indica que las áreas clasificadas como de protección presentaron una mayor tendencia a generar escorrentía, lo cual se relaciona con la presencia de zonas urbanas o de mayor intervención superficial en esta categoría. En contraste, la categoría Producción forestal presentó la menor mediana (CN=77) y el menor rango medio (29.1), lo que evidencia una menor respuesta de escorrentía que la de las demás categorías. Por su parte, los cultivos

permanentes y los pastos presentaron medianas de 81, con rangos medios cercanos al valor general, lo que indica un comportamiento intermedio.

Tabla 92

Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con el CUM

Uso/CUM	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Cultivos permanentes	15	81	33.1	-0.70
Pastos	39	81	35.1	-0.64
Producción forestal	10	77	29.1	-1.20
Protección	8	85	59.1	3.24
General	72		36.5	

La Tabla 92 evidencia una relación progresiva entre el grupo hidrológico y el CN. El grupo A, asociado a suelos con mayor infiltración, presentó la menor mediana (CN=72) y el menor rango medio (14.7). El grupo B presentó una mediana de 81, mientras que el grupo C alcanzó una mediana de 85. Finalmente, el grupo D, correspondiente a la condición de infiltración más limitada, presentó el mayor valor de CN=92. Esta secuencia confirma el comportamiento esperado del método SCS/NRCS, en el que los suelos con menor capacidad de infiltración presentan valores más altos del número de curva y, por tanto, un mayor potencial de escorrentía. Se debe precisar que el grupo D estuvo representado por una sola observación, por lo que su interpretación debe realizarse de manera referencial.

Tabla 93

Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con el grupo hidrológico

Grupo hidrológico	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
A (> 7.6 mm/h)	28	72	14.7	-7.06
B (3.8–7.6 mm/h)	40	81	48.5	5.43
C (1.3–3.8 mm/h)	3	85	68.7	2.72
D (< 1.3 mm/h)	1	92	72.0	1.71
General	72		36.5	

La Tabla 93 muestra que la cobertura/uso del suelo también generó diferencias en los valores de CN. La categoría Residencial 1/8 acre o menos presentó la mayor mediana (CN=85), el mayor rango medio (59.1) y un valor Z positivo (3.24), lo que confirma que las áreas de mayor intervención urbana incrementan el potencial de escorrentía. En cambio, la categoría Cultivos densos / prados presentó la mediana más baja (CN=77), lo que refleja una mayor capacidad relativa de retención e infiltración. Las categorías Tierra cultivada general y Agrícola-pastizal / pastizal intervenido presentaron medianas de 81, lo que representa una condición intermedia en la subcuenca.

Tabla 94

Estadísticas descriptivas de la curva número (CN) de acuerdo con la cobertura/uso del suelo

Criterio de selección	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Agrícola-pastizal / pastizal in	39	81	35.1	-0.64
Cultivos densos / prados	10	77	29.1	-1.20
Residencial 1/8 acre o menos	8	85	59.1	3.24
Tierra cultivada general	15	81	33.1	-0.70
General	72		36.5	

En conjunto, la prueba de Kruskal-Wallis permitió confirmar que el CN calculado responde de manera significativa a las diferencias entre CUM, el grupo hidrológico y la cobertura/uso del suelo.

d) Prueba de correlación de Spearman.

Debido a que los datos no presentaron una distribución normal, se aplicó la correlación de Spearman para evaluar la relación entre el número de curvas CN y los principales parámetros físicos e hidrológicos del suelo. Los resultados mostraron que el CN presentó correlaciones negativas moderadas con la infiltración básica ($\rho=-0.603$), la conductividad hidráulica estimada ($\rho=-0.548$) y el contenido de arena

(ρ=−0.460), lo que indica que los suelos con mayor capacidad de infiltración, mayor transmisión de agua y mayor proporción arenosa tienden a presentar menores valores de CN y, por tanto, menor potencial de escorrentía superficial.

Por el contrario, el CN presentó correlaciones positivas con la arcilla (ρ=0.339), el límite líquido (ρ=0.369), el índice de plasticidad (ρ=0.325), la relación IP/LL (ρ=0.351) y, de forma débil, con el limo (ρ=0.262), lo que evidencia que el incremento de finos y de plasticidad tiende a favorecer valores más altos de CN. Además, la matriz mostró coherencia interna entre variables, ya que la infiltración básica se relacionó positivamente con la conductividad hidráulica estimada (ρ=0.868), mientras que la conductividad hidráulica se relacionó negativamente con la arcilla (ρ=−0.819), lo que confirma que una mayor fracción arcillosa reduce la capacidad de transmisión del agua.

e) Inferencia final.

A partir del análisis estadístico realizado en Minitab 22, se rechaza la hipótesis nula general y se acepta la hipótesis alterna, debido a que los valores de la curva número CN presentaron diferencias significativas según la capacidad de uso mayor, el grupo hidrológico y la cobertura/uso del suelo, con valores de p menores que 0.05 en la prueba de Kruskal-Wallis. Asimismo, la correlación de Spearman evidenció una relación negativa del CN con la infiltración básica, la conductividad hidráulica estimada y el contenido de arena, y una relación positiva con la arcilla, el límite líquido, el índice de plasticidad y la relación IP/LL. Por tanto, la caracterización hidrológica de los suelos permitió sustentar técnicamente la propuesta de un CNII ponderado de 74.16, representativo de la condición antecedente media de la subcuenca San Mateo y ajustado a sus condiciones locales.

Tabla 95

Correlación de Spearman entre la curva número (CN) y los parámetros hidrológicos y físicos del suelo de la subcuenca San Mateo

Correlaciones	CN	Infiltración básica (mm/h)	Ksat (mm/hr)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Infiltración básica (mm/h)	-0.603	1.000	0.868	0.512	-0.009	-0.639	-0.472	-0.295	-0.402
Ksat estimada (mm/hr)	-0.548	0.868	1.000	0.486	0.102	-0.819	-0.537	-0.170	-0.480
Arena (%)	-0.460	0.512	0.486	1.000	-0.649	-0.530	-0.478	-0.206	-0.427
Limo (%)	0.262	-0.009	0.102	-0.649	1.000	-0.064	0.052	0.015	0.011
Arcilla (%)	0.339	-0.639	-0.819	-0.530	-0.064	1.000	0.650	0.100	0.628
Límite líquido (%)	0.369	-0.472	-0.537	-0.478	0.052	0.650	1.000	0.105	0.956
Límite plástico (%)	0.183	-0.295	-0.170	-0.206	0.015	0.100	0.105	1.000	-0.112
Índice de plasticidad (%)	0.325	-0.402	-0.480	-0.427	0.011	0.628	0.956	-0.112	1.000
IP/LL	0.351	-0.363	-0.468	-0.356	-0.019	0.586	0.891	-0.262	0.977

4.3. Discusión

En el objetivo específico 1, la delimitación fisiográfica de la subcuenca San Mateo evidenció una unidad hidrográfica pequeña, de 6.21 km², con perímetro de 18.15 km, coeficiente de compacidad de 2.05, coeficiente de forma de 0.14 y pendiente media de 18.00 %, lo que permitió identificar una morfología alargada e irregular, con una respuesta hidrológica relativamente rápida y un tiempo de concentración de 2.05 h. Estos resultados guardan semejanza con lo reportado por Macas et al. (2023), quienes también identificaron una microcuenca de forma alargada u oblonga mediante SIG; sin embargo, la subcuenca San Mateo presentó una forma más alargada y una pendiente general más marcada que la microcuenca del estero Hondo, donde el área fue de 7.96 km², el índice de compacidad 1.49, el factor de forma 0.53 y la pendiente promedio del cauce 5 %. Por tanto, aunque ambos estudios coinciden en la utilidad del análisis geoespacial para delimitar y caracterizar unidades hidrográficas pequeñas, los resultados de San Mateo muestran un relieve más condicionado por el escurrimiento y la diferenciación fisiográfica del territorio.

Asimismo, la sectorización de San Mateo mostró predominio de pendientes 0–15 % y 15–30 % en 77.25 % del área total, pero también una fuerte intervención antrópica, ya que las categorías periurbano, expansión urbana y urbano consolidado abarcaron conjuntamente 57.55 % del área, además de registrarse 26 puntos de evaluación distribuidos en todas las clases de pendiente y coberturas. Esta tendencia es consistente con lo señalado por Bajirao y Kumar (2022), quienes concluyeron que los cambios en el uso y la cobertura del suelo incrementan la respuesta de escorrentía, especialmente cuando aumentan las áreas intervenidas; del mismo modo, el predominio de sectores periurbanos y urbanos en San Mateo sugiere una configuración fisiográfica más susceptible a alterar la infiltración natural del terreno. En esa misma línea, el

empleo de ArcGIS 10.8 para delimitar, sectorizar y representar espacialmente la subcuenca también coincide con lo señalado por Gualdrón et al. (2023), quienes indicaron que el uso de herramientas SIG mejora la obtención y la organización de la información hidrológica distribuida espacialmente.

Los resultados del objetivo específico 2 evidenciaron que la subcuenca San Mateo presentó una matriz edáfica predominantemente media a fina, con predominio de suelos CL en la clasificación SUCS, alta presencia de finos en 21 de 26 puntos, y una distribución textural dominada por franco (25.19 %), franco arcilloso (18.17 %), franco limoso (17.92 %) y arcilla (14.92 %), además de un grupo textural medio de 43.11 % y moderadamente fino de 25.19 %. Estos resultados difieren de lo reportado por Macas et al. (2023), quienes encontraron en la microcuenca del estero Hondo un predominio de textura moderadamente gruesa en 572.7 ha (71.96 %) y textura media en 223.17 ha (28.04 %); por tanto, la subcuenca San Mateo mostró suelos de comportamiento más cohesivo y con mayor proporción de finos, lo que supone mayores limitaciones físicas para el uso intensivo del terreno y una mayor heterogeneidad espacial en comparación con la microcuenca ecuatoriana. En ese sentido, los resultados de San Mateo confirman que la caracterización textural y física del suelo constituye un criterio indispensable para interpretar la aptitud territorial de la subcuenca.

De igual manera, la clasificación por capacidad de uso mayor mostró que la subcuenca San Mateo estuvo dominada por tierras aptas para pastos (44.99 %), seguidas de tierras de protección (20.78 %), tierras de cultivo permanente (20.19 %) y tierras de producción forestal (14.04 %), lo que resultó coherente con la presencia de erosión hídrica moderada en 80.14 %, riesgo de inundación moderado en 40.62 %, fertilidad baja en 41.54 % y una importante intervención urbana y periurbana. Esta configuración difiere de la descrita por Macas et al. (2023), donde la tierra de cultivo representó

792.89 ha (99.63 %), lo que evidencia una aptitud productiva mucho más homogénea; asimismo, guarda relación con lo señalado por Bajirao y Kumar (2022), quienes concluyeron que la variación del uso y la cobertura del suelo, especialmente el incremento de áreas intervenidas y de baja cobertura vegetal, modifica la respuesta hidrológica del territorio. En consecuencia, la predominancia de tierras para pastos y protección en San Mateo resulta consistente con un espacio físicamente más restringido, donde las limitaciones de relieve, fertilidad, erosión e inundación condicionaron una CUM menos favorable para usos agrícolas intensivos.

Los resultados del objetivo específico 3 evidenciaron que la tasa de infiltración básica en la subcuenca San Mateo presentó una marcada variabilidad espacial, con valores entre 1.33 mm/h y 31.73 mm/h, y que su comportamiento dependió principalmente de la textura del suelo y, en menor medida, de la capacidad de uso mayor. Las mayores medias se registraron en los suelos franco-arenosos (29.24 mm/h), seguidos de los francos (13.61 mm/h) y franco-limosos (13.00 mm/h), mientras que los valores más bajos se observaron en los suelos arcillosos (3.20 mm/h) y en el área urbana (1.60 mm/h), lo que confirma que las texturas medias a moderadamente gruesas favorecieron una mayor transmisión del agua y que las texturas finas restringieron la infiltración. Este comportamiento coincide con lo reportado por Wang et al. (2025), quienes concluyeron que la incorporación de la conductividad hidráulica saturada mejora la predicción hidrológica y que los suelos con mejores condiciones de transmisión presentan una respuesta distinta a los suelos finos; del mismo modo, guarda correspondencia con Khattab et al. (2025), quienes identificaron grupos hidrológicos A en suelos con transmisión mayor a 7.62 mm/h y B entre 3.81 y 7.62 mm/h, lo cual es consistente con los resultados de San Mateo, donde predominaron puntos con

infiltración moderada y moderadamente lenta asociados a texturas francas y franco arenosas.

Asimismo, al analizar la infiltración en función de la CUM, se observó que las mayores medias correspondieron a Protección (31.73 mm/h) y Producción forestal (12.00 mm/h), mientras que las menores se registraron en Protección/área urbana (1.60 mm/h), lo que evidencia que la aptitud territorial no se asoció de manera uniforme con la infiltración, sino que estuvo condicionada por la textura y el estado físico del suelo en cada subzona. Esta variabilidad también resulta coherente con lo señalado por Cubas (2024) en la cuenca Chotano, donde el suelo fue clasificado en el grupo hidrológico B, con capacidad de infiltración media a alta, y con lo indicado por Bajirao y Kumar (2022), quienes concluyeron que la cobertura y el uso del suelo modifican la respuesta de escorrentía e, indirectamente, la capacidad de infiltración del territorio. En consecuencia, los resultados de San Mateo muestran que la tasa de infiltración básica no dependió exclusivamente de la categoría CUM, sino de la combinación de la textura, la condición física del suelo y el grado de intervención antrópica, lo que explica la coexistencia de subzonas con respuesta hidráulica alta, intermedia y restringida dentro de una misma clasificación territorial.

Debe señalarse, además, que la interpretación de la infiltración básica estuvo condicionada por el alcance del muestreo y el control operativo aplicado durante los ensayos de campo. Los 26 puntos evaluados no constituyeron una muestra probabilística, sino una red técnico-fisiográfica distribuida en función de las subzonas homogéneas de pendiente y de cobertura/uso del suelo; por ello, sus resultados permitieron representar las principales condiciones hidrológicas de la subcuenca, aunque no abarcaron toda la variabilidad espacial posible de los suelos. Asimismo, la ejecución de los ensayos con infiltrómetro de doble anillo permitió estandarizar la

medición de la infiltración en campo y reducir el flujo lateral mediante el anillo exterior; sin embargo, la infiltración medida con este procedimiento depende de factores locales como la estructura del suelo, la humedad antecedente, la condición superficial, la carga hidráulica aplicada, la profundidad de hinca y la estabilidad del contacto entre el anillo y el terreno (ASTM International, 2018). En este estudio, dicha incertidumbre se redujo mediante la verificación operativa del equipo, la georreferenciación de los puntos, el registro sistemático de lecturas y la protección previa de las zonas de ensayo con plástico, una medida que buscaba evitar la sobresaturación directa del suelo antes de las mediciones. En consecuencia, los valores de infiltración obtenidos deben interpretarse como parámetros representativos de las subzonas evaluadas y adecuados para sustentar la asignación de grupos hidrológicos y el cálculo del CN, pero no como una caracterización exhaustiva de toda la variabilidad edáfica de la subcuenca San Mateo.

Los resultados del objetivo específico 4 mostraron que en la subcuenca San Mateo predominó ampliamente el grupo hidrológico A (79.42 %), seguido del grupo B (18.80 %), mientras que los grupos C (1.70 %) y D (0.09 %) presentaron una presencia mínima. Esta distribución es coherente con los resultados del objetivo anterior, en el que gran parte de los puntos presentó infiltraciones mayores a 7.6 mm/h y texturas francas, franco-arenosas y franco-limosas, condiciones que favorecen una mayor capacidad de infiltración. Dicho comportamiento coincide con lo reportado por Khattab et al. (2025), quienes identificaron el grupo A en suelos arenosos finos con transmisión de agua mayor a 7.62 mm/h y el grupo B en materiales con transmisión entre 3.81 y 7.62 mm/h, confirmando que la clasificación hidrológica responde directamente al comportamiento hidráulico del suelo; asimismo, guarda relación con Wang et al. (2025), quienes concluyeron que la incorporación de la conductividad hidráulica

saturada mejora la representación hidrológica real de los suelos y permite diferenciar con mayor precisión los grupos A, B, C y D.

Aunque la caracterización textural evidenció una presencia importante de suelos francos, franco-arcillosos, franco-limosos y arcillosos, el predominio del grupo hidrológico A no debe interpretarse únicamente a partir de la textura, sino también del comportamiento hidráulico integrado observado en campo. De acuerdo con el NRCS, los grupos hidrológicos del suelo se relacionan con el potencial de escorrentía, la tasa mínima de infiltración en condición húmeda, la transmisión del agua a lo largo del perfil, la profundidad efectiva, la presencia de estratos restrictivos y las condiciones de drenaje; por tanto, la textura constituye un criterio importante, pero no exclusivo, para la asignación del HSG. En la subcuenca San Mateo, la clasificación hidrológica se sustentó principalmente en las tasas de infiltración básica obtenidas con un infiltrómetro de doble anillo y en su correspondencia con las condiciones físicas y superficiales de cada punto evaluado. Por ello, algunas unidades con textura media a moderadamente fina fueron asignadas a grupos de mayor infiltración cuando el ensayo de campo evidenció una respuesta hidráulica alta o moderadamente alta, lo cual puede explicarse por la estructura del suelo, la cobertura vegetal, la macroporosidad, la pendiente local, la ausencia de encharcamiento permanente y el estado de conservación superficial. Este criterio es coherente con aplicaciones recientes del método SCS-CN integrado con SIG, en las que la estimación del escurrimiento se fundamenta en la combinación de características del suelo, uso/cobertura, grupos hidrológicos y condición antecedente de humedad, y no en una sola propiedad edáfica aislada (Mulu et al., 2025). Asimismo, investigaciones como la de Wang et al. (2025) resaltan que la conductividad hidráulica saturada y la variabilidad interna de cada grupo hidrológico influyen en la respuesta del CN, lo que confirma la necesidad de complementar la textura con parámetros

hidráulicos medidos o estimados. En consecuencia, el predominio del grupo A en San Mateo se consideró técnicamente admisible porque se ajustó a la infiltración medida en las subzonas evaluadas; sin embargo, se reconoce que esta asignación debe interpretarse como representativa de los puntos y unidades analizados, y no como una generalización absoluta de toda la variabilidad edáfica de la subcuenca.

Sin embargo, el predominio del grupo A en San Mateo difiere de lo encontrado por Cubas (2024) en la cuenca Chotano, donde el suelo fue clasificado globalmente como grupo hidrológico B, con capacidad de infiltración media a alta. Esta diferencia puede explicarse por la escala de análisis y por la mayor heterogeneidad textural y fisiográfica de la subcuenca San Mateo, donde se evaluaron 26 puntos y se diferenciaron espacialmente sectores con infiltración alta, moderada y restringida, en lugar de asignar un único grupo dominante a toda la cuenca. En consecuencia, la clasificación hidrológica obtenida en San Mateo no solo resultó técnicamente consistente con la infiltración medida en campo y con las características físicas del suelo, sino que también evidenció una condición más favorable a la infiltración que la reportada en antecedentes regionales de mayor escala.

Los resultados del objetivo específico 5 evidenciaron que el CN representativo de la subcuenca San Mateo fue de 74.16 en condición promedio (CN-II), con ajustes de 55.72 para condición seca (CN-I) y 87.05 para condición húmeda (CN-III); además, el mayor CN medio ponderado por uso/CUM correspondió a Protección (80.49) y el menor a Producción forestal (68.22), lo que confirmó una relación coherente entre mayor restricción hidrológica y mayor potencial de escorrentía. Este comportamiento guarda una correspondencia muy cercana con lo reportado por Villanueva y Vidaurre (2025) en la cuenca alta del Jequetepeque, donde obtuvieron valores promedio de 56.96, 74.5 y 86.53 para las condiciones seca, promedio y húmeda, respectivamente. Por lo

tanto, los resultados de San Mateo muestran un ajuste local técnicamente consistente y una sensibilidad hidrológica similar a la de la humedad previa. Del mismo modo, la secuencia observada en San Mateo, donde el CN aumenta de la condición seca a la húmeda, coincide con lo señalado por Mulu et al. (2025), quienes calcularon 76.93, 88.38 y 94.68 para AMC I, II y III, lo que confirma que la variación del CN según la humedad antecedente es un comportamiento esperable del método SCS-CN.

Sin embargo, el CN-II de 74.16 obtenido para San Mateo fue menor que el reportado por Mulu et al. (2025) (88.38) y también inferior a los rangos altos observados por Bajirao y Kumar (2022) para AMC-II (80.65 a 82.34), lo que sugiere que la subcuenca San Mateo presenta, en términos generales, una condición más favorable a la infiltración que las cuencas estudiadas por dichos autores. Esta diferencia resulta coherente con el predominio local del grupo hidrológico A y con la amplia participación areal de categorías como pastos y cultivos permanentes en suelos de mayor respuesta hidráulica. En ese sentido, el valor propuesto para San Mateo no solo se ubicó dentro de un rango hidrológicamente razonable, sino que además reflejó adecuadamente la heterogeneidad espacial de los usos del suelo y de los grupos hidrológicos, por lo que puede considerarse un parámetro representativo y ajustado a las condiciones reales de la subcuenca.

En relación con la incorporación de la Capacidad de Uso Mayor (CUM), debe precisarse que esta no reemplazó a los criterios tradicionales del método SCS-CN, sino que se utilizó como criterio complementario de interpretación territorial para fortalecer la asignación del CN en una subcuenca altoandina no aforada. El método SCS-CN se fundamenta en la integración del uso y la cobertura del suelo, la condición hidrológica y el grupo hidrológico del suelo; por ello, en esta investigación, el CN se determinó a partir de dichas variables, mientras que la CUM permitió organizar y contrastar la

respuesta hidrológica de las unidades territoriales según sus limitaciones de suelo, relieve, drenaje, erosión, vegetación y aptitud de uso. Este enfoque resulta pertinente en condiciones altoandinas, donde la respuesta lluvia–escorrentía no depende únicamente de la cobertura superficial, sino también de restricciones físicas del terreno, profundidad efectiva, textura, pendiente, drenaje y grado de intervención antrópica. En consecuencia, la CUM aportó una lectura integrada del territorio que permitió interpretar por qué determinadas unidades, como tierras de protección o pastos, presentaron mayores o menores valores de CN; sin embargo, su uso debe entenderse como una adaptación metodológica local y no como una variable tabular directa del NRCS, debido a que las tablas estándar del método SCS-CN no asignan valores de CN a partir de la CUM, sino a partir del complejo cobertura–grupo hidrológico–condición hidrológica (USDA-NRCS, 2004; MIDAGRI, 2022).

Tabla 96

Ventajas y limitaciones del uso de la CUM como criterio complementario para la estimación del CN

Aspecto	Ventajas del uso de la CUM	Limitaciones del uso de la CUM
Integración territorial	Permite integrar información sobre el suelo, el relieve, el drenaje, la erosión, la vegetación y la aptitud de uso en una única unidad interpretativa.	No constituye una variable de entrada directa en las tablas estándar del método SCS-CN.
Interpretación hidrológica	Ayuda a explicar las diferencias en el potencial de escorrentía entre unidades con distintas restricciones físicas y ambientales.	Requiere complementarse obligatoriamente con la cobertura/uso del suelo, el grupo hidrológico y la infiltración.
Aplicabilidad local	Es pertinente para condiciones altoandinas, donde el relieve, la erosión, la profundidad efectiva y la cobertura vegetal condicionan la respuesta hidrológica.	Su aplicación puede depender de la escala cartográfica y del nivel de detalle de la información disponible.
Organización de resultados	Facilita agrupar los valores de infiltración, los grupos hidrológicos y los CN en unidades territoriales reconocibles para la gestión del suelo.	Al ser una clasificación de aptitud de uso, no mide por sí sola la escorrentía ni reemplaza los ensayos de campo.
Utilidad práctica	Permite vincular los resultados hidrológicos con los criterios de planificación territorial y de manejo sostenible de la subcuenca.	Debe interpretarse como un criterio complementario y no como un procedimiento de calibración hidrológica del CN.

Nota. La CUM se empleó como criterio complementario de interpretación territorial, mientras que la asignación del CN se sustentó en la integración de la cobertura/uso del suelo, el grupo hidrológico y la condición hidrológica, conforme al enfoque del método SCS-CN.

La verificación hidrológica indirecta del CN ponderado de 74.16 mostró que este valor representó de manera consistente la respuesta media de la subcuenca San Mateo, ya que la escorrentía directa aumentó progresivamente con la precipitación máxima corregida y el periodo de retorno, pasando de 8.97 mm para Tr = 2 años a 43.56 mm para Tr = 500 años, mientras que el cociente Q/P se incrementó de 0.177 a 0.414. Asimismo, la sensibilidad del modelo frente a la humedad antecedente fue clara, pues bajo CN-I los valores de Q/P variaron entre 0.036 y 0.135, bajo CN-II entre 0.242 y 0.396, y bajo CN-III entre 0.522 y 0.655, lo que confirma que la condición previa de humedad modifica sustancialmente la producción de escorrentía. Este comportamiento coincide con lo reportado por Av y Barik (2026), quienes demostraron que el ajuste del número de curva según la condición de humedad antecedente mejora la estimación de la escorrentía, y también con Khattab et al. (2025), quienes verificaron que el método SCS-CN puede representar adecuadamente la respuesta hidrológica en cuencas no aforadas cuando se considera la condición de humedad del evento.

Del mismo modo, la comparación con el método racional modificado evidenció que el CN-II produjo resultados cercanos en eventos intermedios y más conservadores en eventos extremos, ya que, para Tr = 50 años, ambos métodos fueron similares (0.325 frente a 0.313), mientras que para Tr = 140 y 500 años, el coeficiente equivalente del CN-II fue mayor (0.352 y 0.396) que el del método racional modificado (0.325). Esta coherencia hidrológica difiere de lo señalado por Ibrahim et al. (2022), quienes concluyeron que el método NRCS-CN no resultó adecuado para las cuencas estudiadas en Sudán y recomendaron determinar parámetros locales más representativos. En ese sentido, los resultados de San Mateo muestran que, al trabajar con un CN ponderado ajustado a las condiciones locales y verificarlo con la precipitación de diseño, la

escorrentía estimada y un contraste con otro método hidrológico, el modelo sí logró una representación razonable del comportamiento de la subcuenca.

La aplicabilidad del CN-II = 74.16 debe interpretarse en el contexto de una subcuenca altoandina no aforada, donde la ausencia de registros observados de lluvia–escorrentía limita la posibilidad de una calibración hidrológica directa. Este resultado es coherente con el enfoque del método SCS-CN, que estima la escorrentía directa a partir de la precipitación, el uso y la cobertura del suelo, el grupo hidrológico y la condición de humedad previa, integrando en un único parámetro los efectos de las pérdidas iniciales, la infiltración y el almacenamiento superficial (USACE-HEC, 2026). En estudios realizados en cuencas peruanas, como el de la cuenca del río Huallaga, el método SCS-CN acoplado a SIG ha sido empleado para apoyar la planificación y la estimación de la escorrentía directa en contextos con información hidrometeorológica limitada, lo que respalda su utilidad práctica en unidades hidrográficas con restricciones de datos (Quispe et al., 2022). No obstante, investigaciones en microcuencas andinas tropicales han evidenciado que la aplicación de valores tabulares de CN puede introducir incertidumbre cuando no se dispone de calibración con datos de campo, debido a la variabilidad local de la cobertura, la estructura del suelo, la humedad antecedente y las condiciones de pendiente (Balthazar et al., 2021). Por ello, el CN propuesto para la subcuenca San Mateo debe utilizarse como un parámetro representativo para estimaciones de escorrentía directa y diseño preliminar de obras hidráulicas, tales como drenaje pluvial, cunetas, alcantarillas y estructuras de control de escorrentía; sin embargo, su empleo en diseños definitivos debería complementarse con análisis de sensibilidad y, de ser posible, con mediciones futuras de caudal que permitan ajustar el parámetro bajo condiciones reales de respuesta hidrológica.

La comparación con investigaciones realizadas en cuencas peruanas y andinas permite contextualizar la representatividad del CN-II = 74.16 obtenido en la subcuenca de San Mateo. En la cuenca del río Huallaga, Quispe Ramos et al. (2022) aplicaron el método SCS-CN, acoplado a sistemas de información geográfica, para estimar la escorrentía superficial, destacando su utilidad en unidades hidrográficas con disponibilidad limitada de información hidrológica. De forma similar, Pérez Campomanes et al. (2025) emplearon el modelamiento hidrológico con HEC-HMS en la cuenca de Santa Eulalia para estimar caudales máximos bajo escenarios normales y extremos, evidenciando la importancia de integrar la precipitación de diseño, los parámetros fisiográficos y las condiciones de cobertura para representar la respuesta hidrológica. Asimismo, Arana-Ruedas et al. (2025), en la cuenca del Mantaro, demostraron que la pendiente, la densidad de drenaje y la configuración morfométrica condicionan la susceptibilidad a las inundaciones en cuencas andinas. En ese sentido, el CN-II = 74.16 calculado para San Mateo resulta técnicamente coherente con una subcuenca de pendiente media, con cobertura mixta periurbana, agrícola y de pastos, y suelos con respuesta de infiltración variable. No obstante, las diferencias de escala, cobertura, régimen climático y disponibilidad de datos impiden asumir una equivalencia directa con otros valores de CN reportados en la literatura; por ello, la comparación se interpreta como una contrastación contextual de la coherencia hidrológica y no como una validación observacional del parámetro.

No obstante, debe precisarse que la verificación hidrológica indirecta realizada tuvo un alcance limitado, ya que la subcuenca San Mateo no dispone de estación de aforo, registros continuos de caudal ni eventos observados de lluvia–escorrentía que permitan calibrar el parámetro CN mediante un contraste directo entre la escorrentía simulada y la escorrentía medida. Por ello, el CN-II = 74.16 no debe interpretarse como

un valor calibrado observacionalmente, sino como un CN representativo estimado a partir de la caracterización hidrológica local, la integración de la cobertura/uso del suelo, la Capacidad de Uso Mayor, los grupos hidrológicos y la verificación mediante precipitaciones máximas corregidas. Esta precisión es coherente con la naturaleza del método SCS-CN, cuya aplicación en cuencas no aforadas se apoya en parámetros físicos y cartográficos disponibles, pero requiere registros observados de lluvia y de caudal para procesos estrictos de calibración y validación hidrológica (USDA-NRCS, 2004). En ese sentido, la comparación con el método racional modificado permitió evaluar la coherencia técnica del CN propuesto frente a otro procedimiento hidrológico de diseño, pero no sustituyó la validación observacional del parámetro.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

A partir de la caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo y de la evaluación de su adaptabilidad al método Curva Número (CN), se formularon las siguientes conclusiones, en correspondencia directa con los objetivos específicos de la investigación:

1) Respecto a la delimitación fisiográfica, la subcuenca San Mateo presentó un área total de 6.21 km², un perímetro de 18.15 km, un coeficiente de compacidad de 2.05 y un coeficiente de forma de 0.14, lo que evidencia una unidad hidrográfica pequeña, alargada e irregular. Asimismo, predominaron las pendientes de 0–15 % y 15–30 %, que en conjunto abarcaron 479.61 ha (77.25 %), mientras que la cobertura periurbana y urbana consolidada representó 357.28 ha (57.55 %). La sectorización fisiográfica permitió definir 26 puntos de muestreo distribuidos en las principales combinaciones de pendiente y cobertura/uso del suelo.
2) En cuanto a la caracterización de los suelos según la Capacidad de Uso Mayor, se determinó que la subcuenca San Mateo presenta predominio de suelos con alta proporción de finos, presentes en 21 de los 26 puntos evaluados, con clasificación SUCS mayoritaria CL en 15 puntos y ML en 5 puntos. La textura de mayor extensión fue franca, con 156.41 ha (25.19 %), seguida de franco-arcillosa, con 112.84 ha (18.17 %), franco-limosa, con 111.26 ha (17.92 %), y arcillosa, con 92.60 ha (14.92 %). Según los criterios del D.S. N.° 005-2022-MIDAGRI, la Capacidad de Uso Mayor predominante correspondió a tierras aptas para pastos, con 279.32 ha (44.99 %), seguida de tierras de protección, con 129.04 ha (20.78 %), cultivos permanentes, con 125.35 ha (20.19 %), y producción forestal, con 87.15 ha (14.04 %). Por tanto, la

subcuenca presenta principalmente suelos de textura media a fina, con predominio del uso pecuario y un manejo productivo restringido.

3) En relación con la infiltración y la conductividad hidráulica del suelo, la tasa de infiltración básica varió entre 1.33 mm/h y 31.73 mm/h, lo que evidencia una respuesta hidrológica heterogénea entre las unidades evaluadas. Según la CUM, las mayores medias de infiltración se registraron en tierras de protección (31.73 mm/h) y en producción forestal (12.00 mm/h), mientras que los pastos y los cultivos permanentes presentaron valores medios de 10.81 mm/h y 9.81 mm/h, respectivamente; en contraste, la protección/área urbana registró la menor infiltración, con 1.60 mm/h. Asimismo, la Ksat estimada presentó un valor promedio de 8.36 mm/h, con valores entre 0.43 mm/h y 30.85 mm/h, lo que confirma la variabilidad hidráulica de los suelos de la subcuenca.
4) Respecto a la clasificación hidrológica del suelo, se determinó el predominio del grupo hidrológico A, con 493.09 ha, equivalente al 79.42 % del área total, lo que indica una alta capacidad de infiltración y un bajo potencial relativo de escorrentía en la mayor parte de la subcuenca. En menor proporción se identificó el grupo B, con 116.70 ha (18.80 %), asociado a infiltración moderadamente alta, mientras que los grupos C y D ocuparon áreas reducidas de 10.53 ha (1.70 %) y 0.54 ha (0.09 %), respectivamente, vinculadas a suelos con infiltración lenta o muy lenta. En consecuencia, la subcuenca presenta condiciones hidrológicas mayoritariamente favorables para la infiltración, aunque con sectores localizados de mayor potencial de escorrentía superficial.
5) En cuanto al Número de Curva, se obtuvo un CN-II representativo estimado de 74.16 para la subcuenca San Mateo, calculado mediante la integración de la Capacidad de Uso Mayor, la cobertura/uso del suelo y los grupos hidrológicos. El mayor CN medio correspondió a las tierras de protección, con 80.49, seguido de pastos, con 73.74; cultivos permanentes, con 72.63; y producción forestal, con 68.22. Asimismo, el CN

aumentó de 71.95 en el grupo hidrológico A a 92.00 en el grupo D, lo que evidencia un mayor potencial de escorrentía a medida que disminuye la capacidad de infiltración. Finalmente, el CN ajustado fue de 55.72 para la condición seca, 74.16 para la condición media y 87.05 para la condición húmeda; por tanto, el CN-II = 74.16 constituye un parámetro local representativo, mas no calibrado con registros observados de lluvia–escorrentía.

6) Respecto a la verificación hidrológica indirecta, el CN-II = 74.16 presentó coherencia técnica con la respuesta lluvia–escorrentía estimada para la subcuenca San Mateo. Con este valor se obtuvo una retención potencial máxima de 88.49 mm y una abstracción inicial de 17.70 mm; además, la precipitación efectiva o escorrentía directa aumentó de 8.97 mm para un periodo de retorno de 2 años a 43.56 mm para un periodo de retorno de 500 años, con coeficientes equivalentes Q/P entre 0.177 y 0.414. La comparación con el método racional modificado mostró que, para C = 0.325, el CN-II fue menos conservador en Tr = 10 años, similar en Tr = 50 años y más exigente en Tr = 140 y 500 años. En consecuencia, el CN ponderado propuesto permite representar técnicamente y de forma referencial la generación de escorrentía directa en condiciones medias y extremas de la subcuenca; sin embargo, no constituye un valor calibrado con observaciones de campo debido a la ausencia de registros de caudal o de eventos lluvia–escorrentía en la zona de estudio.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los profesionales encargados de estudios hidrológicos utilizar la caracterización fisiográfica de la subcuenca San Mateo como base para futuros análisis de escorrentía y planificación territorial, considerando que se trata de una unidad pequeña, alargada e irregular, con predominio de pendientes entre 0–15 % y 15–30 %, y una importante proporción de cobertura periurbana y urbana consolidada.

Se recomienda actualizar periódicamente el mapa de cobertura y uso del suelo de la subcuenca San Mateo mediante imágenes satelitales de alta resolución, como Sentinel-2, Planet u otras fuentes disponibles, debido al dinamismo del cambio de uso del suelo en zonas andinas y periurbanas. Esta actualización permitirá mejorar la asignación de unidades homogéneas, la clasificación CUM, los grupos hidrológicos y el cálculo del CN en futuros estudios.

Se recomienda emplear la clasificación de grupos hidrológicos obtenida para mejorar la estimación de la escorrentía en la subcuenca San Mateo, considerando que, aunque predomina el grupo A con alta capacidad de infiltración, existen sectores localizados de los grupos C y D que deben priorizarse en medidas de control de escorrentía, drenaje superficial, conservación del suelo y manejo de áreas intervenidas.

Se recomienda utilizar el valor CN-II = 74.16 como parámetro local representativo para estudios hidrológicos de la subcuenca San Mateo bajo condición de humedad antecedente media, y emplear los valores ajustados CN-I = 55.72 y CN-III = 87.05 cuando se requiera analizar escenarios secos o húmedos, respectivamente. Para fines de diseño operativo, el CN-II puede emplearse redondeado como CN = 74, evitando aplicar valores generales de tabla sin considerar la CUM, la cobertura/uso del suelo, la infiltración y los grupos hidrológicos locales.

Se recomienda densificar la red de pluviógrafos en el entorno de la subcuenca San Mateo, a fin de mejorar la representación espacial y temporal de la lluvia de diseño. La incorporación de registros de mayor resolución temporal permitiría analizar hietogramas locales, intensidades críticas y la variabilidad intraevento, reduciendo la incertidumbre en la estimación de la precipitación efectiva y de los caudales de diseño.

Se recomienda implementar mediciones de caudal o aforos periódicos en la sección de control de la subcuenca San Mateo, especialmente durante eventos de lluvia

representativos, con el propósito de contar con registros observados de lluvia–escorrentía que permitan calibrar y validar el CN-II = 74.16 obtenido en esta investigación. Esta información permitiría pasar de una verificación hidrológica indirecta a una calibración observacional del parámetro.

Se recomienda integrar el CN-II = 74.16 en futuros modelamientos hidrológicos de la subcuenca San Mateo, especialmente mediante HEC-HMS, SWAT u otros modelos de lluvia–escorrentía que permitan incorporar el CN de manera espacialmente distribuida. Estos modelos deberían complementarse con precipitaciones máximas actualizadas, mapas recientes de cobertura/uso del suelo y, de ser posible, datos de caudal medidos en campo, a fin de mejorar la confiabilidad de los caudales de diseño para obras de drenaje pluvial, control de inundaciones, alcantarillas, cunetas y planificación urbana.

Se recomienda, en atención a las observaciones del jurado, fortalecer la validación del parámetro CN mediante la incorporación de datos observados de campo y el uso de metodologías complementarias de calibración hidrológica, así como evaluar la sensibilidad del modelo frente a variaciones en la cobertura del suelo y en las condiciones de humedad antecedente.

Se recomienda considerar la inclusión de análisis comparativos con otras metodologías de estimación de escorrentía, a fin de contrastar resultados y mejorar la robustez de las conclusiones, como lo sugirió el jurado accesitario.

Se recomienda mejorar la presentación y la documentación de los resultados mediante la estandarización de tablas, figuras y referencias conforme a las normas APA vigentes, así como asegurar la claridad en el uso de siglas, ecuaciones y unidades, e incorporar las apreciaciones del jurado durante la evaluación del informe.

REFERENCIAS

Alaska Satellite Facility. (2026). *ALOS PALSAR products.* ASF SAR Data Search Manual.

Alivio, M. B., Radinja, M., Šraj, M., Gribovszki, Z., & Bezak, N. (2024). Comparative analysis of event runoff coefficients and curve numbers in contrasting urban environments based on observed rainfall-runoff data. *Journal of Hydrology, 645*(1), 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132135

Amorim, A. R., Schwamback, D., Simonoes, A., Ramirez-Avila, J., Vasconcelos, J. G., & Oliveira, P. T. (2025). Toward a better understanding of curve number and initial abstraction ratio values from a large sample of watersheds perspective. *Journal of Hydrology, 655*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.132941

Andrieux, P., Voltz, M., Bailly, J. S., Attia, R., & Zante, P. (2025). Predicting the steady-state infiltration rates of agricultural soils of the Mediterranean region from their soil surface conditions. *Geoderma, 461*, 117468. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117468

Arana-Ruedas, D. P., Pino-Vargas, E., del Águila-Ríos, S., & Huayna, G. (2025). Mapping flood-prone areas using GIS and morphometric analysis in the Mantaro Watershed, Peru: Approach to susceptibility assessment and management. *Sustainability, 17*(17), 1-10. https://doi.org/10.3390/su17177809

ASTM International. (2018). *ASTM D3385-18: Standard test method for infiltration rate of soils in field using double-ring infiltrometer.* ASTM International.

Austin-Bingamon, E., Schwartz, B., Hutchins, B., & Altman, S. (2026). Modelling Hydrological Indices at Ungauged Stream Segments to Classify Flow Regime. *Hydrological Processes, 40*(2), 1-15. https://doi.org/10.1002/hyp.70402

Av, A., & Barik, D. K. (2026). A Novel Approach for the SCS-CN Method by Updating Curve Numbers for the Antecedent Soil Moisture Conditions (ASMCs) and Improving its Performance. *Water Resources Management, 40*(1), 46. https://doi.org/10.1007/s11269-025-04452-8

Bajirao, T. S., & Kumar, P. (2022). Quantification of impact of spatio-temporal variability of land use/land cover on runoff generation using modified NRCS-CN method. *Arabian Journal of Geosciences, 15*(7), 610. https://doi.org/10.1007/s12517-022-09931-5

Balthazar, V., Vanacker, V., Molina, A., & Lambin, E. F. (2021). Runoff Curve Number (CN model) evaluation under tropical conditions. *Earth Sciences Research Journal, 25*(4), 397-404.

Bonta, J., Chin, D. A., Johnson, M. S., Miller, J. J., Minervini, W., Ramirez-Avila, J., & Woodward, D. E. (2025). The curve number's initial abstraction and physical hydrology: ASCE-EWRI CN hydrology committee synthesis. *Journal of irrigation and drainage engineering*, *151*(4), 06025002. https://doi.org/10.1061/JIDEDH.IRENG-10449

Bracamonte, E. A. (2021). *Generación de Algoritmo para Determinación de la Curva Número en la Microcuenca Caplina-Tacna, haciendo uso del Sistema de Información Geográfica.* [Tesis para optar el título de ingeniero ambiental, Universidad Privada de Tacna].

Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233.* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón].

Calderón, L. (2026). *Triángulo Textural: Calculador de Propiedades Hidráulicas*. drcalderon: http://www.drcalderonlabs.com/Software/Calculador%20Textural.htm

Campos, T. L. (2025). *Sistemas de información geográfica en la protección de las praderas naturales afectadas por actividades antrópicas en e distrito de Chota, Cajamarca, 2024.* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/4716006f-9ef5-48ee-bffe-e67562895ddc/content

Chiarito, E., Zimmermann, E., & Méndez, S. (2018). Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección. *Cuadernos del Curiham*, *24*(1514), 25-36.

Climática. (2026). *El ciclo hidrológico*. Climática: http://es.contenidos.climantica.org/unidades/3/a-auga-en-movemento/un-movemento-ciclico/o-ciclo-hidroloxico

Crespo, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentación 5a ed.* EDITORIAL LIMUSA, S.A. https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf

Cubas, S. (2024). *Modelamiento Hidrológico de la Cuenca Chotano Empleando el Método del Número de Curva Para Determinar Caudales Máximos - 2021*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipan]. https://hdl.handle.net/20.500.12802/12627

Dalbianco, L., Minella, J. P., Tiruneh, G. A., & Reichert, J. M. (2026). Water infiltration and saturated hydraulic conductivity in an agricultural watershed with pedogenetic

discontinuity. *Scientific Reports, 1*(1), 1-44. https://doi.org/10.1038/s41598-026-46420-1

Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.).* Cengage Learning.

David, S. J., Rahiman, K. A., & Vishnudas, S. (2025). A statistical approach towards performance of infiltration models with field infiltration values. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 140*, 103972. https://doi.org/10.1016/j.pce.2025.103972

Departamento General de Irrigación. (2016). *Partes de una Cuenca.* Argentina: Aquabook.

Duque, G. (2003). *Manual de geología para ingenieros.* https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/57121/clasificaciondesuelos.pdf

Espinales, F. R., Alulema, R. A., & Caicedo, M. D. (2021). Determinación del Número de Curva (CN) de la cuenca del Río Portoviejo. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores, 8*(17), 1-16. https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2600

FAO. (2021). *Permeabilidad del suelo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

Gaspari , F. J., Senisterra, G., & Marlats, R. (2007). Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo Cuenca modal del. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 39*(1), 21-28.

Getahun, E., Prada, A. F., Zhang, Z., Keefer, L., & Qie, G. (2025). Comprehensive hydrologic modeling for evaluating impacts of future water uses and climate change on water resources sustainability. *Water Resources Management, 39*(15), 8117-8134. https://doi.org/10.1007/s11269-025-04333-0

Gnann, S., Baldwin, J. W., Cuthbert, M. O., Gleeson, T., Schwanghart, W., & Wagener, T. (2025). The influence of topography on the global terrestrial water cycle. *Reviews of Geophysics, 63*(1), e2023RG000810. https://doi.org/10.1029/2023RG000810

Gonzáles, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería geológica.* Pearson educación.

Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación.* Efaind. https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf

Gualdrón, D. F., Villate, J. J., & Rodríguez, A. P. (2023). Cálculo y aplicación del método del número de curva del soil conservation services (SCS) para la cuenca alta del río Suárez usando sistemas de información geográfica. *Editorial UPTC,* 19-42.

https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/download/347/277/6995?inline=1

Guevara, E. (2015). *Métodos para el análisis de variables hidrológicas y ambientales.* Autoridad Nacional del Agua. https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/3940/ANA0002522.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hawkins, R. H. (2009). *Curve Number Hydrology: State of the Practice.* American Society of Civil Engineers.

Hawkins, R. H., Jiang, R., Woodward, D. E., Hjelmfelt, A. T., & Van Mullem, J. A. (2002). *Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio.* Arizona Hydrological Society Proceedings.

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte 1. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGrawHill Education. https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Ibrahim, S., Brasi, B., Yu, Q., & Siddig, M. (2022). Curve number estimation using rainfall and runoff data from five catchments in Sudan. *Open Geosciences, 14*(1), 294-303. https://doi.org/10.1515/geo-2022-0356

INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (24 de octubre de 2019). NTP 339.134 SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.

INDECI. (2025). *Reporte preliminar N.° 0942 - 1/5/2025: Lluvias intensas en el distrito de Chota – Cajamarca.* Centro de Operaciones de Emergencia Nacional–INDECI. https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2025/05/REPORTE-PRELIMINAR-N.%C2%BA-0942-1MAY2025-LLUVIAS-INTENSAS-EN-EL-DISTRITO-DE-CHOTA-CAJAMARCA.pdf

Khattab, M. I., Fadl, M. E., Megahed, H. A., Saleem, A. M., El-Saadawy, O., Drosos, M., & Selim, M. K. (2025). Evaluation of the Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method for Flash Flood Runoff Estimation in Arid Regions: A Case Study of

Central Eastern Desert, Egypt. *Hydrology, 12*(3), 54. https://doi.org/10.3390/hydrology12030054

Kourtis, I. M., Perdikaki, M., Zacharakis, I., Zotou, I., Vangelis, H., Kallioras, A., & Tsihrintzis, V. (2025). An online tool and open database for curve number (CN) data retrieval in Europe used for estimating runoff from precipitation events. *Environmental Earth Sciences, 84*(21), 605. https://doi.org/10.1007/s12665-025-12637-y

Lee, K. K., Ling, L., & Yusop, Z. (2023). The revised curve number rainfall–runoff methodology for an improved runoff prediction. *Water, 15*(3), 491. https://doi.org/10.3390/w15030491

Lei, W., Dong, H., Chen, P., Lv, H., Fan, L., & Mei, G. (2020). Study on runoff and infiltration for expansive soil slopes in simulated rainfall. *Water, 12*(1), 222. https://doi.org/10.3390/w12010222

Lin, Z., Wang, Q., Xu, Y., Luo, S., Zhou, C., Yu, Z., & Xu, C. Y. (2024). Soil moisture dynamics and associated rainfall-runoff processes under different land uses and land covers in a humid mountainous watershed. *Journal of Hydrology, 636*, 131249. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131249

Macas, M., Bonilla Zambrano, M., Carriel Reyes, W., Parrales Carriel, J., Riofrio Arrobo, J., & Zambano Flores, N. (2023). Caracterización hidrológica de la microcuenca del estero Hondo, cantón La Maná, Ecuador. *Ciencias Ambientales, 16*(2), 35-48. https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.634

Martínez, A., Mongil, J., & del Río, J. (2026). *Tablas del número de curva*. Oasificación: https://www.oasification.com/tablasden.htm?utm_source=

Mavundla, K. P., Okedi, J., Kalumba, D., & Armitage, N. P. (2025). Estimation of infiltration parameters for groundwater augmentation in Cape Town, South Africa. *Hydrology, 12*(4), 87. https://doi.org/10.3390/hydrology12040087

Metselaar, K. (2023). The NRCS curve number equation derived from an instantaneous unit hydrograph: Some consequences. *Journal of Hydrology X, 19*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.hydroa.2023.100151

MIDAGRI. (2022). *Decreto Supremo N.° 005-2022-MIDAGRI que aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3094866/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%B0%200005-2022-MIDAGRI.pdf.pdf?v=1652390378

Mondragon, D. M. (2021). *Generación de intensidades máximas de la estación.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Mongil, J. (2010). Adaptación de la Tablas del Número de Curva para las Formaciones Vegetales del Parque Nacional de la Caldera de Taburiente (Isla de las Palmas,España). *Boletín Geológico y Minero, 121*(2), 179-188. https://www.researchgate.net/publication/276278814_Adaptacion_de_las_tablas_del_Numero_de_Curva_para_las_formaciones_vegetales_del_parque_Nacional_de_la_caldera_de_Taburiente_isla_de_La_palma_Espana

Moreno-Maroto, J. M., & Alonso-Azcárate, J. (2022). Evaluation of the USDA soil texture triangle through Atterberg limits and an alternative classification system. *Applied Clay Science, 229*, 106689. https://doi.org/10.1016/j.clay.2022.106689

MPCH. (2018). *Plan de desarrollo urbano PDU 2017-2027 Chota.* Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).

MTC. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Mulu, A., Kassa, S. B., Wossene, M. L., Meshesha, T. M., Fenta, A. A., & Hailu, Y. B. (2025). Runoff estimation using the SCS-CN method and GIS: a case study in the Wuseta watershed, upper blue Nile Basin, Ethiopia. *Discover Water, 5*(1), 1-17. https://doi.org/10.1007/s43832-025-00216-y

Municipalidad Provincial de Chota [MPCH]. (2026). *Ubicación geográfica*. Municipalidad Provincial Chota: https://www.munichota.gob.pe/ubicacion-geografica?utm_source

MVCS. (2021). Norma CE.040 Drenaje pluvial R.M. N° 126-2021-Vivienda. En Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-36). Instituto de la Construcción y Gerencia.

NASA Earthdata. (2026). *ALOS PALSAR RTC project.* National Aeronautics and Space Administration.

Nilap, A. R., Rajakumara, H. N., Aldrees, A., Majdi, H. S., & Khan, W. A. (2025). Storm water runoff studies in built-up watershed areas using curve number and remote sensing techniques. *Discover Sustainability, 6*(1), 26. https://doi.org/10.1007/s43621-025-00828-3

NRCS. (2002). *Manual Nacional de Ingeniería, sección 4.* Hidrología, USDA.

Ortiz, O. (2004). Evaluación Hidrológica. Red Latinoamericana de Micro Hidroenergia. *HIDRORED, Red latinoamericana de micro hidroenergía, 1*, 1-16.

Panigrahi, A., & Ramadas, M. (2025). Revisiting the curve number approach for improving surface runoff estimation: A state-of-the-art review. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, *151*(4), 03125001. https://doi.org/10.1061/JIDEDH.IRENG-10173

Paul, A. L., & Beier, N. A. (2025). Atterberg Limits and Strength Relationships of Oil Sands Tailings. *Mining*, *5*(4), 86. https://doi.org/10.3390/mining5040086

Pérez Campomanes, G., Palomino Quispe, J. F., Choque Flores, L., & Romero Valdez, K. K. (2025). Flood simulation for different scenarios generated by the influence of climate change in the Santa Eulalia Basin, Peru. *Civil Engineering and Architecture*, *13*(4), 3237-3247. https://doi.org/10.13189/cea.2025.130428

Pristianto, H., Farida, A., Rusmin, M., Saputra, A., & Iqbal, I. (2024). Hydraulic conductivity and curve number evaluation model for Sorong area's hydrologic soil group. *In AIP Conference Proceedings*, 050008. https://www.researchgate.net/publication/387274251_Hydraulic_conductivity_and_curve_number_evaluation_model_for_Sorong_area%27s_hydrologic_soil_group

Puelles, J. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes.* [Tesisde grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/620953/PUELLES_MJ.pdf?sequence=1

Quispe, P., Ingol-Blanco, E., & Mejia Marcacuzco, A. (2022). Rainfall-runoff modeling using the SCS-CN method and geographic information systems in the Huallaga River Basin, Peru. *Proceedings of the 39th IAHR World Congress*, *1*(1). https://doi.org/10.3850/IAHR-39WC252171192022475

Rajendra, T. C., Gomez, C., Dharumarajan, S., & Kumar, D. N. (2025). Assessing soil texture classification accuracy based on VNIR lab spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *263*, 105419. https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2025.105419

Rehman, M. A., Abd Rahman, N., Rosli, R. N., Jusoh, M. N., Sharil, S., & Mohd Razali, S. F. (2025). Relationship between plasticity index and soil erodibility: a case study of central Malaysian tropical soils. *Scientific Reports*, *115*(1), 40748. https://doi.org/10.1038/s41598-025-24597-1

Resnik, D. B. (2024). *What Is Ethics in Research & Why Is It Important?* National Insttitute of Environmental Health Sciences. https://www.niehs.nih.gov/research/resources/bioethics/whatis

Rubio, N. E. (2016). *Estudio de la calidad del agua en la cuenca media del río San Juan (Chocó) mediante la aplicación de los índices de calidad (Ica) y contaminación (Ico).* [Tesis de maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Cordoba"].

Sarker, S., & Leta, O. T. (2025). Review of watershed hydrology and mathematical models. *Eng*, *6*(6), 129. https://doi.org/10.3390/eng6060129

SENAMHI. (2025). *Datos hidrometeorológicos a nivel nacional. Estación Chota ubicada en las coordenadas Latitud 6°33'14.58", Longitud 78°40'33.15", a 2261 msnm*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi): https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

SENAMHI. (2025). *Estado de las lluvias a nivel nacional 2024-2024.* Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8615856/7130945-informe-tecnico_periodo-de-lluvias-24-25.pdf?v=1758643085

Shadmehri, A., Batelaan, O., Shanafield, M., & Guan, H. (2025). Land Use-Land Cover and Hydrological Modeling: A Review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, *12*(2), e70013. https://doi.org/10.1002/wat2.70013

Sharghi, F., Bauke, S. L., Rahmati, M., Burger, D. J., Vereecken, H., & Amelung, W. (2025). Soil infiltration variability across diverse soil reference groups, textures, and landuse types. *Geoderma, 463*, 117550. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117550

Sharma, I., Mishra, S. K., & Pandey, A. (2022). Can slope adjusted Curve Number models compensate runoff underestimation in steep watersheds?: A study over experimental plots in India. *Physics and Chemistry of the Earth, 127*, 103185. https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103185

Szabó, B., Kolcsár, R. A., Mészáros, J., Laborczi, A., Takács, K., Szatmári, G., & Bakacsi, Z. (2025). National soil hydrologic groups map for environmental applications using data-driven and expert-based methods. *Scientific Data, 12*(1), 1590. https://doi.org/10.1038/s41597-025-05853-5

Ticlla, Y. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a inundación según la metodología CENEPRED, en el río San Mateo, tramo puente "San Mateo" al puente "Lloque Yupanqui", Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. https://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/205

Torres, J. A. (2022). *Variación de la curva número en la subcuenca del río Shullcas y su relación con el riesgo a inundaciones, sector Santa Rosa-Huancayo, 2000-2016.* [Tesis

de maestría, Universidad Continental]. https://repositorio.continental.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/49eea89f-9619-476a-839d-d5041fe3f0f2/content

United States Department of Agriculture [USDA]. (2026). *Soil texture calculator*. Natural Resources Conservation Service: https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator

USACE. (2000). *Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) Technical Reference Manual.* Hydrologic Engineering Center, Davis, California.

USACE-HEC. (2026). *SCS Curve Number loss model. HEC-HMS Technical Reference Manual.* United States Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.

USDA-NRCS. (2004). *National Engineering Handbook, Part 630 – Hydrology, Chapter 10: Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall.* United States Department of Agriculture, Washington D.C.

USDA-NRCS. (2004). *National engineering handbook: Part 630 Hydrology, Chapter 9: Hydrologic soil-cover complexes.* United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.

Van Koni, A. (2006). *Agricultura Orgánica El suelo: sus componentes físico.* https://www.ciaorganico.net/documypublic/498_script-tmp-inta_material_didactico_nro_01_(1).pdf

Villanueva, J. I., & Vidaurre, J. F. (2025). Uso del producto global (GCN250) para la identificación del Número de Curva (CN) en la cuenca alta del Jequetepeque, Perú. *Manglar: Revista de Investigación Científica, 22*(3), 413-421. https://doi.org/10.57188/manglar.2025.043

Villarán, R. F. (2010). *Mejora de los Parámetros de Cálculo del Modelo Número de Curva y su Validación mediante un modelo Hidrológico distribuido.* [Memoria para optar el grado de dotor, Universidad de Huelva]. https://core.ac.uk/download/pdf/60638805.pdf

Villón, M. (2022). *Hidrología, 2ª ed.* Instituto tecnológico de Costa Rica. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=_Hw1EQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&ots=kNZ52zLHWQ&sig=BgYhhPsevkhl_6Mb3nWswbN2tTw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Wałęga, A., Wojkowski, J., Sojka, M., Amatya, D., Młyński, D., Panda, S., & Caldvell, P. (2024). Exploiting satellite data for total direct runoff prediction using CN-based MSME model. *Science of the Total Environment, 908*, 168391. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168391

Wang, M., Zhao, Y., Shi, W., Yu, J., Chen, T., Bao, J., & Chen, H. (2025). A modified curve number method for runoff prediction of different soil types in China. *Catena, 254*, 108957. https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.108957

Woodward, D. E., Hawkins, R. H., Jiang, R., Hjelmfelt, A. T., Van Mullem, J. A., & Quan, Q. D. (2003). Runoff curve number method: Examination of the initial abstraction ratio. En *In World Water & Environmental Resources Congress 2003* (págs. 1-10). American Society of Civil Engineers. https://doi.org/10.1061/40685(2003)308

Yan, B., & Chang, J. (2025). A watershed-scale rainfall infiltration model incorporating water and energy constraints. *Journal of Hydrology, 661*, 133561. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133561

ANEXOS

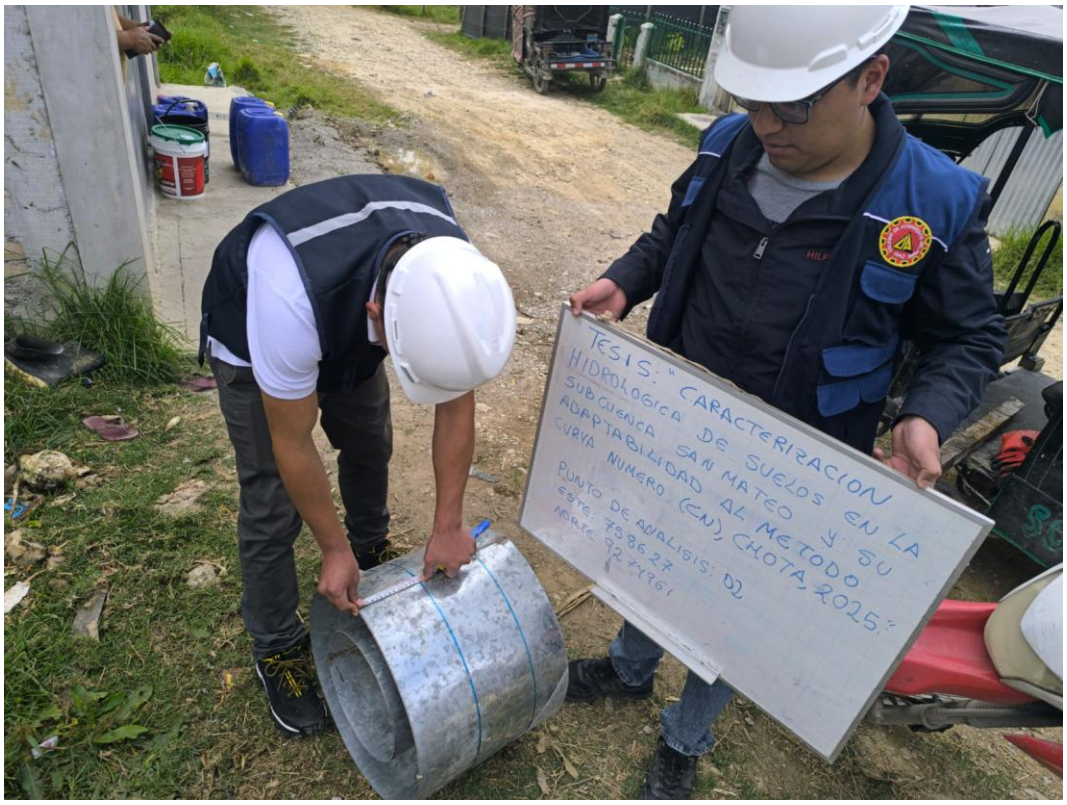
Anexo 1. Matriz de consistencia

Tesis: Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo la caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su Capacidad de Uso Mayor, permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales?	**Objetivo general** Caracterizar hidrológicamente los suelos de la subcuenca San Mateo y evaluar su adaptabilidad al método Curva Número (CN), mediante la propuesta de un valor representativo ajustado a las condiciones locales, Chota, 2025. **Objetivos específicos** • Delimitar fisiográficamente la subcuenca San Mateo mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). • Caracterizar los tipos de suelo de la subcuenca de San Mateo en función de su Capacidad de Uso Mayor (CUM), conforme a los criterios del Decreto Supremo N.° 005-2022-MIDAGRI. • Determinar la tasa de infiltración básica promedio de los grupos de suelos mediante ensayos de infiltración con cilindros infiltrómetros, en función de la CUM. • Clasificar y asignar los grupos hidrológicos de suelo (A, B, C y D) según el comportamiento de infiltración y las características físicas del suelo. • Proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones de la subcuenca San Mateo. • Verificar hidrológicamente el número de curva ponderado de la subcuenca San Mateo mediante precipitaciones máximas corregidas, la estimación de la escorrentía directa y la comparación con el método racional modificado.	H1G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales. H0G. La caracterización hidrológica de los suelos de la subcuenca San Mateo, en función de su capacidad de uso mayor, de sus propiedades físicas y de la respuesta de infiltración, no permitirá proponer un valor representativo del número de curva (CN) ajustado a las condiciones locales.	**VI. Caracterización hidrológica de suelos**	**Fisiografía del terreno**	Pendiente media	Enfoque: cuantitativo Tipo: aplicado Nivel: descriptivo Muestra: La muestra estuvo conformada por 26 puntos de ensayo de infiltración distribuidos en la subcuenca de San Mateo. Cada punto fue seleccionado como representativo de una subárea delimitada por afinidad de pendiente, con el propósito de evaluar espacialmente la respuesta de infiltración del suelo y relacionarla con sus propiedades físicas e hidrológicas.
					Altitud	
					Unidad fisiográfica	
				Capacidad de uso mayor del suelo	Grupo de CUM	
					Clase de CUM	
					Subclase de CUM	
				Propiedades físicas del suelo	Arena	
					Limo	
					Arcilla	
					Clase textural	
					Límite líquido	
					Límite plástico	
				Respuesta de infiltración del suelo	Infiltración acumulada	
					Tasa de infiltración básica	
					Conductividad hidráulica de campo estimada	
				Grupo hidrológico del suelo	Grupo hidrológico del suelo	
				Cobertura y uso del suelo	Tipo de cobertura/uso del suelo	
					Área por cobertura/uso	
			VD. Número de curva (CN) representativo de las condiciones locales	**Asignación base del CN**	CN por unidad homogénea	
					CN ponderado de la subcuenca	
				Ajuste hidrológico local	CN ajustado por pendiente o condición local	
				Condición de humedad antecedente	Precipitación antecedente acumulada	
					Condición AMC/ARC	
					CN ajustado por humedad antecedente	
				Parámetros derivados del método CN	Retención potencial máxima (S)	
					Abstracción inicial (Ia)	
					Escorrentía directa estimada (Q)	
				Representación espacial del CN	Mapa de CN por unidades	
					Superficie por rangos de CN	

Anexo 2. Panel fotográfico

Fotografía 1. Preparación de materiales para el ensay de infiltración con doble anillo



Fotografía 2. Ensayo de infiltración mediante el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 1.



Fotografía 3. Ensayo de infiltración mediante el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 2.



Fotografía 4. Recolección de muestra de suelo en el punto de análisis 2.



Fotografía 5. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 3.



Fotografía 6. Ensayo de infiltración mediante el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 4.



Fotografía 7. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 5



Fotografía 8. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 6



Fotografía 9. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 7



Fotografía 10. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 8



Fotografía 11. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 9



Fotografía 12. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 10



Fotografía 13. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 11



Fotografía 14. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 12



Fotografía 15. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 13



Fotografía 16. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 14



Fotografía 17. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 15



Fotografía 18. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 16



Fotografía 19. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 17



Fotografía 20. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 18



Fotografía 21. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 19



Fotografía 22. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 20



Fotografía 23. Recolección de muestra de suelo en el punto de análisis 20



Fotografía 24. Registro y medición de la carga hidráulica en el punto de análisis 20



Fotografía 25. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 21



Fotografía 26. Ensayo de infiltración por el método del doble anillo en la subcuenca San Mateo, punto de análisis 22



Fotografía 27. Retiro de la capa de materia orgánica para la realización del ensayo de infiltración en el punto de análisis 22



Fotografía 28. Recolección de muestra de suelo en el punto de análisis 22



Fotografía 29. Colocación de agua para el ensayo de infiltración en el punto de análisis 22



Fotografía 30. Registro y medición de la carga hidráulica en el ensayo de infiltración en el punto de análisis 22



Fotografía 31. Ensayo de granulometría mediante lavado en la subcuenca de San Mateo.



Fotografía 32. Ensayo de granulometría mediante tamizado en la subcuenca San Mateo.



Fotografía 33. Ensayo de límites de Atterberg en el suelo de la subcuenca San Mateo.



Fotografía 34. Contenido de humedad del suelo de la subcuenca San Mateo.



Anexo 3. Validación de instrumentos

CARTA 01 DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Chota, 31 de mayo de 2025

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se hace constar que los **instrumentos de recolección de datos** elaborados para la investigación titulada:

"Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método Curva Número (CN), Chota, 2025"

han sido **revisados y validados** para su aplicación en el contexto del presente estudio.

Dichos instrumentos incluyen:

- Ficha técnica de observación directa en campo
- Formato de revisión documental de fuentes secundarias
- Registro de ensayos de infiltración (método Porchet y cilindro infiltrómetro)
- Formato de levantamiento de datos mediante calicatas
- Registro georreferenciado con GPS
- Estructuras de análisis espacial en SIG (ArcGIS / QGIS)

La validación garantiza que estos instrumentos se ajustan a los **objetivos de la investigación**, permiten la recolección de información precisa y pertinente, y cumplen con los **principios éticos y metodológicos** que rigen el desarrollo de investigaciones en ingeniería civil e hidráulica.

Se deja constancia que los formatos han sido evaluados en función de su claridad, pertinencia, coherencia técnica y viabilidad de aplicación en campo.

Sin otro particular, se firma la presente para los fines que estime conveniente.

Atentamente,

JOSELITO BURGA DÍAZ
Ingeniero Civil
Reg.CIP. N° 321522

CARTA 02 DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Chota, 31 de mayo de 2025

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se hace constar que los **instrumentos de recolección de datos** elaborados para la investigación titulada:

"Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método Curva Número (CN), Chota, 2025"

han sido **revisados y validados** para su aplicación en el contexto del presente estudio.

Dichos instrumentos incluyen:

- **Ficha técnica de observación directa en campo**
- **Formato de revisión documental de fuentes secundarias**
- **Registro de ensayos de infiltración (método Porchet y cilindro infiltrómetro)**
- **Formato de levantamiento de datos mediante calicatas**
- **Registro georreferenciado con GPS**
- **Estructuras de análisis espacial en SIG (ArcGIS / QGIS)**

La validación garantiza que estos instrumentos se ajustan a los **objetivos de la investigación**, permiten la recolección de información precisa y pertinente, y cumplen con los **principios éticos y metodológicos** que rigen el desarrollo de investigaciones en ingeniería civil e hidráulica.

Se deja constancia que los formatos han sido evaluados en función de su claridad, pertinencia, coherencia técnica y viabilidad de aplicación en campo.

Sin otro particular, se firma la presente para los fines que estime conveniente.

Atentamente,



THALIA NANCY DEL ROCIO TICLLA RIOS
Ingeniera Civil
Reg.CIP. N° 321548

CARTA 01 DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Chota, 31 de mayo de 2025

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se hace constar que los **instrumentos de recolección de datos** elaborados para la investigación titulada:

"Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca San Mateo y su adaptabilidad al método Curva Número (CN), Chota, 2025"

han sido **revisados y validados** para su aplicación en el contexto del presente estudio.

Dichos instrumentos incluyen:

- **Ficha técnica de observación directa en campo**
- **Formato de revisión documental de fuentes secundarias**
- **Registro de ensayos de infiltración (método Porchet y cilindro infiltrómetro)**
- **Formato de levantamiento de datos mediante calicatas**
- **Registro georreferenciado con GPS**
- **Estructuras de análisis espacial en SIG (ArcGIS / QGIS)**

La validación garantiza que estos instrumentos se ajustan a los **objetivos de la investigación**, permiten la recolección de información precisa y pertinente, y cumplen con los **principios éticos y metodológicos** que rigen el desarrollo de investigaciones en ingeniería civil e hidráulica.

Se deja constancia que los formatos han sido evaluados en función de su claridad, pertinencia, coherencia técnica y viabilidad de aplicación en campo.

Sin otro particular, se firma la presente para los fines que estime conveniente.

Atentamente,



Anexo 3. Parámetros geomorfológicos de la subcuenca

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

Se ha utilizado el Software ArcGis para obtener las áreas parciales entre curvas de nivel. Para finalmente obtener las principales caracteristicas de la Micro Cuenca, que a continuación de detalla:

1.- AREA DE LA MICRO CUENCA

1.1.- DATOS OBTENIDOS DE LA MICRO CUENCA DEL RIO:

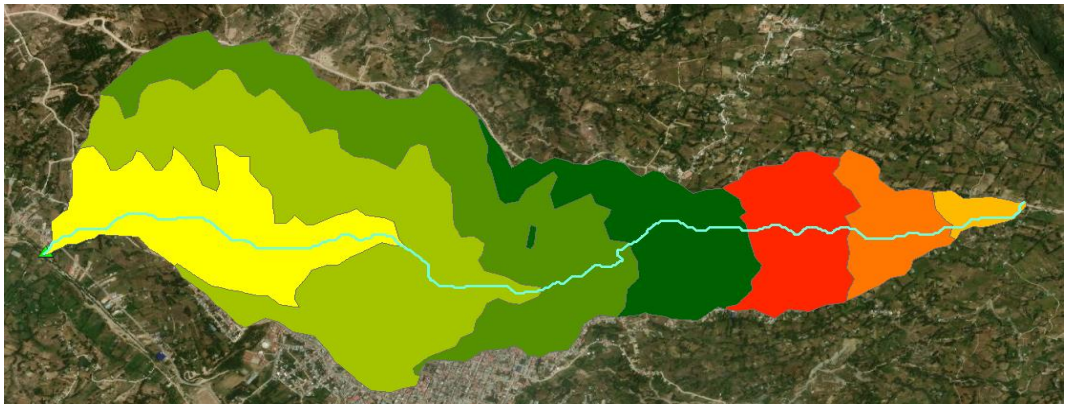
A través del programa ArcGis, obtenemos lo siguiente:

Área total de la Cuenca	6.21	*Km2*
Perímetro de la Cuenca	18.15	*Km*

1.2.- CUADRO DE AREAS PARCIALES Y ACUMULADOS SEGÚN LA ALTITUD

Con el Software ArcGis obtenemos el Areado entre curvas de nivel o cotas, obtenemos las Areas Parciales:

Grafico N° 01: Areas parciales y acumuladas para elaboracion de Curva Hipsometrica



Fuente: ArcGis

Cuadro N° 01: Areas parciales y acumuladas para elaboracion de Curva Hipsometrica

ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
			POR DEBAJO		POR ENCIMA	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
2273.000	0.000	0.00	0.00	0.00	6.21	100.00
2343.000	0.988	15.92	0.99	15.92	5.22	84.08
2414.000	1.927	31.04	2.92	46.96	3.29	53.04
2485.000	1.516	24.42	4.43	71.39	1.78	28.61
2556.000	0.789	12.71	5.22	84.09	0.99	15.91
2627.000	0.562	9.05	5.78	93.14	0.43	6.86
2698.000	0.338	5.45	6.12	98.59	0.09	1.41
2769.000	0.088	1.41	6.21	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	**6.2086**	**100.00**				

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

2.- FACTOR DE RELIEVE

2.1.- Cálculo de la curva Hipsométrica

Grafico N° 02: Curva Hipsometrica de la Micro Cuenca

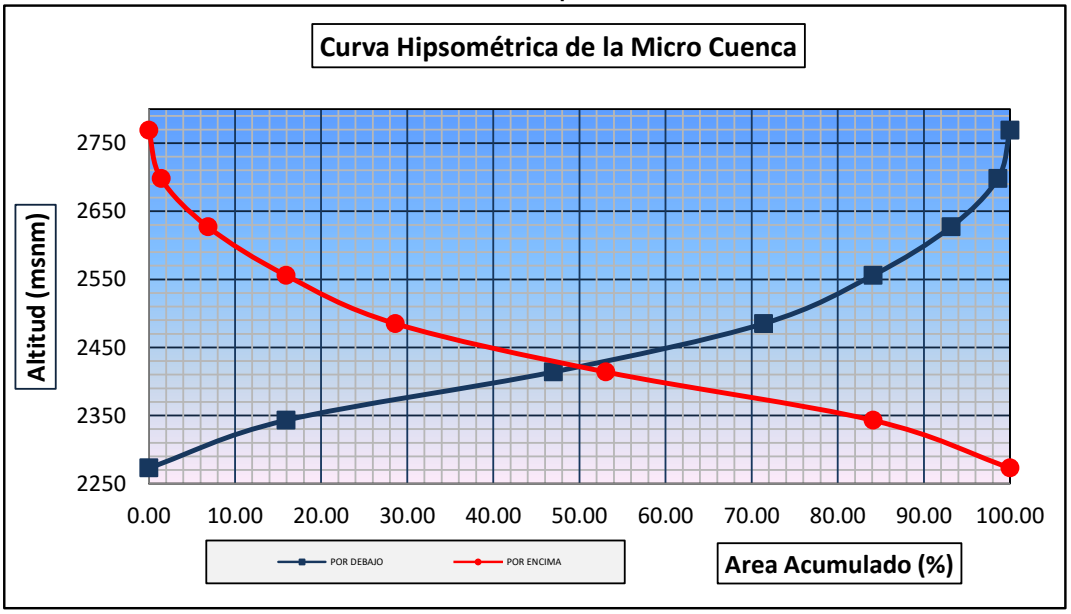
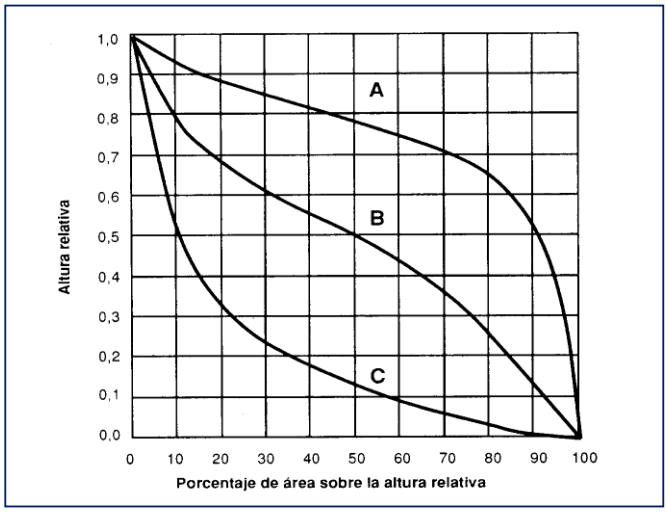


Grafico N° 02: Curva Hipsometrica de la Cuenca



Curva A: fase de juventud
Curva B: fase de madurez
Curva C: fase de vejez

Conclusión:

De acuerdo a la curva Hipsometrica determinada, se puede apreciar que es una cuenca en fase de Madurez.

2.2.- Cálculo de la Altitud Mediana

Altitud Mediana = **2,485.00** msnm (Intersección de las curvas hipsométicas)

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

2.3.- Cálculo de la Altitud Media Ponderada

Altitud media Ponderada: $H = \frac{(\sum a_i c_i)}{A}$ $\quad c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$

Donde :

ai Area parcial de terreno entre curvas de nivel
ci Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel.
A Area de la cuenca

Cuadro N° 02: Areas parciales entre curvas de nivel

	ai	ci(altitud media)	ai*ci
	0.99	2308.0	2281.31
	1.93	2378.5	4583.82
	1.52	2449.5	3714.44
	0.79	2520.5	1988.44
	0.56	2591.5	1456.10
	0.34	2662.5	900.26
	0.09	2733.5	239.61
Σ	6.21	Σ	15163.97

Hp = **2,442.42** msnm

2.4.- Cálculo de la Altitud Media Simple:

Altitud Media Simple:

$$H_{ms} = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Donde:

CM = Cota o altitud más alta de la cuenca
Cm = Cota o altitud más baja de la cuenca

CM =	2,769.00
Cm =	2,273.00

Hms = **2,521.00** msnm

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

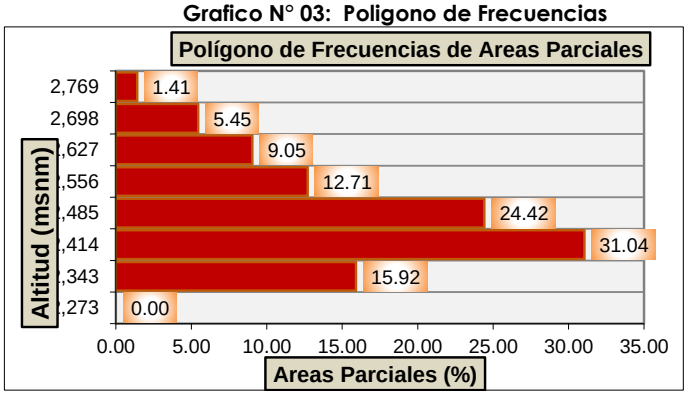
2.5.- Cálculo del Polígono de Frecuencia de Areas Parciales:

COTA (msnm)	. PARCIAL (%)
2273.00	0.00
2343.00	15.92
2414.00	31.04
2485.00	24.42
2556.00	12.71
2627.00	9.05
2698.00	5.45
2769.00	1.41

Altitud mas Frecuente:

Porcentaje de Incidencia:

Grafico N° 03: Poligono de Frecuencias



3.- PARAMETROS DE FORMA:

3.1.- Cálculo del Indice de Gravelius (K): Ó Coeficiente de Compacidad

El Indice de Gravelious (K):

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde :

P =	Perímetro de la cuenca en Km	18.15	Km
A =	Area de la cuenca en Km2	6.21	Km2

Entonces:

K = 2.0549 ➡ **ALARGADA**

Como el valor de K se encuentra entre los rangos de 1.00 - 1.25, la forma de la cuenca es REDONDA, en caso contrario Alargada

3.2.- Cálculo del Rectángulo Equivalente:

Rectángulo Equivalente:

Lado Mayor =

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1+\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

Lado Menor

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12}\left(1-\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$$

Donde:

K =	Coeficiente de Compacidad o Indice de Gravelious	2.0549
A =	Area de la cuenca en Km2	6.21

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

$\frac{K\sqrt{A}}{1.12}$ = 4.572 **(1.12/K)^2 =** 0.297 $\left(\sqrt{1-\left(\frac{1.12}{K}\right)^2}\right)$ = 0.838

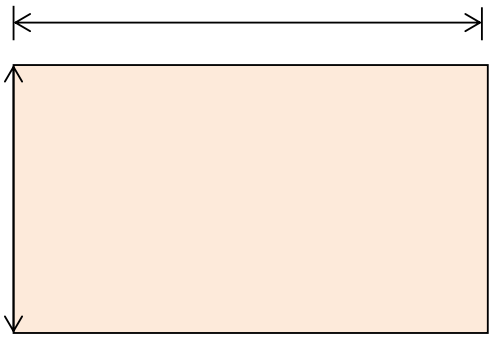
L =	8.404
I =	0.739

Cuadro N° 03: Rectangulo Equivalente

Cota (msnm)	Area Parcial ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
2273.00	0.00	0.00
2343.00	0.99	1.34
2414.00	1.93	2.61
2485.00	1.52	2.05
2556.00	0.79	1.07
2627.00	0.56	0.76
2698.00	0.34	0.46
2769.00	0.09	0.12
	Suma ci= L=	8.40

I= 0.74

L= 8.40 Km



3.3.- Cálculo del Factor Forma:

Factor Forma: $F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$ ***Ff =*** 0.1436

Donde:

L =	Longitud de máximo recorrido	6.58	Km
A =	Area de la cuenca	6.21	Km2

4.- PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO

4.1 Longitud del máximo recorrido (L)

L (km)	6.575 Km	**L (m)**	6575.21

4.2 Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido (So)

$S_0 = \frac{H}{L}$

ΔH= Diferencia de alturas 496.00

L= longitud del cauce principal 6575.21

Pendiente del cauce principal

$S_0 = \frac{H}{L}$

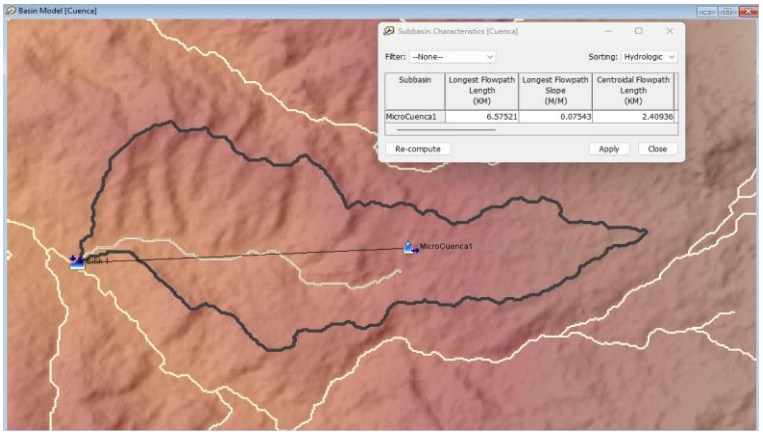
H =	496.00
L =	6575.21

(So): **0.075** m/m

Pendiente del rio = **7.5%**

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

4.3 Pendiente del cauce principal o del máximo recorrido (So)

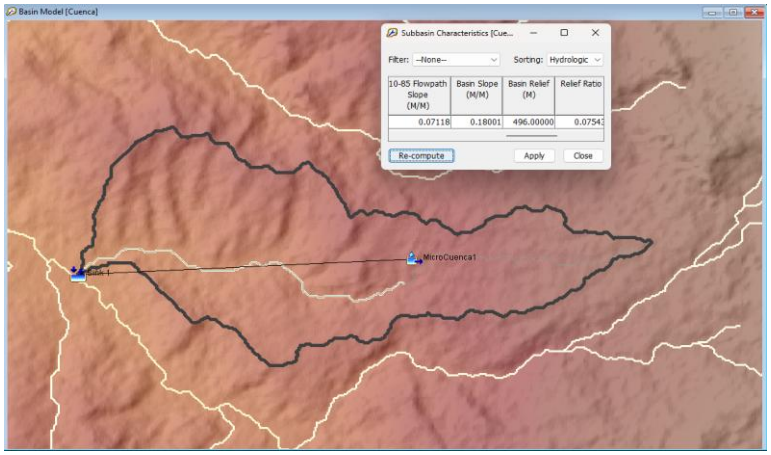


(So):	**0.075**	m/m

Pendiente del rio = **7.5%**

Fuente: HEC - HMS

5.- Pendiente de la cuenca (Sc)



(Sc):	**0.180**	m/m

Pendiente de la Cuenca= 18.0%

Fuente: HEC - HMS

6.- Cálculo del Tiempo de Concentración (Tc)

Tiempo de Concentración (Tc)

Fórmula de KIRPICH

$$Tc = 0{,}01947 * L^{0{,}77} * S^{-0{,}385}$$

Donde:

L = Longitud del curso mayor (m) =	6,575	m
S = pendiente promedio de la cuenca =	0.18	m/m

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

Tc=	**32.80**	minutos
Tc=	**0.55**	horas

Fórmula de TEMEZ

$$Tc = 0.3\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:	L= Longitud del cauce mayor (km)	6.58 Km	
	So= Pendiente promedio del cauce mayor (m	0.075	m/m

Tc=	**2.05**	horas	**Método seleccionado**
Tc=	**123.07**	minutos	

Califonia Culverts

$$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

L longitud del curso de agua más largo, m	6,575.21
H diferencia de nivel entre la divisora de aguas y la salida, m	496.00
Elevación máxima	2,769.00
Elevación mínima	2,273.00

Tc=	**45.92**	minutos
Tc=	**0.77**	horas

Federal Aviation Administration (1970)

$$t_c = \frac{0.7035(1.1 - C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

C coeficiente de escorrentía	0.53
L longitud del flujo superficial, m	6,575.21
S pendiente de la superficie m/m	0.18

Tc=	**57.55**	minutos
Tc=	**0.96**	horas

Fórmula de GIANDOTTI

$Tc = (4*S^{1/2}+1,5*L/(0,8*H^{1/2}))$

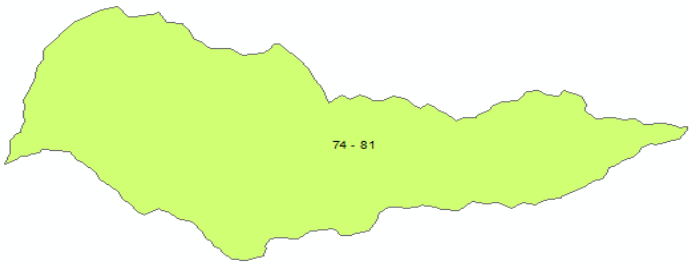
Donde:	S = Superficie de la cuenca en Km^2 =	6.209	Km^2
	L = Longitud del Río Principal en Km=	6.575	Km
	H = Altitud Media en metros, descontando la d	2442.42	m
	origen de la cuenca sobre el punto en estudio =		

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

Tc=	**0.50**	horas
Tc=	**30.09**	minutos

7.- Curva Numero.



Condiciones Normales

Áreas	CN	Área Km2
A1=	74 - 81	6.210
Área de la Cuenca		6.210

Grupo Hídrologico del Suelo

pertenece al tipo (D)

A1=	CN=	81

Curva numero

CN	**81.00**

8.-Abstracciones Iniciales o Umbral de escorentia

abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial.

$$P_o = \left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$$

11.73

Donde:
CN : Número de curva

9.-Tiempo de retardo.

Tr = 0.6*Tc

Tr= **73.84** minutos

Donde:
Lag time: Tiempo de retardo.
Tc : Tiempo de concentración

10. Coeficiente orográfico (Co)

$$C_o = \frac{H^2}{A}$$

H= Altitud media	2.49	km
A= área de la cuenca	6.210	km2

Co= 0.9944

	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN LA SUBCUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NÚMERO (CN), CHOTA, 2025	

PRINCIPALES PARAMETROS DE LA MICRO CUENCA

11. Resumen de resultados

Parámetro geomorfológico	Valor
Área (km2)	6.21
Perímetro (km)	18.15
Coeficiente de compacidad	2.055
Altitud media (msnm)	2,442.42
Pendiente de la cuenca (%)	18.00%
Longitud del máximo recorrido (km)	6.58 Km
Pendiente del cauce principal (%)	7.5%
Tiempo de concentración (minutos)	123.07

Anexo 4. Resultados de ensayos de mecánica de suelos en campo y gabinete

TESIS

"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL MÉTODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

TESISTAS

- Bach. JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO
- Bach. JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO



Chota, enero del 2026

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	758736	NORTE	9274717
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 01	M-01	**Muestra/Calicata:**	**CLASIFICACIÓN SUCS:**	CL	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026				

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	28.7000		2.5000	13.0000	13.0000	312.0000	0.9163	2.5649	18.4825	202.5629
3	6.5000	27.2000		4.0000	15.0000	28.0000	225.0000	1.8718	3.3322	28.5930	120.5274
4	11.0000	25.6000		4.5000	16.0000	44.0000	213.3333	2.3979	3.7842	36.3577	90.5613
5	15.0000	24.9000		4.0000	7.0000	51.0000	105.0000	2.7081	3.9318	41.8897	76.5164
6	25.0000	24.5000		10.0000	4.0000	55.0000	24.0000	3.2189	4.0073	52.8951	57.9714
7	35.0000	23.1000		10.0000	14.0000	69.0000	84.0000	3.5553	4.2341	61.6801	48.2854
8	45.0000	21.5000		10.0000	16.0000	85.0000	96.0000	3.8067	4.4427	69.1810	42.1224
9	55.0000	21.3000		10.0000	2.0000	87.0000	12.0000	4.0073	4.4659	75.8201	37.7711
10	65.0000	21.2000		10.0000	1.0000	88.0000	6.0000	4.1744	4.4773	81.8304	34.4937
11	75.0000	21.1000		10.0000	1.0000	89.0000	6.0000	4.3175	4.4886	87.3564	31.9133
12	90.0000	21.0000		15.0000	1.0000	90.0000	4.0000	4.4998	4.4998	94.9409	28.9034
13	105.0000	21.0000		15.0000	0.0000	90.0000	0.0000	4.6540	4.4998	101.8649	26.5812
14	120.0000	21.0000		15.0000	0.0000	90.0000	0.0000	4.7875	4.4998	108.2697	24.7209
15	135.0000	21.0000	21.0000	15.0000	0.0000	90.0000	0.0000	4.9053	4.4998	114.2526	23.1884

b	0.457
ln(a)	2.498
a	12.163
r	0.953
Coef. velocidad	333.257
Exponente velocidad	-0.543
Infiltración a t final medido (mm/h)	23.1884
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	3.333

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

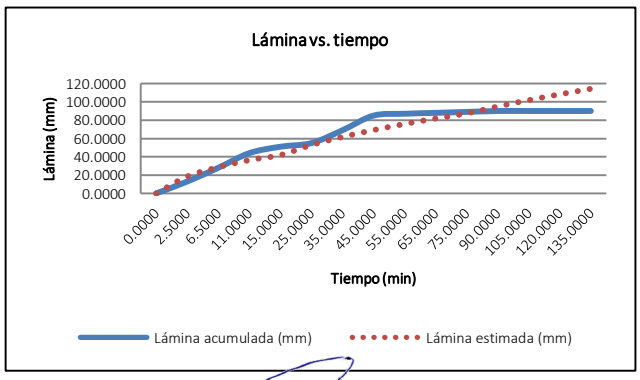
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

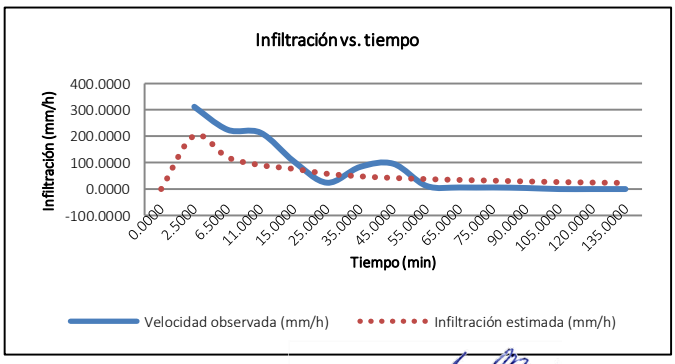
LAM = 12.163*(Tiempo)^0.4567

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 333.26*(Tiempo)^-0.5433





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758627 NORTE 9274961

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 02 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.8000		2.5000	2.0000	2.0000	48.0000	0.9163	0.6931	2.6208	46.0938
3	6.5000	29.5000		4.0000	3.0000	5.0000	45.0000	1.8718	1.6094	5.2788	35.7079
4	11.0000	29.2000		4.5000	3.0000	8.0000	40.0000	2.3979	2.0794	7.7619	31.0254
5	15.0000	28.7000		4.0000	5.0000	13.0000	75.0000	2.7081	2.5649	9.7426	28.5579
6	25.0000	28.5000		10.0000	2.0000	15.0000	12.0000	3.2189	2.7081	14.1660	24.9144
7	35.0000	28.0000		10.0000	5.0000	20.0000	30.0000	3.5553	2.9957	18.1273	22.7723
8	45.0000	27.5000		10.0000	5.0000	25.0000	30.0000	3.8067	3.2189	21.7929	21.2933
9	55.0000	27.3000		10.0000	2.0000	27.0000	12.0000	4.0073	3.2958	25.2452	20.1817
10	65.0000	26.8000		10.0000	5.0000	32.0000	30.0000	4.1744	3.4657	28.5328	19.3007
11	75.0000	26.5000		10.0000	3.0000	35.0000	18.0000	4.3175	3.5553	31.6874	18.5766
12	90.0000	26.4000		15.0000	1.0000	36.0000	4.0000	4.4998	3.5835	36.2169	17.6934
13	105.0000	26.3200		15.0000	0.8000	36.8000	3.2000	4.6540	3.6055	40.5481	16.9794
14	120.0000	26.3000		15.0000	0.2000	37.0000	0.8000	4.7875	3.6109	44.7165	16.3843
15	135.0000	26.3000	26.3000	15.0000	0.0000	37.0000	0.0000	4.9053	3.6109	48.7476	15.8767

b	0.733
ln(a)	0.292
a	1.339
r	0.983
Coef. velocidad	58.880
Exponente velocidad	-0.267
Infiltración a t final medido (mm/h)	15.8767
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	2.667

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

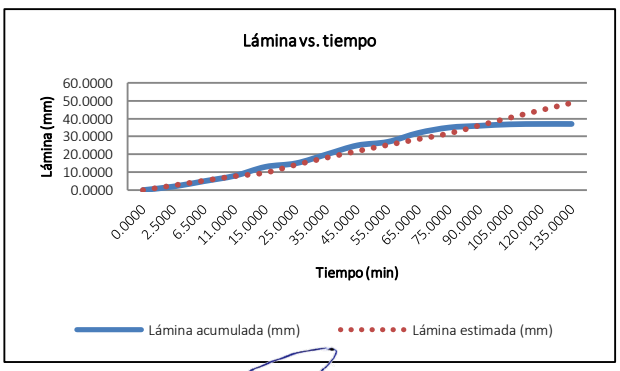
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

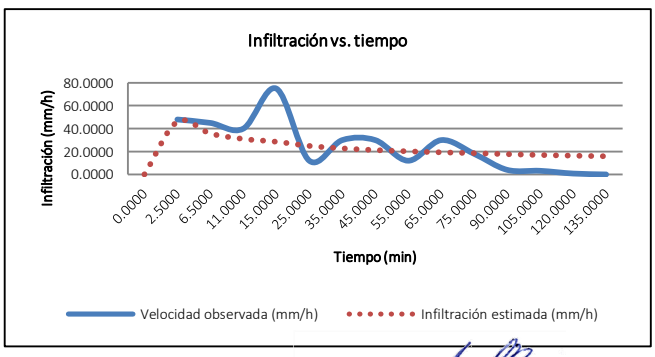
LAM = 1.339*(Tiempo)^0.7328

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 58.88*(Tiempo)^-0.2672





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758616 NORTE 9275232

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 01 M-03 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** SM

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	28.3000		2.5000	17.0000	17.0000	408.0000	0.9163	2.8332	18.5030	212.1390
3	6.5000	27.0000		4.0000	13.0000	30.0000	195.0000	1.8718	3.4012	29.2066	128.7909
4	11.0000	26.4000		4.5000	6.0000	36.0000	80.0000	2.3979	3.5835	37.5516	97.8483
5	15.0000	25.0000		4.0000	14.0000	50.0000	210.0000	2.7081	3.9120	43.5487	83.2150
6	25.0000	24.3000		10.0000	7.0000	57.0000	42.0000	3.2189	4.0431	55.5847	63.7284
7	35.0000	23.7000		10.0000	6.0000	63.0000	36.0000	3.5553	4.1431	65.2773	53.4579
8	45.0000	22.8000		10.0000	9.0000	72.0000	54.0000	3.8067	4.2767	73.6041	46.8821
9	55.0000	21.6000		10.0000	12.0000	84.0000	72.0000	4.0073	4.4308	81.0093	42.2172
10	65.0000	20.8800		10.0000	7.2000	91.2000	43.2000	4.1744	4.5131	87.7391	38.6899
11	75.0000	20.2800		10.0000	6.0000	97.2000	36.0000	4.3175	4.5768	93.9468	35.9036
12	90.0000	19.5000		15.0000	7.8000	105.0000	31.2000	4.4998	4.6540	102.4962	32.6424
	105.0000	18.8000		15.0000	7.0000	112.0000	28.0000	4.6540	4.7185	110.3288	30.1174
	120.0000	18.8000		15.0000	0.0000	112.0000	0.0000	4.7875	4.7185	117.5960	28.0885
13	135.0000	18.8000	18.8000	15.0000	0.0000	112.0000	0.0000	4.9053	4.7185	124.4024	26.4127

b	0.478
ln(a)	2.480
a	11.944
r	0.994
Coef. velocidad	342.342
Exponente velocidad	-0.522
Infiltración a t final medido (mm/h)	26.4127
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	31.733

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

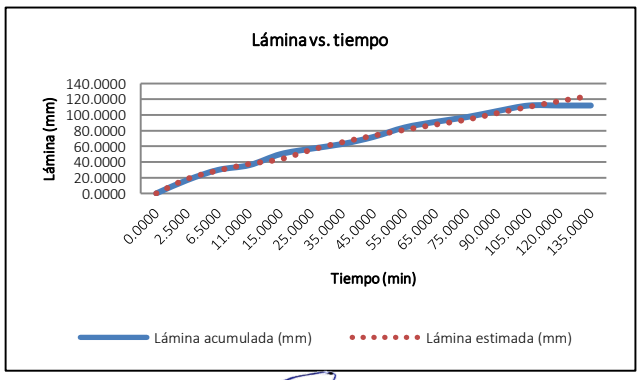
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

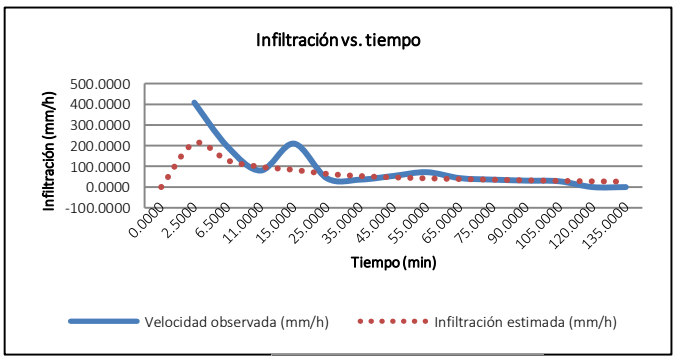
LAM = 11.944*(Tiempo)^0.4777

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 342.34*(Tiempo)^-0.5223





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758417.89 NORTE 9275487.6

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 04 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** SM

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	28.7000		2.5000	13.0000	13.0000	312.0000	0.9163	2.5649	14.1655	149.9926
3	6.5000	28.1000		4.0000	6.0000	19.0000	90.0000	1.8718	2.9444	21.5931	87.9385
4	11.0000	27.6000		4.5000	5.0000	24.0000	66.6667	2.3979	3.1781	27.2344	65.5394
5	15.0000	26.3000		4.0000	13.0000	37.0000	195.0000	2.7081	3.6109	31.2281	55.1101
6	25.0000	25.6000		10.0000	7.0000	44.0000	42.0000	3.2189	3.7842	39.1222	41.4248
7	35.0000	24.8000		10.0000	8.0000	52.0000	48.0000	3.5553	3.9512	45.3830	34.3244
8	45.0000	24.3000		10.0000	5.0000	57.0000	30.0000	3.8067	4.0431	50.7045	29.8271
9	55.0000	23.8000		10.0000	5.0000	62.0000	30.0000	4.0073	4.1271	55.3983	26.6631
10	65.0000	23.3000		10.0000	5.0000	67.0000	30.0000	4.1744	4.2047	59.6356	24.2867
11	75.0000	23.3000		10.0000	0.0000	67.0000	0.0000	4.3175	4.2047	63.5220	22.4203
	90.0000	23.3000		15.0000	0.0000	67.0000	0.0000	4.4998	4.2047	68.8428	20.2485
	105.0000	23.3000		15.0000	0.0000	67.0000	0.0000	4.6540	4.2047	73.6876	18.5773
	120.0000	23.3000		15.0000	0.0000	67.0000	0.0000	4.7875	4.2047	78.1592	17.2415
15	135.0000	23.3000	23.3000	15.0000	0.0000	67.0000	0.0000	4.9053	4.2047	82.3281	16.1433

b	0.441
ln(a)	2.247
a	9.455
r	0.971
Coef. velocidad	250.289
Exponente velocidad	-0.559
Infiltración a t final medido (mm/h)	16.1433
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	30.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

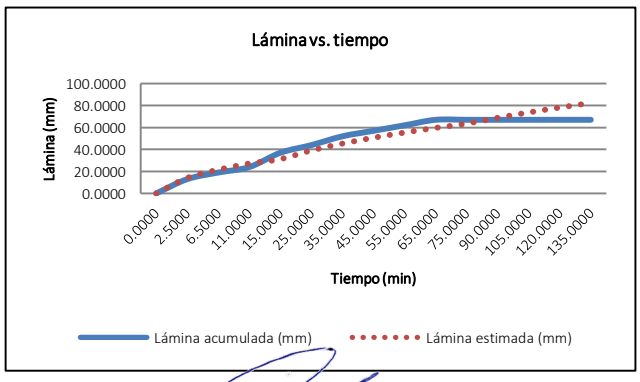
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

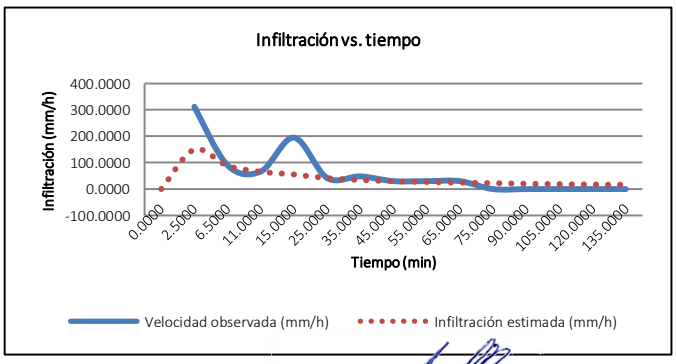
LAM = 9.455*(Tiempo)^0.4412

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 250.29*(Tiempo)^-0.5588





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758281 NORTE 9276103

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 05 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** ML

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	22.1000		2.5000	79.0000	79.0000	1896.0000	0.9163	4.3694	116.3668	620.2311
3	6.5000	14.7000		4.0000	74.0000	153.0000	1110.0000	1.8718	5.0304	143.8756	294.9431
4	11.0000	9.7000		4.5000	50.0000	203.0000	666.6667	2.3979	5.3132	161.7068	195.8845
5	15.0000	7.5000		4.0000	22.0000	225.0000	330.0000	2.7081	5.4161	173.2377	153.8918
6	25.0000	7.4000		10.0000	1.0000	226.0000	6.0000	3.2189	5.4205	194.0488	103.4273
7	35.0000	7.3000		10.0000	1.0000	227.0000	6.0000	3.5553	5.4250	209.1045	79.6085
8	45.0000	7.2000		10.0000	1.0000	228.0000	6.0000	3.8067	5.4293	221.1070	65.4718
9	55.0000	7.2000		10.0000	0.0000	228.0000	0.0000	4.0073	5.4293	231.1835	56.0091
10	65.0000	7.2000		10.0000	0.0000	228.0000	0.0000	4.1744	5.4293	239.9215	49.1836
11	75.0000	7.2000		10.0000	0.0000	228.0000	0.0000	4.3175	5.4293	247.6686	44.0022
12	90.0000	7.2000		15.0000	0.0000	228.0000	0.0000	4.4998	5.4293	257.9026	38.1837
13	105.0000	7.2000	7.2000	15.0000	0.0000	228.0000	0.0000	4.6540	5.4293	266.8845	33.8687

b	0.222
ln(a)	4.553
a	94.941
r	0.820
Coef. velocidad	1265.081
Exponente velocidad	-0.778
Infiltración a t final medido (mm/h)	33.8687
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

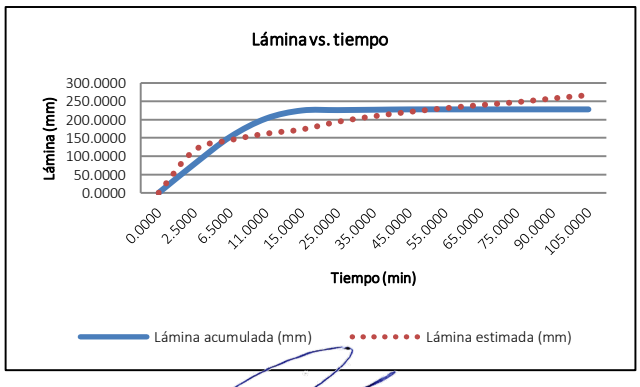
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

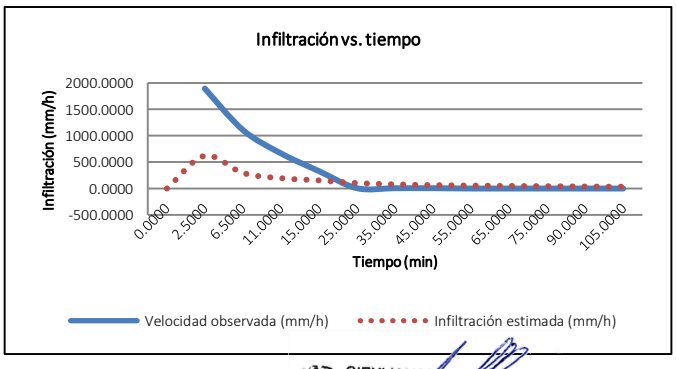
LAM = 94.941*(Tiempo)^0.2221

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 1265.08*(Tiempo)^-0.7779





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758767 NORTE 9276217

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 06 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** ML

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.2966	31.9838
3	6.5000	29.7000		4.0000	2.0000	3.0000	30.0000	1.8718	1.0986	3.4619	32.8443
4	11.0000	29.6000		4.5000	1.0000	4.0000	13.3333	2.3979	1.3863	5.9449	33.3279
5	15.0000	29.0000		4.0000	6.0000	10.0000	90.0000	2.7081	2.3026	8.1769	33.6163
6	25.0000	28.0000		10.0000	10.0000	20.0000	60.0000	3.2189	2.9957	13.8230	34.0968
7	35.0000	27.0000		10.0000	10.0000	30.0000	60.0000	3.5553	3.4012	19.5339	34.4171
8	45.0000	26.0000		10.0000	10.0000	40.0000	60.0000	3.8067	3.6889	25.2910	34.6582
9	55.0000	25.8000		10.0000	2.0000	42.0000	12.0000	4.0073	3.7377	31.0840	34.8520
10	65.0000	25.5500		10.0000	2.5000	44.5000	15.0000	4.1744	3.7955	36.9066	35.0141
11	75.0000	25.3000		10.0000	2.5000	47.0000	15.0000	4.3175	3.8501	42.7542	35.1536
12	90.0000	25.3000		15.0000	0.0000	47.0000	0.0000	4.4998	3.8501	51.5656	35.3321
13	105.0000	25.3000		15.0000	0.0000	47.0000	0.0000	4.6540	3.8501	60.4180	35.4838
14	120.0000	25.3000		15.0000	0.0000	47.0000	0.0000	4.7875	3.8501	69.3058	35.6157
15	135.0000	25.3000	20.0000	15.0000	0.0000	47.0000	0.0000	4.9053	3.8501	78.2246	35.7324

b	1.028
ln(a)	-0.682
a	0.506
r	0.965
Coef. velocidad	31.180
Exponente velocidad	0.028
Infiltración a t final medido (mm/h)	35.7324
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	14.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

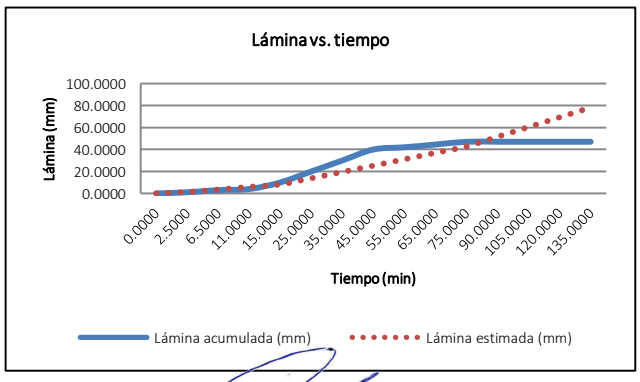
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

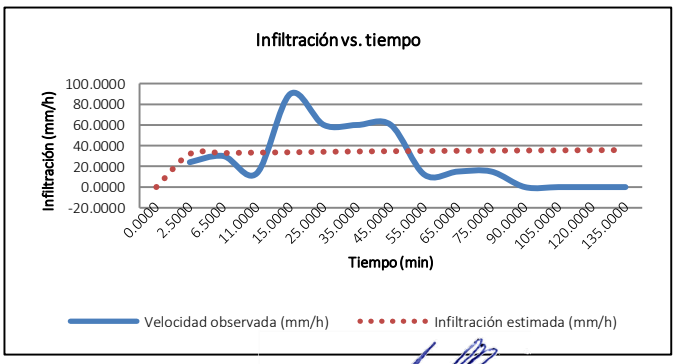
LAM = 0.506*(Tiempo)^1.0278

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 31.18*(Tiempo)^0.0278





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 758592 NORTE 9275805

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 07 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** SC-SM

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	28.4000		2.5000	16.0000	16.0000	384.0000	0.9163	2.7726	23.8413	197.3517
3	6.5000	26.7000		4.0000	17.0000	33.0000	255.0000	1.8718	3.4965	33.1479	105.5344
4	11.0000	25.1000		4.5000	16.0000	49.0000	213.3333	2.3979	3.8918	39.7429	74.7685
5	15.0000	24.5000		4.0000	6.0000	55.0000	90.0000	2.7081	4.0073	44.2301	61.0208
6	25.0000	23.8000		10.0000	7.0000	62.0000	42.0000	3.2189	4.1271	52.7515	43.6663
7	35.0000	23.2000		10.0000	6.0000	68.0000	36.0000	3.5553	4.2195	59.2428	35.0283
8	45.0000	22.8000		10.0000	4.0000	72.0000	24.0000	3.8067	4.2767	64.6070	29.7111
9	55.0000	22.5000		10.0000	3.0000	75.0000	18.0000	4.0073	4.3175	69.2370	26.0512
10	65.0000	22.4000		10.0000	1.0000	76.0000	6.0000	4.1744	4.3307	73.3435	23.3507
11	75.0000	22.3000		10.0000	1.0000	77.0000	6.0000	4.3175	4.3438	77.0543	21.2612
12	90.0000	22.3000		15.0000	0.0000	77.0000	0.0000	4.4998	4.3438	82.0553	18.8676
13	105.0000	22.3000		15.0000	0.0000	77.0000	0.0000	4.6540	4.3438	86.5360	17.0553
14	120.0000	22.3000		15.0000	0.0000	77.0000	0.0000	4.7875	4.3438	90.6147	15.6268
15	135.0000	22.3000	20.0000	15.0000	0.0000	77.0000	0.0000	4.9053	4.3438	94.3717	14.4664

b	0.345
ln(a)	2.855
a	17.381
r	0.920
Coef. velocidad	359.691
Exponente velocidad	-0.655
Infiltración a t final medido (mm/h)	14.4664
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	10.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

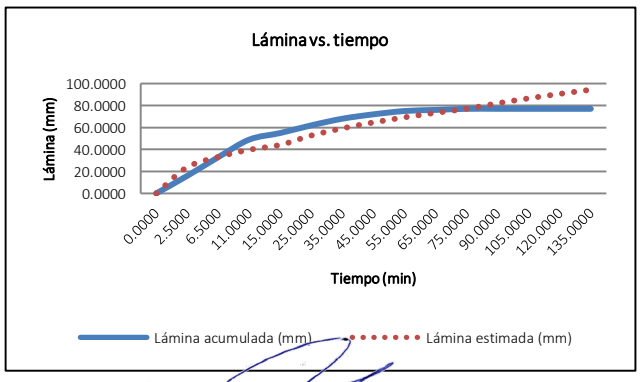
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

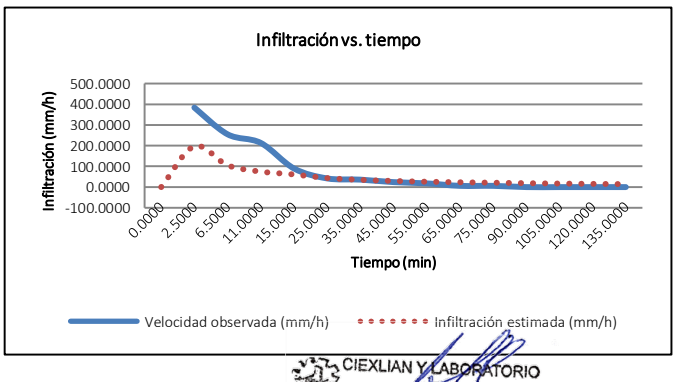
LAM = 17.381*(Tiempo)^0.3449

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 359.69*(Tiempo)^-0.6551





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	759144	NORTE	9275918
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 08	M-01	**Muestra/Calicata:**	**CLASIFICACIÓN SUCS:**	ML
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	3.0029	55.7388
3	6.5000	29.3000		4.0000	6.0000	7.0000	90.0000	1.8718	1.9459	6.2875	44.8880
4	11.0000	28.6000		4.5000	7.0000	14.0000	93.3333	2.3979	2.6391	9.4447	39.8437
5	15.0000	27.7000		4.0000	9.0000	23.0000	135.0000	2.7081	3.1355	12.0052	37.1398
6	25.0000	27.0000		10.0000	7.0000	30.0000	42.0000	3.2189	3.4012	17.8217	33.0804
7	35.0000	26.6000		10.0000	4.0000	34.0000	24.0000	3.5553	3.5264	23.1188	30.6521
8	45.0000	26.3000		10.0000	3.0000	37.0000	18.0000	3.8067	3.6109	28.0789	28.9554
9	55.0000	26.2000		10.0000	1.0000	38.0000	6.0000	4.0073	3.6376	32.7931	27.6683
10	65.0000	26.1000		10.0000	1.0000	39.0000	6.0000	4.1744	3.6636	37.3159	26.6406
11	75.0000	26.0000		10.0000	1.0000	40.0000	6.0000	4.3175	3.6889	41.6831	25.7906
12	90.0000	26.0000		15.0000	0.0000	40.0000	0.0000	4.4998	3.6889	47.9955	24.7469
13	105.0000	26.0000		15.0000	0.0000	40.0000	0.0000	4.6540	3.6889	54.0727	23.8974
14	120.0000	26.0000		15.0000	0.0000	40.0000	0.0000	4.7875	3.6889	59.9556	23.1852
15	135.0000	26.0000	20.0000	15.0000	0.0000	40.0000	0.0000	4.9053	3.6889	65.6737	22.5746

b	0.773
ln(a)	0.391
a	1.478
r	0.892
Coef. velocidad	68.600
Exponente velocidad	-0.227
Infiltración a t final medido (mm/h)	22.5746
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

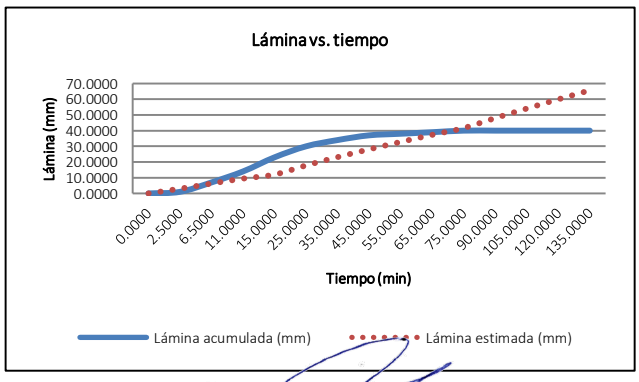
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

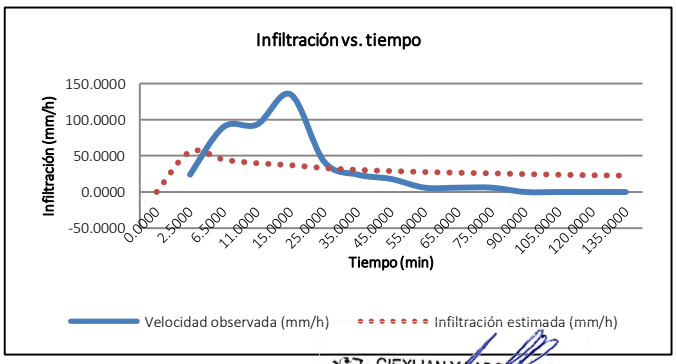
LAM = 1.478*(Tiempo)^0.7734

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 68.60*(Tiempo)^-0.2266





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 759718 NORTE 9275562

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 09 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** ML

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.6000		2.5000	4.0000	4.0000	96.0000	0.9163	1.3863	2.9463	46.0050
3	6.5000	29.5000		4.0000	1.0000	5.0000	15.0000	1.8718	1.6094	5.4860	32.9472
4	11.0000	29.3000		4.5000	2.0000	7.0000	26.6667	2.3979	1.9459	7.7252	27.4152
5	15.0000	29.2000		4.0000	1.0000	8.0000	15.0000	2.7081	2.0794	9.4525	24.5997
6	25.0000	29.1000		10.0000	1.0000	9.0000	6.0000	3.2189	2.1972	13.1791	20.5787
7	35.0000	28.5000		10.0000	6.0000	15.0000	36.0000	3.5553	2.7081	16.4043	18.2963
8	45.0000	28.0000		10.0000	5.0000	20.0000	30.0000	3.8067	2.9957	19.3183	16.7583
9	55.0000	27.5000		10.0000	5.0000	25.0000	30.0000	4.0073	3.2189	22.0125	15.6236
10	65.0000	27.1000		10.0000	4.0000	29.0000	24.0000	4.1744	3.3673	24.5398	14.7378
11	75.0000	26.8000		10.0000	3.0000	32.0000	18.0000	4.3175	3.4657	26.9343	14.0191
12	90.0000	26.5000		15.0000	3.0000	35.0000	12.0000	4.4998	3.5553	30.3265	13.1539
13	105.0000	26.5000		15.0000	0.0000	35.0000	0.0000	4.6540	3.5553	33.5258	12.4642
14	120.0000	26.5000		15.0000	0.0000	35.0000	0.0000	4.7875	3.5553	36.5687	11.8960
15	135.0000	26.5000	26.5000	15.0000	0.0000	35.0000	0.0000	4.9053	3.5553	39.4812	11.4164

b	0.651
ln(a)	0.484
a	1.623
r	0.975
Coef. velocidad	63.364
Exponente velocidad	-0.349
Infiltración a t final medido (mm/h)	11.4164
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	18.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

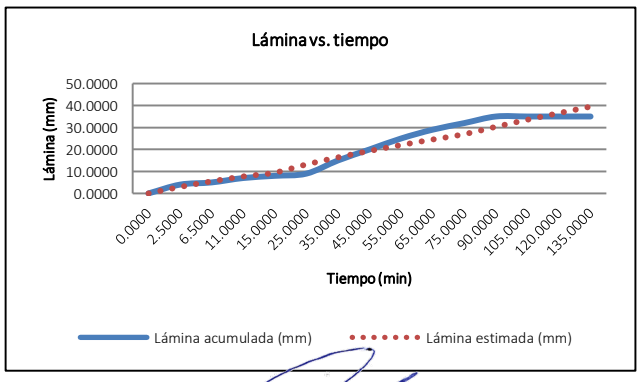
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

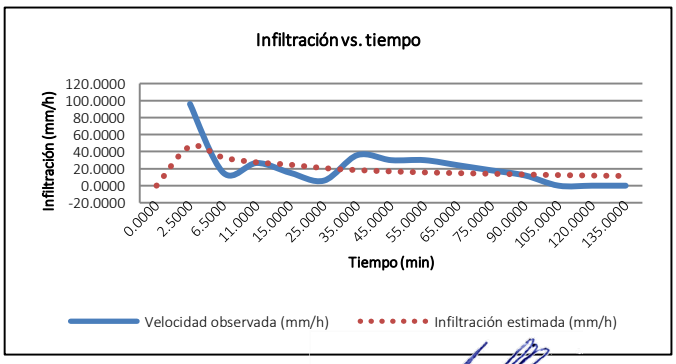
LAM = 1.623*(Tiempo)^0.6506

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 63.36*(Tiempo)^-0.3494





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	759631	NORTE	9275840
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 10	M-01	**Muestra/Calicata:**	**CLASIFICACIÓN SUCS:**	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	25.8000		2.5000	42.0000	42.0000	1008.0000	0.9163	3.7377	63.8788	508.0386
3	6.5000	20.9000		4.0000	49.0000	91.0000	735.0000	1.8718	4.5109	87.6741	268.1871
4	11.0000	17.0000		4.5000	39.0000	130.0000	520.0000	2.3979	4.8675	104.3723	188.6568
5	15.0000	15.7000		4.0000	13.0000	143.0000	195.0000	2.7081	4.9628	115.6703	153.3241
6	25.0000	15.0000		10.0000	7.0000	150.0000	42.0000	3.2189	5.0106	137.0057	108.9628
7	35.0000	11.8000		10.0000	32.0000	182.0000	192.0000	3.5553	5.2040	153.1661	87.0111
8	45.0000	11.0000		10.0000	8.0000	190.0000	48.0000	3.8067	5.2470	166.4682	73.5527
9	55.0000	10.8000		10.0000	2.0000	192.0000	12.0000	4.0073	5.2575	177.9145	64.3174
10	65.0000	10.6000		10.0000	2.0000	194.0000	12.0000	4.1744	5.2679	188.0413	57.5201
11	75.0000	10.4000		10.0000	2.0000	196.0000	12.0000	4.3175	5.2781	197.1732	52.2717
12	90.0000	10.4000		15.0000	0.0000	196.0000	0.0000	4.4998	5.2781	209.4532	46.2727
13	105.0000	10.4000		15.0000	0.0000	196.0000	0.0000	4.6540	5.2781	220.4307	41.7410
14	120.0000	10.4000		15.0000	0.0000	196.0000	0.0000	4.7875	5.2781	230.4037	38.1758
15	135.0000	10.4000	10.4000	15.0000	0.0000	196.0000	0.0000	4.9053	5.2781	239.5745	35.2847

b	0.331
ln(a)	3.853
a	47.151
r	0.911
Coef. velocidad	937.490
Exponente velocidad	-0.669
Infiltración a t final medido (mm/h)	35.2847
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	12.000
Clasificación SUCS	CL

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

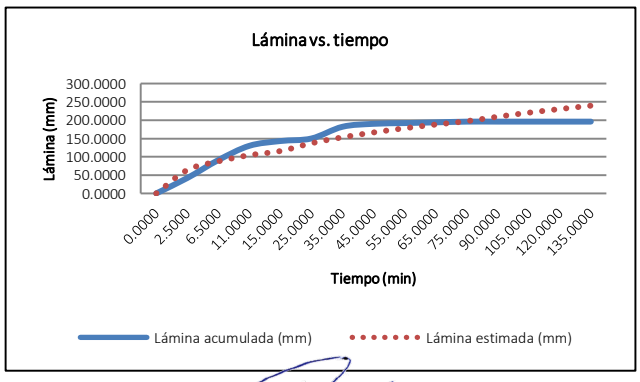
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

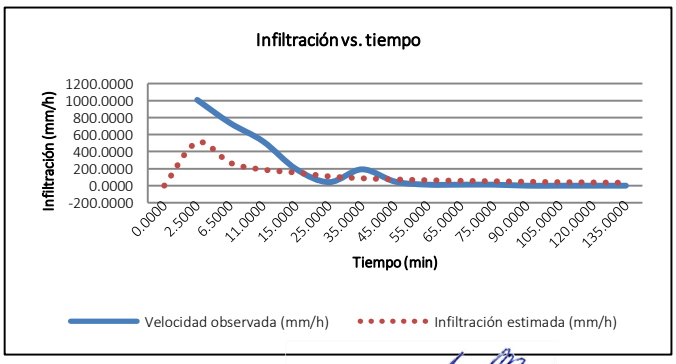
LAM = 47.151*(Tiempo)^0.3314

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 937.49*(Tiempo)^-0.6686





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 763098 NORTE 9275179

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 11 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: SC

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.1000		2.5000	9.0000	9.0000	216.0000	0.9163	2.1972	8.4711	106.5988
3	6.5000	28.8000		4.0000	3.0000	12.0000	45.0000	1.8718	2.4849	13.9805	67.6643
4	11.0000	28.5000		4.5000	3.0000	15.0000	40.0000	2.3979	2.7081	18.4212	52.6839
5	15.0000	27.8000		4.0000	7.0000	22.0000	105.0000	2.7081	3.0910	21.6743	45.4574
6	25.0000	26.9000		10.0000	9.0000	31.0000	54.0000	3.2189	3.4340	28.3312	35.6514
7	35.0000	26.2000		10.0000	7.0000	38.0000	42.0000	3.5553	3.6376	33.7974	30.3786
8	45.0000	25.5000		10.0000	7.0000	45.0000	42.0000	3.8067	3.8067	38.5577	26.9557
9	55.0000	25.0000		10.0000	5.0000	50.0000	30.0000	4.0073	3.9120	42.8357	24.5016
10	65.0000	24.8000		10.0000	2.0000	52.0000	12.0000	4.1744	3.9512	46.7569	22.6300
11	75.0000	24.6200		10.0000	1.8000	53.8000	10.8000	4.3175	3.9853	50.4002	21.1408
12	90.0000	24.4000		15.0000	2.2000	56.0000	8.8000	4.4998	4.0254	55.4560	19.3846
13	105.0000	24.4000		15.0000	0.0000	56.0000	0.0000	4.6540	4.0254	60.1243	18.0141
14	120.0000	24.4000		15.0000	0.0000	56.0000	0.0000	4.7875	4.0254	64.4847	16.9055
15	135.0000	24.4000	24.4000	15.0000	0.0000	56.0000	0.0000	4.9053	4.0254	68.5926	15.9844

b	0.524
ln(a)	1.656
a	5.240
r	0.979
Coef. velocidad	164.832
Exponente velocidad	-0.476
Infiltración a t final medido (mm/h)	15.9844
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	10.533

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

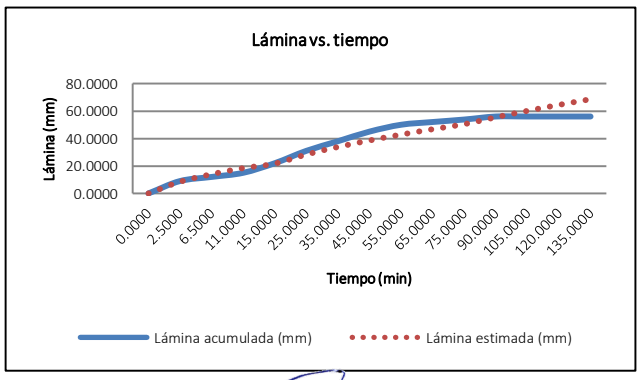
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

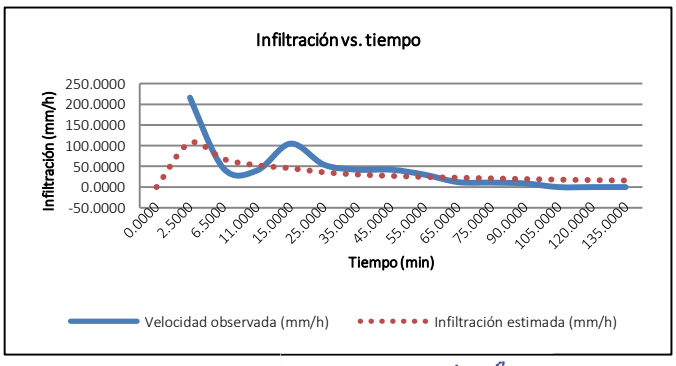
LAM = 5.240*(Tiempo)^0.5243

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 164.83*(Tiempo)^-0.4757





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	762370	NORTE	9275227
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 12	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.2379	20.7186
3	6.5000	29.8000		4.0000	1.0000	2.0000	15.0000	1.8718	0.6931	2.4103	15.5158
4	11.0000	29.7000		4.5000	1.0000	3.0000	13.3333	2.3979	1.0986	3.4787	13.2320
5	15.0000	29.5000		4.0000	2.0000	5.0000	30.0000	2.7081	1.6094	4.3186	12.0465
6	25.0000	29.1000		10.0000	4.0000	9.0000	24.0000	3.2189	2.1972	6.1667	10.3210
7	35.0000	29.0000		10.0000	1.0000	10.0000	6.0000	3.5553	2.3026	7.7975	9.3217
8	45.0000	28.8000		10.0000	2.0000	12.0000	12.0000	3.8067	2.4849	9.2911	8.6390
9	55.0000	28.7000		10.0000	1.0000	13.0000	6.0000	4.0073	2.5649	10.6867	8.1300
10	65.0000	28.6000		10.0000	1.0000	14.0000	6.0000	4.1744	2.6391	12.0071	7.7292
11	75.0000	28.6000		10.0000	0.0000	14.0000	0.0000	4.3175	2.6391	13.2671	7.4016
12	90.0000	28.6000		15.0000	0.0000	14.0000	0.0000	4.4998	2.6391	15.0659	7.0042
13	105.0000	28.6000		15.0000	0.0000	14.0000	0.0000	4.6540	2.6391	16.7757	6.6850
14	120.0000	28.6000		45.0000	0.0000	14.0000	0.0000	4.7875	2.6391	18.4129	6.4202
15	135.0000	28.6000	28.6000	15.0000	0.0000	14.0000	0.0000	4.9053	2.6391	19.9891	6.1954

b	0.697
ln(a)	-0.426
a	0.653
r	0.964
Coef. velocidad	27.340
Exponente velocidad	-0.303
Infiltración a t final medido (mm/h)	6.1954
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

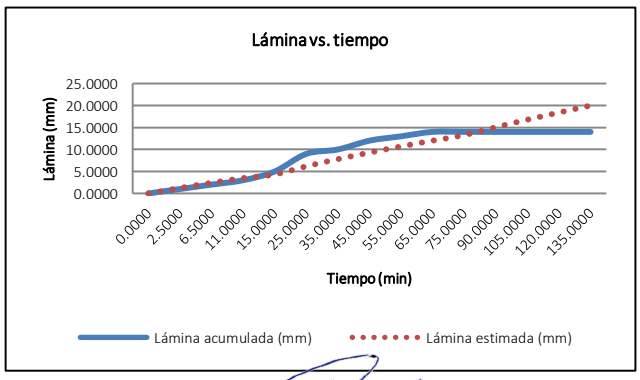
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

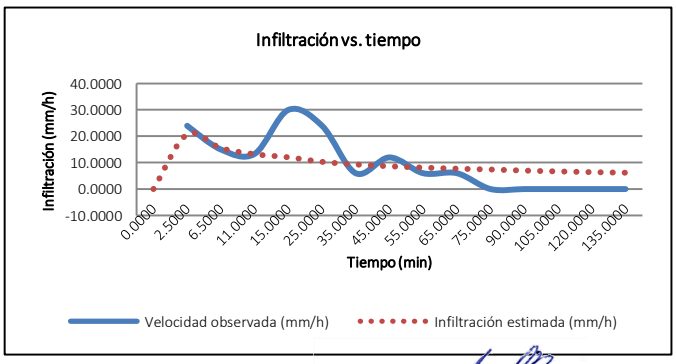
LAM = 0.653*(Tiempo)^0.6974

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 27.34*(Tiempo)^-0.3026





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 762833 NORTE 9275105

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 13 M-01 **Muestra/Calicata:** **CLASIFICACIÓN SUCS:** CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.6000		2.5000	4.0000	4.0000	96.0000	0.9163	1.3863	4.5271	44.4105
3	6.5000	29.3000		4.0000	3.0000	7.0000	45.0000	1.8718	1.9459	6.6902	25.2424
4	11.0000	29.2000		4.5000	1.0000	8.0000	13.3333	2.3979	2.0794	8.2952	18.4945
5	15.0000	29.0000		4.0000	2.0000	10.0000	30.0000	2.7081	2.3026	9.4164	15.3958
6	25.0000	28.8000		10.0000	2.0000	12.0000	12.0000	3.2189	2.4849	11.6029	11.3824
7	35.0000	28.6000		10.0000	2.0000	14.0000	12.0000	3.5553	2.6391	13.3136	9.3290
8	45.0000	28.4000		10.0000	2.0000	16.0000	12.0000	3.8067	2.7726	14.7540	8.0409
9	55.0000	28.3000		10.0000	1.0000	17.0000	6.0000	4.0073	2.8332	16.0151	7.1413
10	65.0000	28.2000		10.0000	1.0000	18.0000	6.0000	4.1744	2.8904	17.1469	6.4696
11	75.0000	28.1000		10.0000	1.0000	19.0000	6.0000	4.3175	2.9444	18.1798	5.9448
12	90.0000	28.0000		15.0000	1.0000	20.0000	4.0000	4.4998	2.9957	19.5864	5.3373
13	105.0000	28.0000		15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.6540	2.9957	20.8602	4.8723
14	120.0000	28.0000		15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.7875	2.9957	22.0304	4.5024
15	135.0000	28.0000	28.0000	15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.9053	2.9957	23.1170	4.1996

b	0.409
ln(a)	1.136
a	3.113
r	0.988
Coef. velocidad	76.343
Exponente velocidad	-0.591
Infiltración a t final medido (mm/h)	4.1996
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	5.333

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

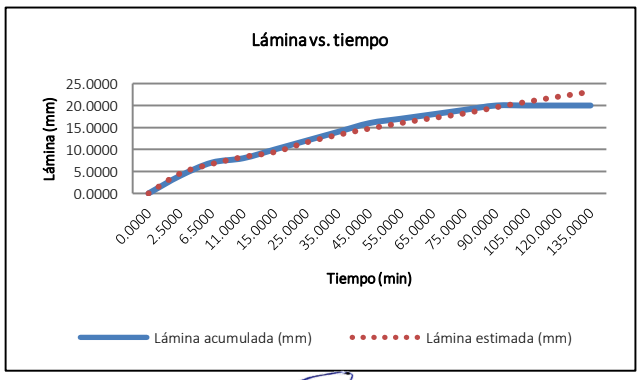
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

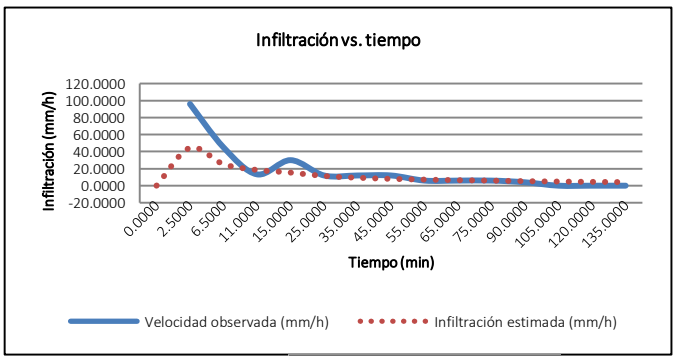
LAM = 3.113*(Tiempo)^0.4087

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 76.34*(Tiempo)^-0.5913





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	762381	NORTE	9274918
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 14	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.0000		2.5000	10.0000	10.0000	240.0000	0.9163	2.3026	10.2846	27.0714
3	6.5000	28.9000		4.0000	1.0000	11.0000	15.0000	1.8718	2.3979	11.4209	11.5624
4	11.0000	28.8000		4.5000	1.0000	12.0000	13.3333	2.3979	2.4849	12.0992	7.2382
5	15.0000	28.7500		4.0000	0.5000	12.5000	7.5000	2.7081	2.5257	12.5179	5.4917
6	25.0000	28.6500		10.0000	1.0000	13.5000	6.0000	3.2189	2.6027	13.2392	3.4849
7	35.0000	28.5000		10.0000	1.5000	15.0000	9.0000	3.5553	2.7081	13.7369	2.5828
8	45.0000	28.5000		10.0000	0.0000	15.0000	0.0000	3.8067	2.7081	14.1208	2.0650
9	55.0000	28.5000		10.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.0073	2.7081	14.4351	1.7271
10	65.0000	28.5000		10.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.1744	2.7081	14.7020	1.4884
11	75.0000	28.5000		10.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.3175	2.7081	14.9345	1.3104
12	90.0000	28.5000		15.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.4998	2.7081	15.2362	1.1140
13	105.0000	28.5000		15.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.6540	2.7081	15.4960	0.9712
14	120.0000	28.5000		15.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.7875	2.7081	15.7246	0.8623
15	135.0000	28.5000	28.5000	15.0000	0.0000	15.0000	0.0000	4.9053	2.7081	15.9290	0.7765

b	0.110
ln(a)	2.230
a	9.301
r	0.952
Coef. velocidad	61.208
Exponente velocidad	-0.890
Infiltración a t final medido (mm/h)	0.7765
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	7.500

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

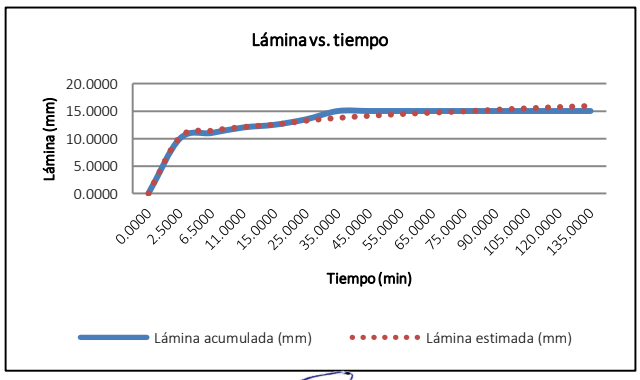
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

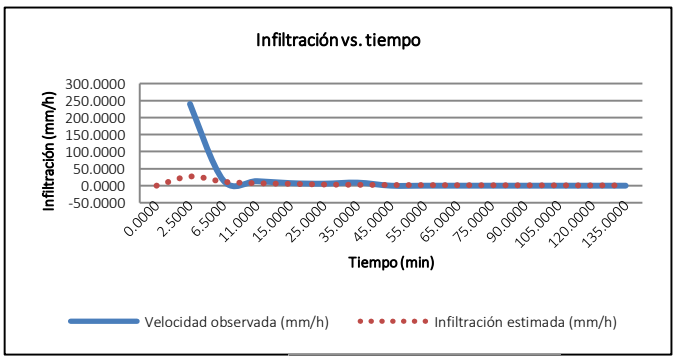
LAM = 9.301*(Tiempo)^0.1097

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 61.21*(Tiempo)^-0.8903





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	762080	NORTE	9274739
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 15	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	SC
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	26.0000		2.5000	40.0000	40.0000	960.0000	0.9163	3.6889	63.3106	625.2336
3	6.5000	21.3000		4.0000	47.0000	87.0000	705.0000	1.8718	4.4659	93.8063	356.3072
4	11.0000	15.5000		4.5000	58.0000	145.0000	773.3333	2.3979	4.9767	116.4791	261.4335
5	15.0000	12.5000		4.0000	30.0000	175.0000	450.0000	2.7081	5.1648	132.3349	217.8157
6	25.0000	9.5000		10.0000	30.0000	205.0000	180.0000	3.2189	5.3230	163.2909	161.2605
7	35.0000	6.4000		10.0000	31.0000	236.0000	186.0000	3.5553	5.4638	187.5390	132.2908
8	45.0000	5.1000		10.0000	13.0000	249.0000	78.0000	3.8067	5.5175	207.9711	114.1029
9	55.0000	5.0000		10.0000	1.0000	250.0000	6.0000	4.0073	5.5215	225.8729	101.3929
10	65.0000	4.9000		10.0000	1.0000	251.0000	6.0000	4.1744	5.5255	241.9456	91.8989
11	75.0000	4.8000		10.0000	1.0000	252.0000	6.0000	4.3175	5.5294	256.6201	84.4764
12	90.0000	4.8000		15.0000	0.0000	252.0000	0.0000	4.4998	5.5294	276.6130	75.8815
13	105.0000	4.8000		15.0000	0.0000	252.0000	0.0000	4.6540	5.5294	294.7272	69.3006
14	120.0000	4.8000		15.0000	0.0000	252.0000	0.0000	4.7875	5.5294	311.3745	64.0631
15	135.0000	4.8000	4.8000	15.0000	0.0000	252.0000	0.0000	4.9053	5.5294	326.8373	59.7728

b	0.411
ln(a)	3.771
a	43.424
r	0.912
Coef. velocidad	1072.101
Exponente velocidad	-0.589
Infiltración a t final medido (mm/h)	59.7728
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

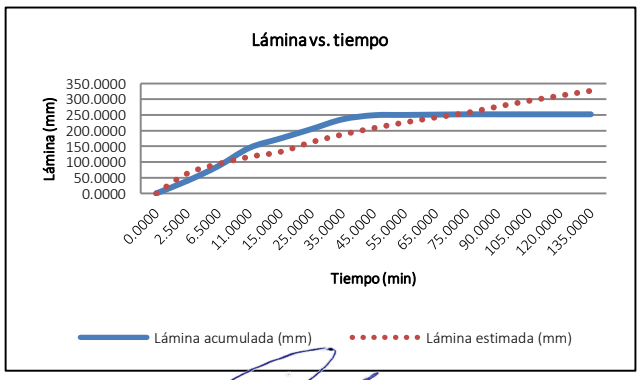
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

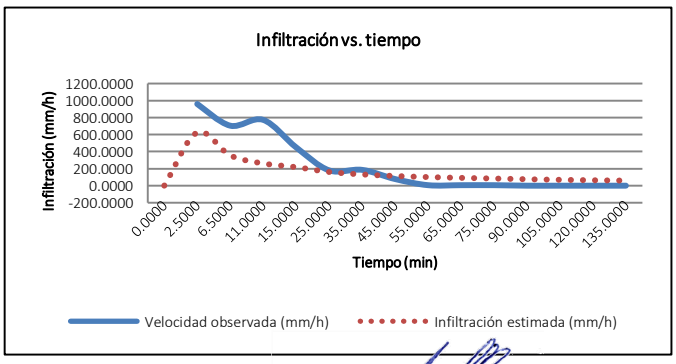
LAM = 43.424*(Tiempo)^0.4115

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 1072.10*(Tiempo)^-0.5885





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 761816 NORTE 9274686

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 16 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.3627	24.9454
3	6.5000	29.8000		4.0000	1.0000	2.0000	15.0000	1.8718	0.6931	2.8244	19.8850
4	11.0000	29.4000		4.5000	4.0000	6.0000	53.3333	2.3979	1.7918	4.2188	17.5514
5	15.0000	29.3000		4.0000	1.0000	7.0000	15.0000	2.7081	1.9459	5.3447	16.3061
6	25.0000	29.0000		10.0000	3.0000	10.0000	18.0000	3.2189	2.3026	7.8910	14.4448
7	35.0000	28.7000		10.0000	3.0000	13.0000	18.0000	3.5553	2.5649	10.1997	13.3364
8	45.0000	28.4000		10.0000	3.0000	16.0000	18.0000	3.8067	2.7726	12.3548	12.5643
9	55.0000	28.4000		10.0000	0.0000	16.0000	0.0000	4.0073	2.7726	14.3982	11.9801
10	65.0000	28.4000		10.0000	0.0000	16.0000	0.0000	4.1744	2.7726	16.3547	11.5145
11	75.0000	28.4000		10.0000	0.0000	16.0000	0.0000	4.3175	2.7726	18.2408	11.1301
12	90.0000	28.4000		15.0000	0.0000	16.0000	0.0000	4.4998	2.7726	20.9622	10.6589
13	105.0000	28.4000	28.4000	15.0000	0.0000	16.0000	0.0000	4.6540	2.7726	23.5776	10.2761

b	0.763
ln(a)	-0.389
a	0.677
r	0.954
Coef. velocidad	31.004
Exponente velocidad	-0.237
Infiltración a t final medido (mm/h)	10.2761
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	18.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

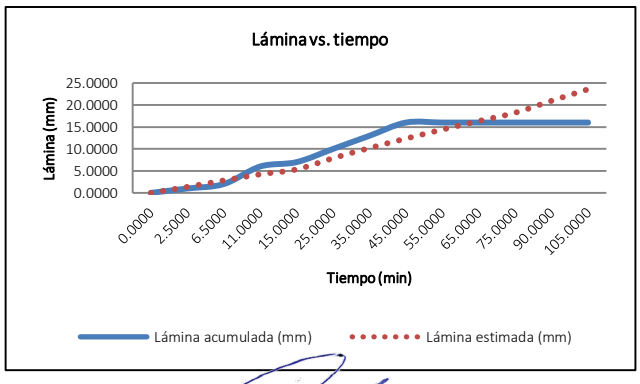
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

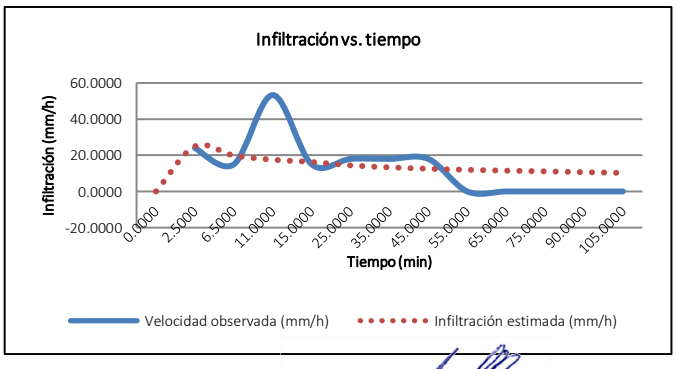
LAM = 0.677*(Tiempo)^0.7627

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 31.00*(Tiempo)^-0.2373





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	761591	NORTE	9274802
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 17	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.4339	29.9128
3	6.5000	29.8000		4.0000	1.0000	2.0000	15.0000	1.8718	0.6931	3.2902	26.3986
4	11.0000	29.5000		4.5000	3.0000	5.0000	40.0000	2.3979	1.6094	5.1978	24.6432
5	15.0000	29.0000		4.0000	5.0000	10.0000	75.0000	2.7081	2.3026	6.8061	23.6635
6	25.0000	28.0000		10.0000	10.0000	20.0000	60.0000	3.2189	2.9957	10.6103	22.1341
7	35.0000	27.8000		10.0000	2.0000	22.0000	12.0000	3.5553	3.0910	14.2149	21.1811
8	45.0000	27.5000		10.0000	3.0000	25.0000	18.0000	3.8067	3.2189	17.6853	20.4962
9	55.0000	27.3000		10.0000	2.0000	27.0000	12.0000	4.0073	3.2958	21.0554	19.9653
10	65.0000	27.2000		10.0000	1.0000	28.0000	6.0000	4.1744	3.3322	24.3459	19.5338
11	75.0000	27.2000		10.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.3175	3.3322	27.5705	19.1715
12	90.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.4998	3.3322	32.3050	18.7198
13	105.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.6540	3.3322	36.9369	18.3461
14	120.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.7875	3.3322	41.4827	18.0285
15	135.0000	27.2000	27.2000	15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.9053	3.3322	45.9546	17.7529

b	0.869
ln(a)	-0.436
a	0.647
r	0.941
Coef. velocidad	33.721
Exponente velocidad	-0.131
Infiltración a t final medido (mm/h)	17.7529
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	12.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

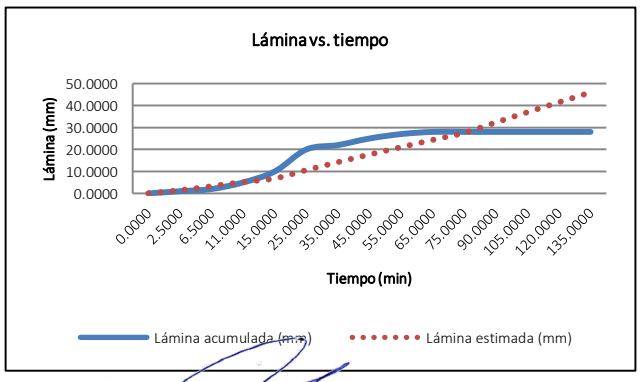
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

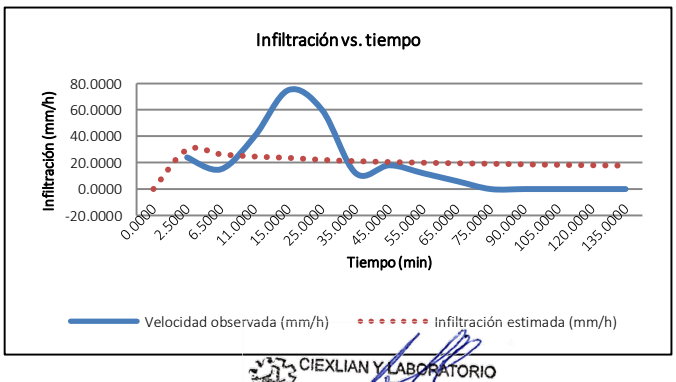
LAM = 0.647*(Tiempo)^0.8692

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 33.72*(Tiempo)^-0.1308





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 761234 NORTE 9274992

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 18 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	2.9730	55.3494
3	6.5000	29.3000		4.0000	6.0000	7.0000	90.0000	1.8718	1.9459	6.2388	44.6732
4	11.0000	29.0000		4.5000	3.0000	10.0000	40.0000	2.3979	2.3026	9.3829	39.7014
5	15.0000	27.1000		4.0000	19.0000	29.0000	285.0000	2.7081	3.3673	11.9351	37.0337
6	25.0000	26.7000		10.0000	4.0000	33.0000	24.0000	3.2189	3.4965	17.7387	33.0251
7	35.0000	26.5000		10.0000	2.0000	35.0000	12.0000	3.5553	3.5553	23.0291	30.6247
8	45.0000	26.2000		10.0000	3.0000	38.0000	18.0000	3.8067	3.6376	27.9862	28.9464
9	55.0000	26.1000		10.0000	1.0000	39.0000	6.0000	4.0073	3.6636	32.7001	27.6725
10	65.0000	26.1000		10.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.1744	3.6636	37.2245	26.6550
11	75.0000	26.1000		10.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.3175	3.6636	41.5948	25.8131
12	90.0000	26.1000		15.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.4998	3.6636	47.9140	24.7789
13	105.0000	26.1000		15.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.6540	3.6636	54.0002	23.9369
14	120.0000	26.1000		15.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.7875	3.6636	59.8937	23.2307
15	135.0000	26.1000	26.1000	15.0000	0.0000	39.0000	0.0000	4.9053	3.6636	65.6239	22.6251

b	0.776
ln(a)	0.379
a	1.460
r	0.879
Coef. velocidad	67.976
Exponente velocidad	-0.224
Infiltración a t final medido (mm/h)	22.6251
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	12.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

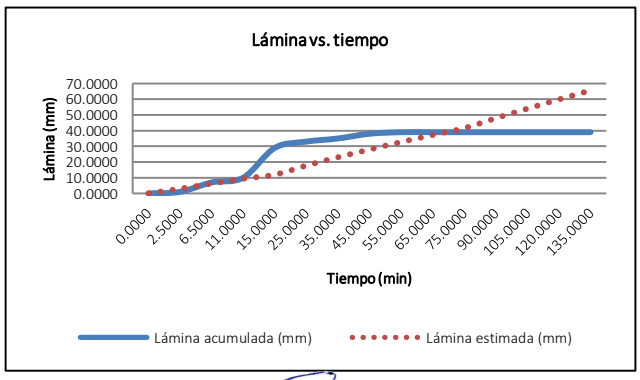
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

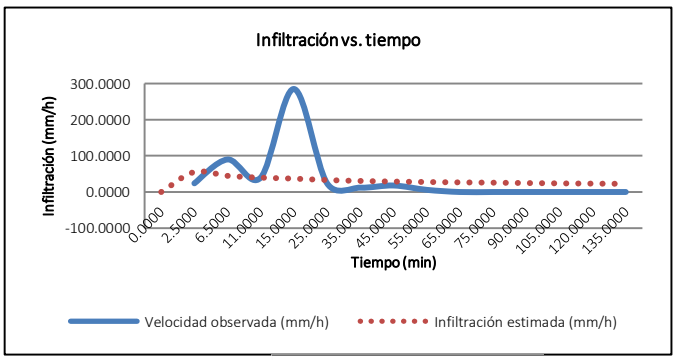
LAM = 1.460*(Tiempo)^0.7757

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 67.98*(Tiempo)^-0.2243





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 760635 NORTE 9275142

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 19 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.8000		2.5000	2.0000	2.0000	48.0000	0.9163	0.6931	2.5139	20.7540
3	6.5000	29.7000		4.0000	1.0000	3.0000	15.0000	1.8718	1.0986	3.4922	11.0886
4	11.0000	29.6000		4.5000	1.0000	4.0000	13.3333	2.3979	1.3863	4.1849	7.8522
5	15.0000	29.4000		4.0000	2.0000	6.0000	30.0000	2.7081	1.7918	4.6561	6.4066
6	25.0000	29.3000		10.0000	1.0000	7.0000	6.0000	3.2189	1.9459	5.5505	4.5824
7	35.0000	29.2000		10.0000	1.0000	8.0000	6.0000	3.5553	2.0794	6.2316	3.6748
8	45.0000	29.2000		10.0000	0.0000	8.0000	0.0000	3.8067	2.0794	6.7943	3.1162
9	55.0000	29.2000		10.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.0073	2.0794	7.2799	2.7319
10	65.0000	29.2000		10.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.1744	2.0794	7.7105	2.4483
11	75.0000	29.2000		10.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.3175	2.0794	8.0995	2.2289
12	90.0000	29.2000		15.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.4998	2.0794	8.6238	1.9776
13	105.0000	29.2000		15.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.6540	2.0794	9.0934	1.7874
14	120.0000	29.2000		15.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.7875	2.0794	9.5208	1.6375
15	135.0000	29.2000	29.2000	15.0000	0.0000	8.0000	0.0000	4.9053	2.0794	9.9145	1.5158

b	0.344
ln(a)	0.607
a	1.834
r	0.921
Coef. velocidad	37.858
Exponente velocidad	-0.656
Infiltración a t final medido (mm/h)	1.5158
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	4.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

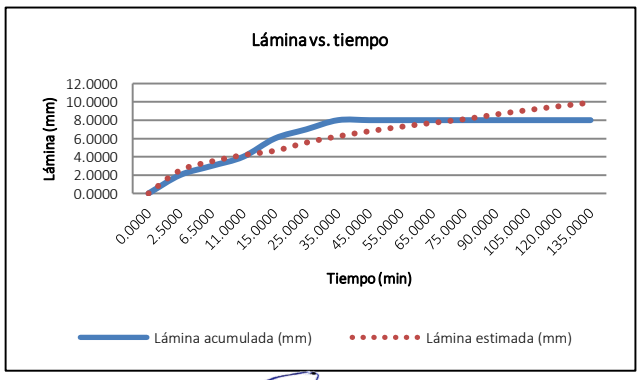
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

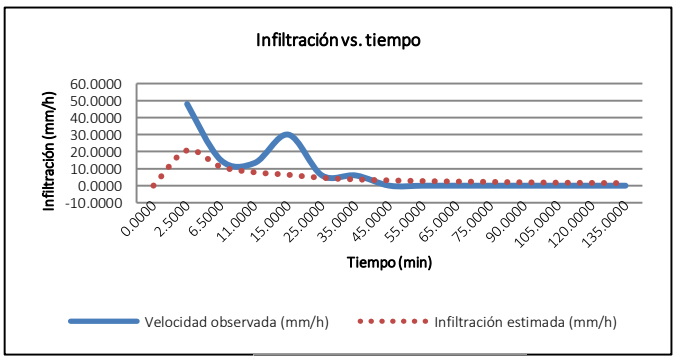
LAM = 1.834*(Tiempo)^0.3440

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 37.86*(Tiempo)^-0.6560





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	760800	NORTE	9274595
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 20	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.5000		2.5000	5.0000	5.0000	120.0000	0.9163	1.6094	7.3732	53.1440
3	6.5000	29.1000		4.0000	4.0000	9.0000	60.0000	1.8718	2.1972	9.8238	27.2337
4	11.0000	28.6000		4.5000	5.0000	14.0000	66.6667	2.3979	2.6391	11.5053	18.8471
5	15.0000	28.3000		4.0000	3.0000	17.0000	45.0000	2.7081	2.8332	12.6285	15.1705
6	25.0000	28.2000		10.0000	1.0000	18.0000	6.0000	3.2189	2.8904	14.7224	10.6115
7	35.0000	28.1000		10.0000	1.0000	19.0000	6.0000	3.5553	2.9444	16.2878	8.3856
8	45.0000	28.0000		10.0000	1.0000	20.0000	6.0000	3.8067	2.9957	17.5647	7.0334
9	55.0000	28.0000		10.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.0073	2.9957	18.6558	6.1121
10	65.0000	28.0000		10.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.1744	2.9957	19.6157	5.4379
11	75.0000	28.0000		10.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.3175	2.9957	20.4771	4.9198
12	90.0000	28.0000		15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.4998	2.9957	21.6296	4.3306
13	105.0000	28.0000		15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.6540	2.9957	22.6544	3.8878
14	120.0000	28.0000		15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.7875	2.9957	23.5814	3.5410
15	135.0000	28.0000	28.0000	15.0000	0.0000	20.0000	0.0000	4.9053	2.9957	24.4305	3.2609

b	0.300
ln(a)	1.723
a	5.599
r	0.886
Coef. velocidad	100.898
Exponente velocidad	-0.700
Infiltración a t final medido (mm/h)	3.2609
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

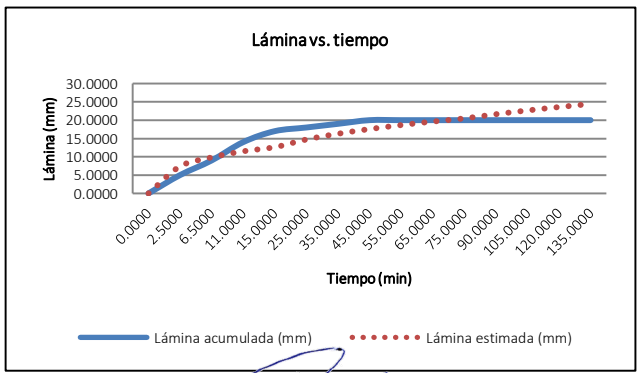
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

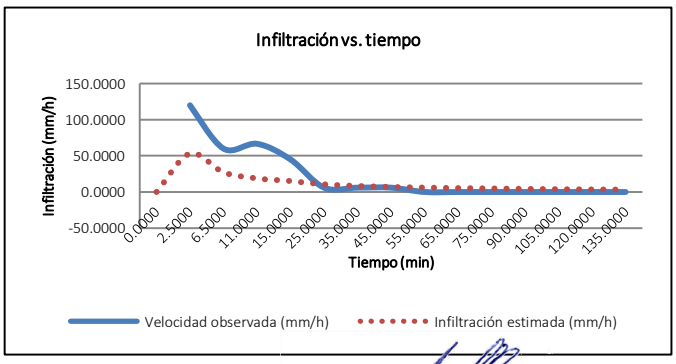
LAM = 5.599*(Tiempo)^0.3003

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 100.90*(Tiempo)^-0.6997





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	760593	NORTE	9274702
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 21	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.4386	24.4559
3	6.5000	29.7000		4.0000	2.0000	3.0000	30.0000	1.8718	1.0986	2.8306	18.5078
4	11.0000	29.6000		4.5000	1.0000	4.0000	13.3333	2.3979	1.3863	4.1088	15.8752
5	15.0000	29.4000		4.0000	2.0000	6.0000	30.0000	2.7081	1.7918	5.1183	14.5022
6	25.0000	29.2000		10.0000	2.0000	8.0000	12.0000	3.2189	2.0794	7.3498	12.4948
7	35.0000	28.9000		10.0000	3.0000	11.0000	18.0000	3.5553	2.3979	9.3279	11.3269
8	45.0000	28.5000		10.0000	4.0000	15.0000	24.0000	3.8067	2.7081	11.1454	10.5264
9	55.0000	28.3000		10.0000	2.0000	17.0000	12.0000	4.0073	2.8332	12.8478	9.9280
10	65.0000	28.3000		10.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.1744	2.8332	14.4617	9.4559
11	75.0000	28.3000		10.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.3175	2.8332	16.0045	9.0694
12	90.0000	28.3000		15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.4998	2.8332	18.2108	8.5997
13	105.0000	28.3000		15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.6540	2.8332	20.3119	8.2216
14	120.0000	28.3000		15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.7875	2.8332	22.3269	7.9076
15	135.0000	28.3000	28.3000	15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.9053	2.8332	24.2696	7.6406

b	0.708
ln(a)	-0.285
a	0.752
r	0.968
Coef. velocidad	31.948
Exponente velocidad	-0.292
Infiltración a t final medido (mm/h)	7.6406
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	18.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

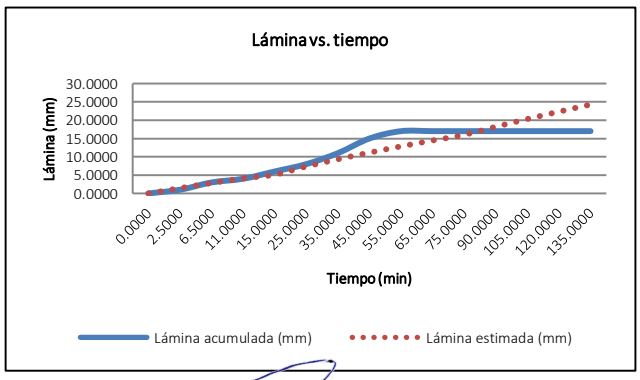
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

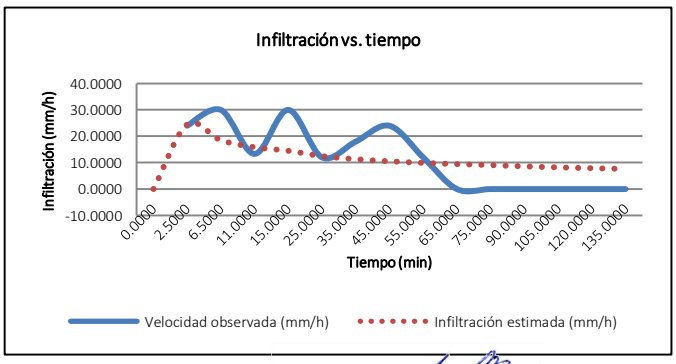
LAM = 0.752*(Tiempo)^0.7083

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 31.95*(Tiempo)^-0.2917





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 760241 NORTE 9274785

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 22 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.8000		2.5000	2.0000	2.0000	48.0000	0.9163	0.6931	3.1904	45.9319
3	6.5000	29.2000		4.0000	6.0000	8.0000	90.0000	1.8718	2.0794	5.6595	31.3380
4	11.0000	29.2000		4.5000	0.0000	8.0000	0.0000	2.3979	2.0794	7.7595	25.3893
5	15.0000	29.1000		4.0000	1.0000	9.0000	15.0000	2.7081	2.1972	9.3462	22.4261
6	25.0000	28.7000		10.0000	4.0000	13.0000	24.0000	3.2189	2.5649	12.6974	18.2804
7	35.0000	28.0000		10.0000	7.0000	20.0000	42.0000	3.5553	2.9957	15.5373	15.9777
8	45.0000	27.7000		10.0000	3.0000	23.0000	18.0000	3.8067	3.1355	18.0654	14.4492
9	55.0000	27.6000		10.0000	1.0000	24.0000	6.0000	4.0073	3.1781	20.3763	13.3343
10	65.0000	27.5000		10.0000	1.0000	25.0000	6.0000	4.1744	3.2189	22.5241	12.4722
11	75.0000	27.4000		10.0000	1.0000	26.0000	6.0000	4.3175	3.2581	24.5430	11.7781
12	90.0000	27.4000		15.0000	0.0000	26.0000	0.0000	4.4998	3.2581	27.3795	10.9494
13	105.0000	27.4000		15.0000	0.0000	26.0000	0.0000	4.6540	3.2581	30.0321	10.2945
14	120.0000	27.4000		15.0000	0.0000	26.0000	0.0000	4.7875	3.2581	32.5366	9.7589
15	135.0000	27.4000	27.4000	15.0000	0.0000	26.0000	0.0000	4.9053	3.2581	34.9187	9.3096

b	0.600
ln(a)	0.610
a	1.841
r	0.954
Coef. velocidad	66.274
Exponente velocidad	-0.400
Infiltración a t final medido (mm/h)	9.3096
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	6.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

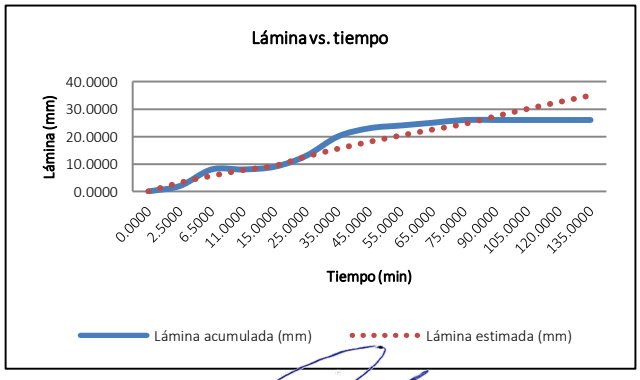
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

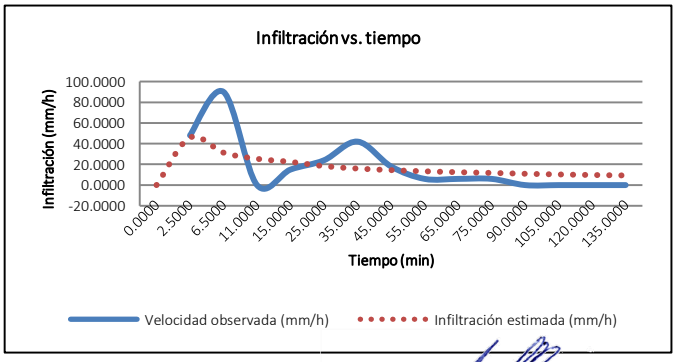
LAM = 1.841*(Tiempo)^0.5999

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 66.27*(Tiempo)^-0.4001





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO

(A.S.T.M D 3385-03)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 759846 NORTE 9275326

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 23 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: CL

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.2340	31.6063
3	6.5000	29.7000		4.0000	2.0000	3.0000	30.0000	1.8718	1.0986	3.4212	33.7037
4	11.0000	29.6000		4.5000	1.0000	4.0000	13.3333	2.3979	1.3863	5.9982	34.9174
5	15.0000	29.0000		4.0000	6.0000	10.0000	90.0000	2.7081	2.3026	8.3517	35.6533
6	25.0000	28.0000		10.0000	10.0000	20.0000	60.0000	3.2189	2.9957	14.4060	36.8992
7	35.0000	27.0000		10.0000	10.0000	30.0000	60.0000	3.5553	3.4012	20.6299	37.7436
8	45.0000	26.0000		10.0000	10.0000	40.0000	60.0000	3.8067	3.6889	26.9762	38.3869
9	55.0000	25.5000		10.0000	5.0000	45.0000	30.0000	4.0073	3.8067	33.4188	38.9084
10	65.0000	25.1000		10.0000	4.0000	49.0000	24.0000	4.1744	3.8918	39.9411	39.3479
11	75.0000	24.7000		10.0000	4.0000	53.0000	24.0000	4.3175	3.9703	46.5315	39.7284
12	90.0000	24.7000		15.0000	0.0000	53.0000	0.0000	4.4998	3.9703	56.5266	40.2184
13	105.0000	24.7000		15.0000	0.0000	53.0000	0.0000	4.6540	3.9703	66.6348	40.6375
14	120.0000	24.7000		15.0000	0.0000	53.0000	0.0000	4.7875	3.9703	76.8410	41.0040
15	135.0000	24.7000	24.7000	15.0000	0.0000	53.0000	0.0000	4.9053	3.9703	87.1335	41.3301

b	1.067
ln(a)	-0.768
a	0.464
r	0.972
Coef. velocidad	29.718
Exponente velocidad	0.067
Infiltración a t final medido (mm/h)	41.3301
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	26.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

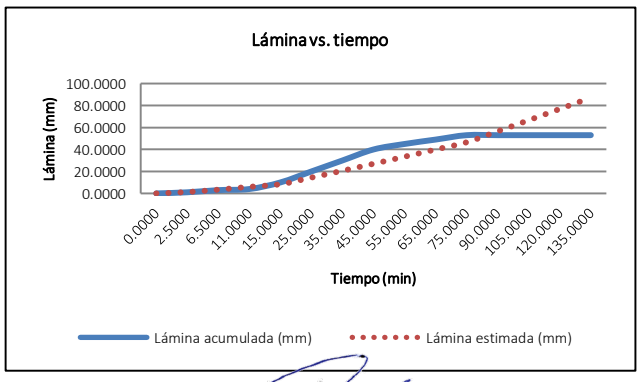
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

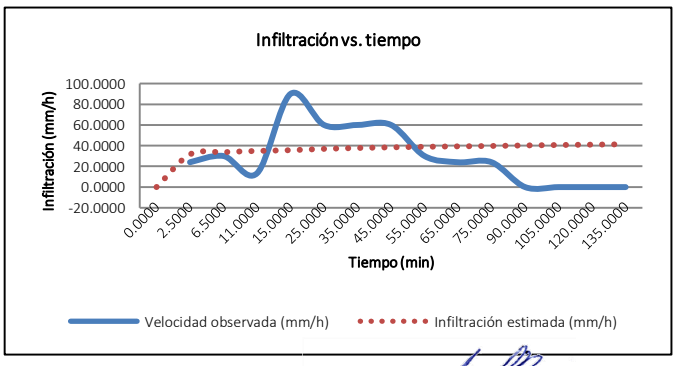
LAM = 0.464*(Tiempo)^1.0672

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 29.72*(Tiempo)^0.0672





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	759990	NORTE 9275670
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 24	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	CL
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.4339	29.9128
3	6.5000	29.8000		4.0000	1.0000	2.0000	15.0000	1.8718	0.6931	3.2902	26.3986
4	11.0000	29.5000		4.5000	3.0000	5.0000	40.0000	2.3979	1.6094	5.1978	24.6432
5	15.0000	29.0000		4.0000	5.0000	10.0000	75.0000	2.7081	2.3026	6.8061	23.6635
6	25.0000	28.0000		10.0000	10.0000	20.0000	60.0000	3.2189	2.9957	10.6103	22.1341
7	35.0000	27.8000		10.0000	2.0000	22.0000	12.0000	3.5553	3.0910	14.2149	21.1811
8	45.0000	27.5000		10.0000	3.0000	25.0000	18.0000	3.8067	3.2189	17.6853	20.4962
9	55.0000	27.3000		10.0000	2.0000	27.0000	12.0000	4.0073	3.2958	21.0554	19.9653
10	65.0000	27.2000		10.0000	1.0000	28.0000	6.0000	4.1744	3.3322	24.3459	19.5338
11	75.0000	27.2000		10.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.3175	3.3322	27.5705	19.1715
12	90.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.4998	3.3322	32.3050	18.7198
13	105.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.6540	3.3322	36.9369	18.3461
14	120.0000	27.2000		15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.7875	3.3322	41.4827	18.0285
15	135.0000	27.2000	27.2000	15.0000	0.0000	28.0000	0.0000	4.9053	3.3322	45.9546	17.7529

b	0.869
ln(a)	-0.436
a	0.647
r	0.941
Coef. velocidad	33.721
Exponente velocidad	-0.131
Infiltración a t final medido (mm/h)	17.7529
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	12.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

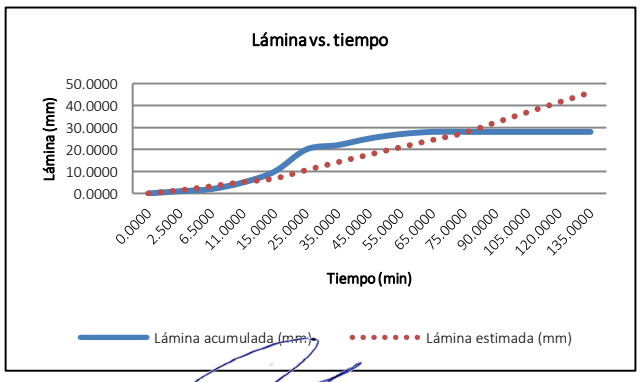
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

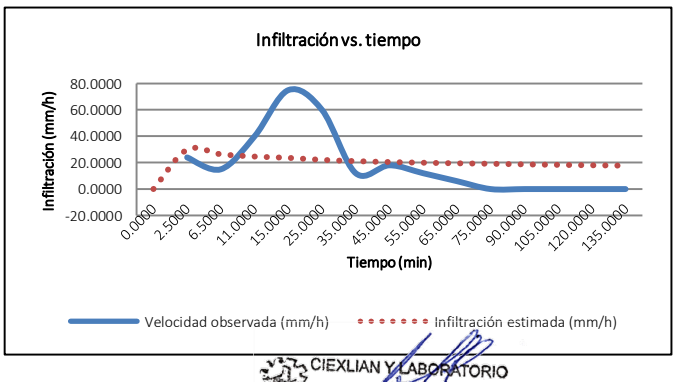
LAM = 0.647*(Tiempo)^0.8692

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 33.72*(Tiempo)^-0.1308





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN	Sub cuenca San Mateo	**COORDENADAS U.T.M:**	ESTE	760064	NORTE 9275428
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 25	M-01	**Muestra/Calicata:**	CLASIFICACIÓN SUCS:	SC-SM
Fecha de Muestreo:	19/01/2026			

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	29.9000		2.5000	1.0000	1.0000	24.0000	0.9163	0.0000	1.1540	20.6377
3	6.5000	29.8000		4.0000	1.0000	2.0000	15.0000	1.8718	0.6931	2.3519	16.1772
4	11.0000	29.7000		4.5000	1.0000	3.0000	13.3333	2.3979	1.0986	3.4808	14.1473
5	15.0000	29.5000		4.0000	2.0000	5.0000	30.0000	2.7081	1.6094	4.3857	13.0721
6	25.0000	29.1000		10.0000	4.0000	9.0000	24.0000	3.2189	2.1972	6.4173	11.4764
7	35.0000	29.0000		10.0000	1.0000	10.0000	6.0000	3.5553	2.3026	8.2459	10.5333
8	45.0000	28.8000		10.0000	2.0000	12.0000	12.0000	3.8067	2.4849	9.9442	9.8798
9	55.0000	28.7000		10.0000	1.0000	13.0000	6.0000	4.0073	2.5649	11.5480	9.3872
10	65.0000	28.6000		10.0000	1.0000	14.0000	6.0000	4.1744	2.6391	13.0788	8.9959
11	75.0000	28.5000		10.0000	1.0000	15.0000	6.0000	4.3175	2.7081	14.5505	8.6738
12	90.0000	28.4000		15.0000	1.0000	16.0000	4.0000	4.4998	2.7726	16.6678	8.2800
13	105.0000	28.3000		15.0000	1.0000	17.0000	4.0000	4.6540	2.8332	18.6967	7.9610
14	120.0000	28.3000		15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.7875	2.8332	20.6527	7.6946
15	135.0000	28.3000	28.3000	15.0000	0.0000	17.0000	0.0000	4.9053	2.8332	22.5472	7.4671

b	0.745
ln(a)	-0.540
a	0.583
r	0.980
Coef. velocidad	26.066
Exponente velocidad	-0.255
Infiltración a t final medido (mm/h)	7.4671
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	4.667

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

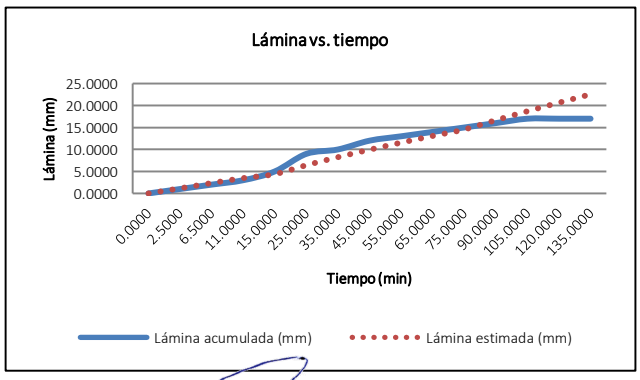
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

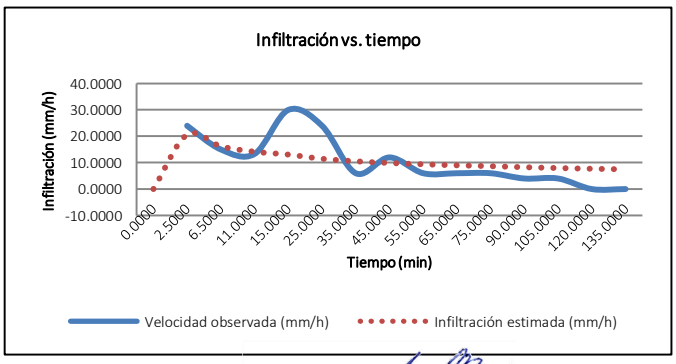
LAM = 0.583*(Tiempo)^0.7451

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 26.07*(Tiempo)^-0.2549





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANÁLISIS DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO DE DOBLE ANILLO (A.S.T.M D 3385-03)	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo **COORDENADAS U.T.M:** ESTE 760530 NORTE 9274479

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO: 26 M-01 **Muestra/Calicata:** CLASIFICACIÓN SUCS: ML

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

CÁLCULO DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN DOBLE ANILLO

N°	Tiempo acumulado (min)	Nivel del agua (cm)	Nivel recuperación agua (cm)	Δt (min)	Lámina infiltrada (mm)	Lámina acumulada (mm)	Velocidad observada (mm/h)	ln(t)	ln(L acum)	Lámina estimada (mm)	Infiltración estimada (mm/h)
1	0.0000	30.0000			0.0000	0.0000				0.0000	
2	2.5000	27.9000		2.5000	21.0000	21.0000	504.0000	0.9163	3.0445	26.9947	246.4276
3	6.5000	26.5000		4.0000	14.0000	35.0000	210.0000	1.8718	3.5553	38.8257	136.3192
4	11.0000	24.9000		4.5000	16.0000	51.0000	213.3333	2.3979	3.9318	47.4269	98.3972
5	15.0000	23.5000		4.0000	14.0000	65.0000	210.0000	2.7081	4.1744	53.3653	81.1930
6	25.0000	22.4000		10.0000	11.0000	76.0000	66.0000	3.2189	4.3307	64.8101	59.1634
7	35.0000	21.4000		10.0000	10.0000	86.0000	60.0000	3.5553	4.4543	73.6588	48.0294
8	45.0000	20.6000		10.0000	8.0000	94.0000	48.0000	3.8067	4.5433	81.0474	41.1034
9	55.0000	20.4000		10.0000	2.0000	96.0000	12.0000	4.0073	4.5643	87.4758	36.2974
10	65.0000	20.2000		10.0000	2.0000	98.0000	12.0000	4.1744	4.5850	93.2145	32.7281
11	75.0000	20.0000		10.0000	2.0000	100.0000	12.0000	4.3175	4.6052	98.4289	29.9510
12	90.0000	20.0000		15.0000	0.0000	100.0000	0.0000	4.4998	4.6052	105.4970	26.7515
13	105.0000	20.0000		15.0000	0.0000	100.0000	0.0000	4.6540	4.6052	111.8676	24.3145
14	120.0000	20.0000		15.0000	0.0000	100.0000	0.0000	4.7875	4.6052	117.6962	22.3837
15	135.0000	20.0000	20.0000	15.0000	0.0000	100.0000	0.0000	4.9053	4.6052	123.0889	20.8083

b	0.380
ln(a)	2.947
a	19.051
r	0.951
Coef. velocidad	434.778
Exponente velocidad	-0.620
Infiltración a t final medido (mm/h)	20.8083
Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h)	12.000

Con base en las lecturas del ensayo de infiltración con doble anillo, la lámina acumulada se ajustó satisfactoriamente al modelo de Kostiakov (L(t)).

La ecuación de infiltración instantánea obtenida fue i(t).

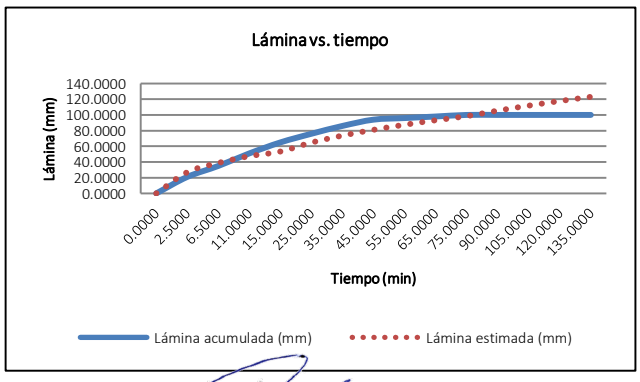
Ecuación de lámina (mm) $L(t) = a \times t^b$

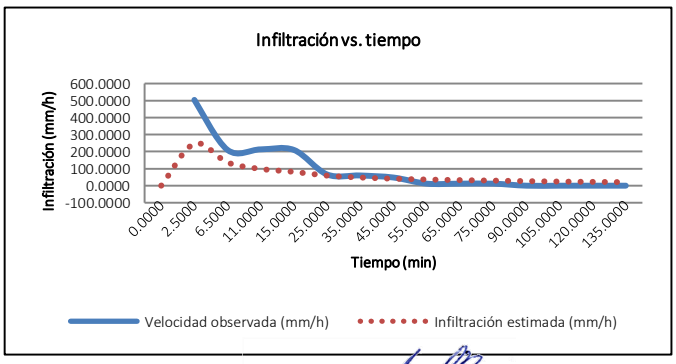
LAM = 19.051*(Tiempo)^0.3804

Ecuación de infiltración (mm/h)

$i(t) = 60 \times a \times b \times t^{b-1}$

Velocidad = 434.78*(Tiempo)^-0.6196





CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CLASIFICACIÓN DE SUELO CLASIFICACIÓN SUSC

CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

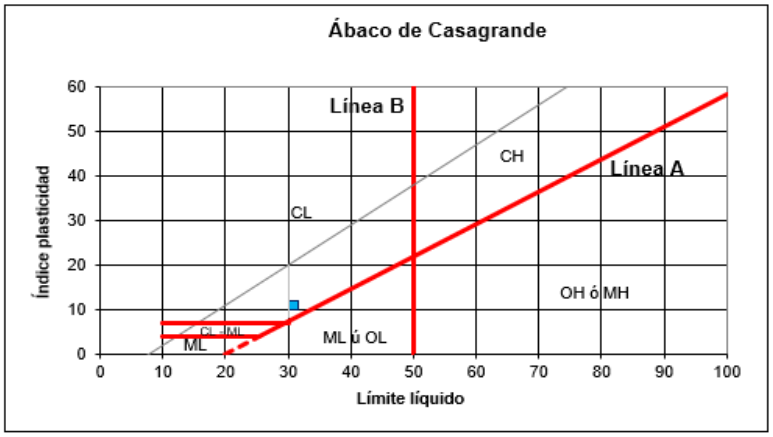
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758736	**NORTE:**	9274717	
PUNTO:	**1**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		3.33	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Arcilla media plasticidad arenosa CL

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-01

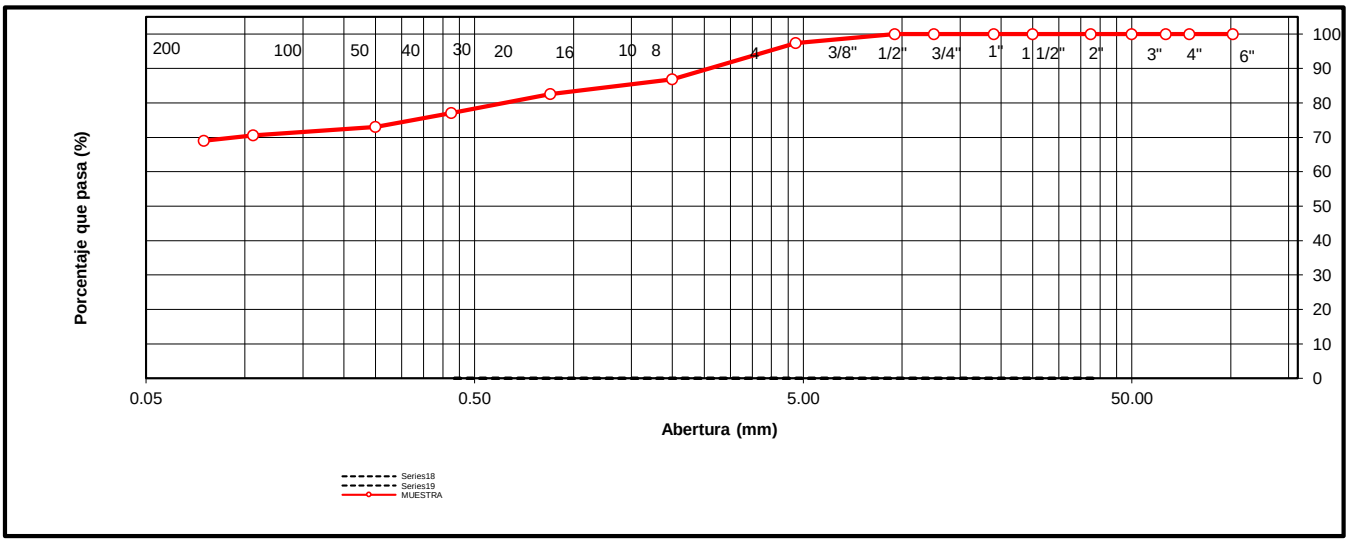
Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	13.00	2.60	2.60	97.40	
Nº 8	2.360	28.00	5.60	8.20	91.80	
Nº 10	2.000	25.00	5.00	13.20	86.80	
Nº 16	1.190	12.00	2.40	15.60	84.40	
Nº 20	0.850	9.00	1.80	17.40	82.60	
Nº 30	0.600	22.00	4.40	21.80	78.20	
Nº 40	0.425	6.00	1.20	23.00	77.00	
Nº 60	0.250	20.00	4.00	27.00	73.00	
Nº 140	0.106	12.00	2.40	29.40	70.60	
Nº 200	0.075	8.00	1.60	31.00	69.00	
< Nº 200	FONDO	345.00	69.00	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	2.60	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	28.40	%
Finos < Nº 200 :	69.00	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	10.60	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.80	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	8.00	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	30.96	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	10.73	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 1

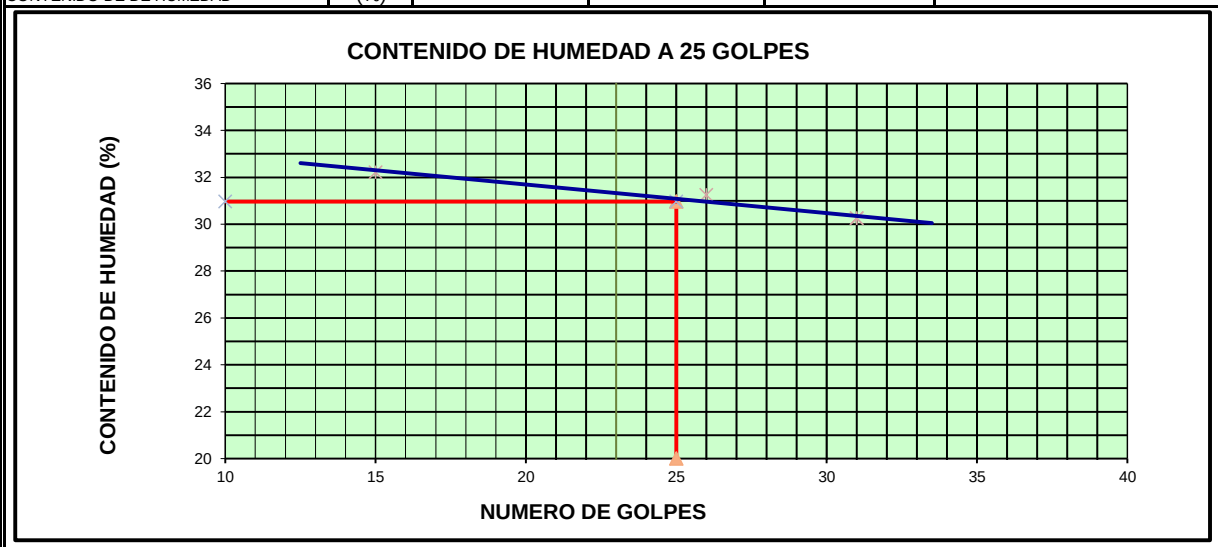
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.38	64.47	56.27	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	6.12	8.15	6.69	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.21	31.25	30.25	
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.96
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	10.73

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

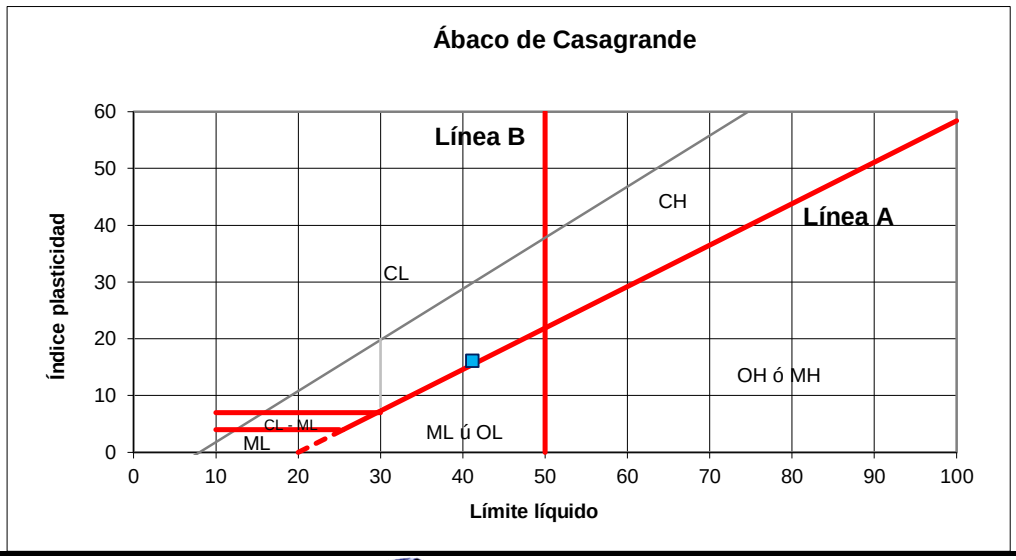
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758627	**NORTE:**	9274961	
PUNTO:	**2**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		2.67	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026		FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-02

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 800 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	11.00	1.38	1.38	98.63	
Nº 8	2.360	16.00	2.00	3.38	96.63	
Nº 10	2.000	25.00	3.13	6.50	93.50	
Nº 16	1.190	18.00	2.25	8.75	91.25	
Nº 20	0.850	20.00	2.50	11.25	88.75	
Nº 30	0.600	29.00	3.63	14.88	85.13	
Nº 40	0.425	10.00	1.25	16.13	83.88	
Nº 60	0.250	28.00	3.50	19.63	80.38	
Nº 140	0.106	19.00	2.38	22.00	78.00	
Nº 200	0.075	4.00	0.50	22.50	77.50	
< Nº 200	FONDO	620.00	77.50	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

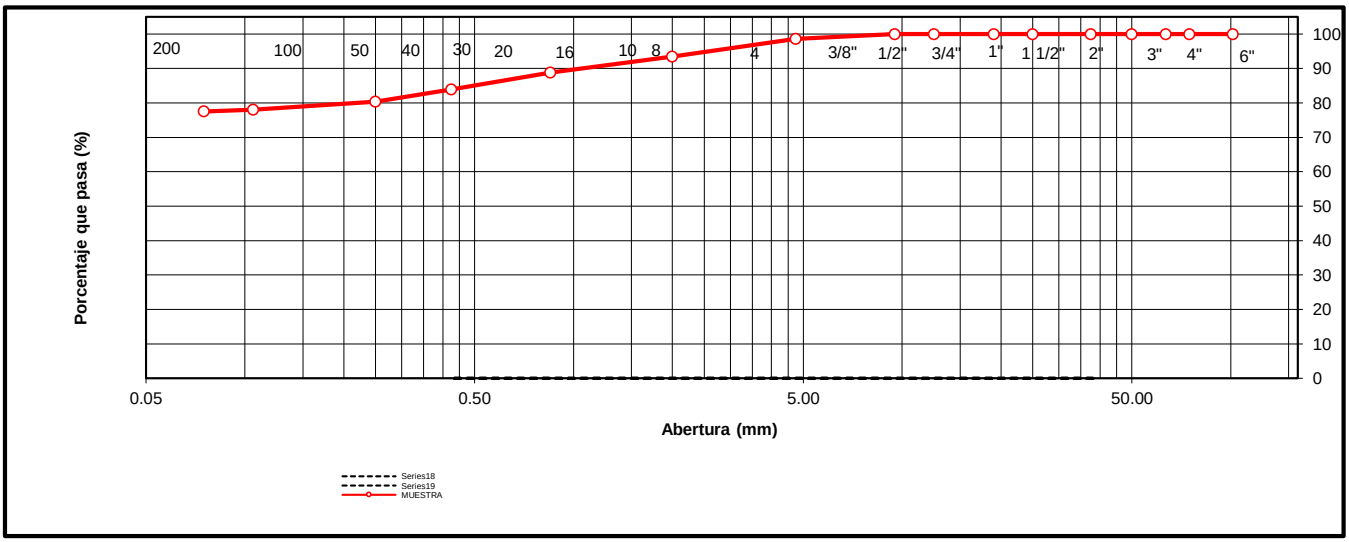
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.38	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	21.13	%
Finos < Nº 200 :	77.50	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.13	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.63	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	6.38	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	41.19	%
LP (ASTM D4318-17):	25.09	%
IP (ASTM D4318-17):	16.10	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 2

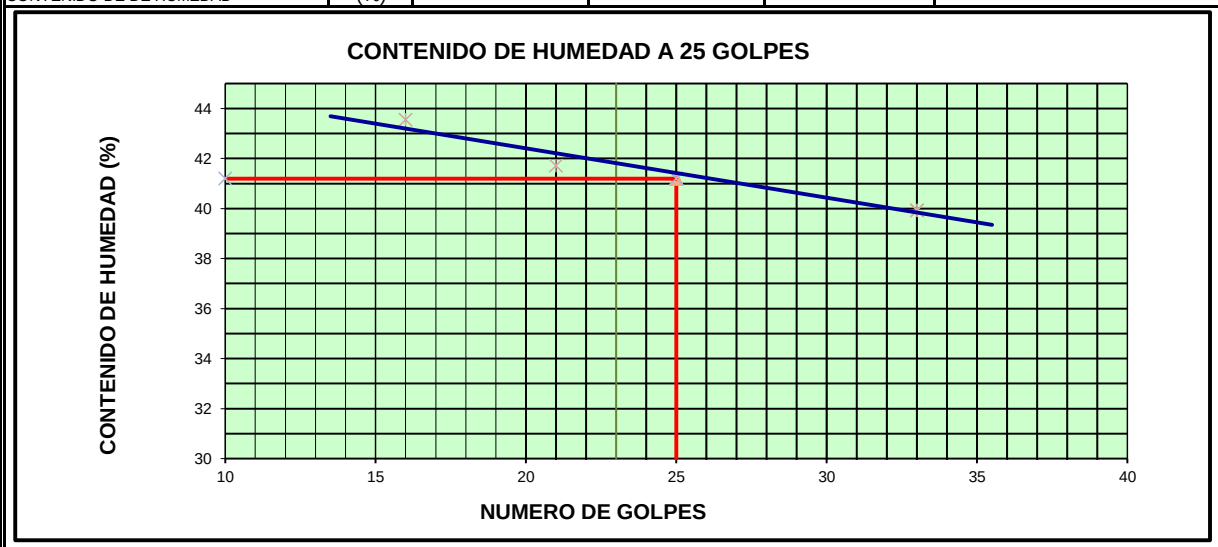
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-31	T-12	T-19	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	53.98	52.63	50.80	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	49.39	48.20	47.04	
PESO DE AGUA	(g)	4.59	4.43	3.76	
PESO DE LA TARA	(g)	38.85	37.58	37.62	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.54	10.62	9.42	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	43.55	41.71	39.92	
NÚMERO DE GOLPES		16	21	33	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-402	T401		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	16.16	17.60		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.94	17.18		
PESO DE AGUA	(g)	0.22	0.42		
PESO DE LA TARA	(g)	15.06	15.52		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.88	1.66		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	25.02	25.15		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	41.19
LÍMITE PLÁSTICO	%	25.09
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	16.10

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

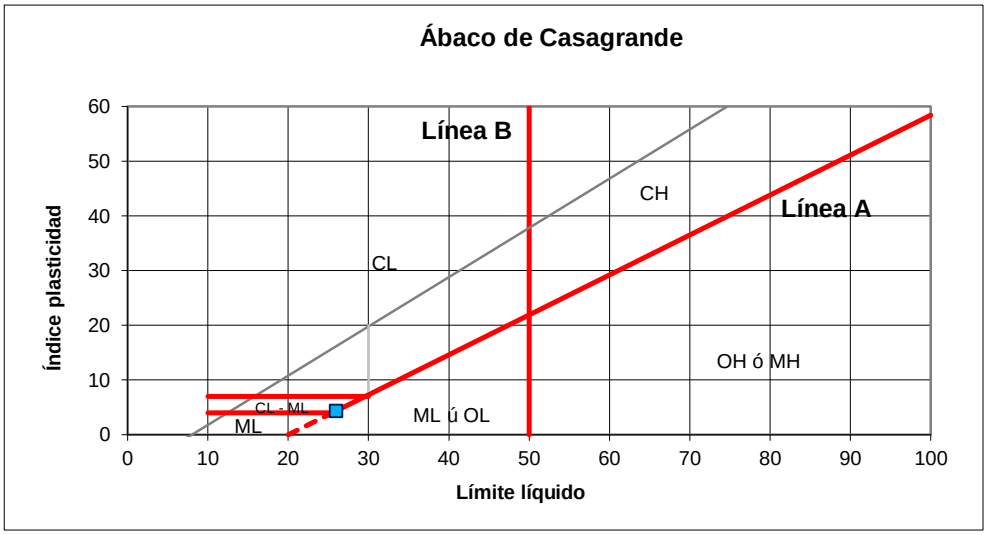
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758616	**NORTE:**	9275232	
PUNTO:	**3**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		31.73	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**SM**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-03

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 1/2" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	12.00	2.40	2.40	97.60	
Nº 4	4.750	25.00	5.00	7.40	92.60	
Nº 8	2.360	14.00	2.80	10.20	89.80	
Nº 10	2.000	13.00	2.60	12.80	87.20	
Nº 16	1.190	45.00	9.00	21.80	78.20	
Nº 20	0.850	21.00	4.20	26.00	74.00	
Nº 30	0.600	45.00	9.00	35.00	65.00	
Nº 40	0.425	12.00	2.40	37.40	62.60	
Nº 60	0.250	25.00	5.00	42.40	57.60	
Nº 140	0.106	35.00	7.00	49.40	50.60	
Nº 200	0.075	12.00	2.40	51.80	48.20	
< Nº 200	FONDO	241.00	48.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

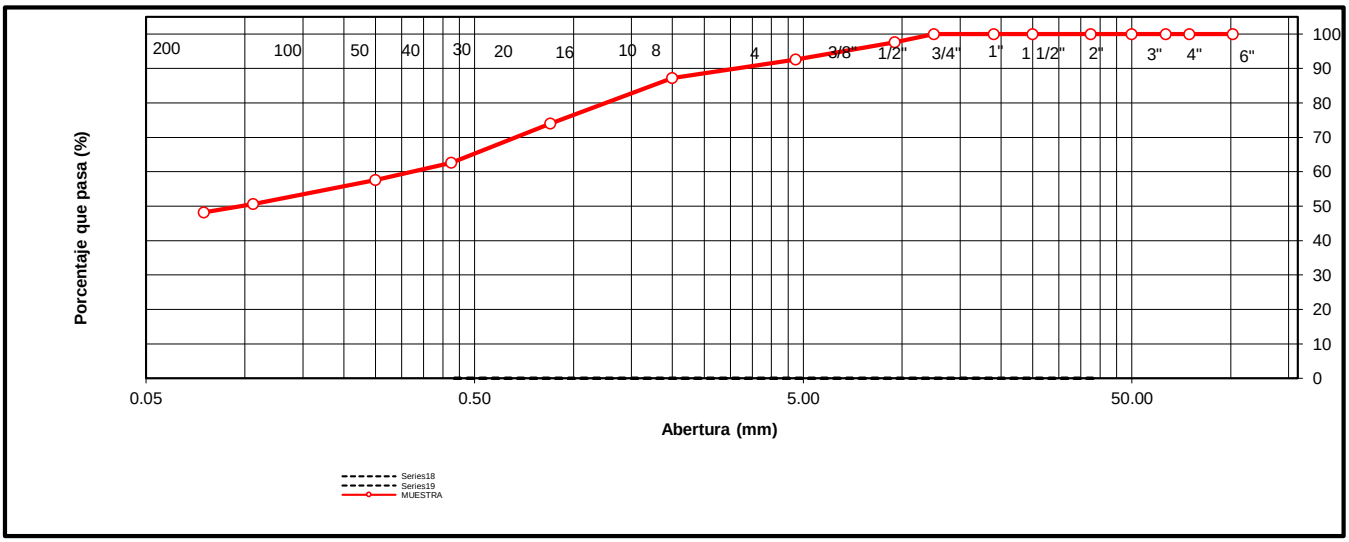
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	7.40	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	44.40	%
Finos < Nº 200 :	48.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.40	%
A. media Nº 10 - Nº 40	24.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	14.40	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	26.00	%
LP (ASTM D4318-17):	21.78	%
IP (ASTM D4318-17):	4.22	%
Clasificación (SUCS) :	SM	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1/2"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 3

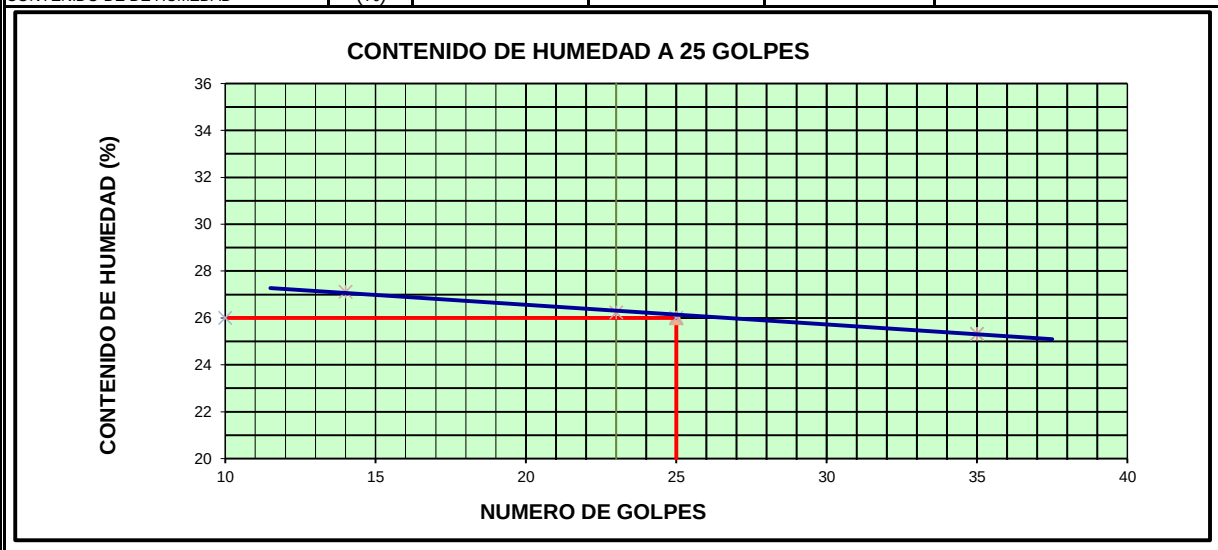
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-204	T-206	T-209	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	53.93	43.03	44.31	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.25	36.66	38.44	
PESO DE AGUA	(g)	8.68	6.37	5.87	
PESO DE LA TARA	(g)	13.25	12.36	15.27	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	32.00	24.30	23.17	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.11	26.23	25.32	
NÚMERO DE GOLPES		14	23	35	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T.23	T-88		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	14.79	40.80		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.35	36.25		
PESO DE AGUA	(g)	0.44	4.55		
PESO DE LA TARA	(g)	12.35	15.32		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.00	20.93		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.80	21.75		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	26.00
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.78
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	4.22

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

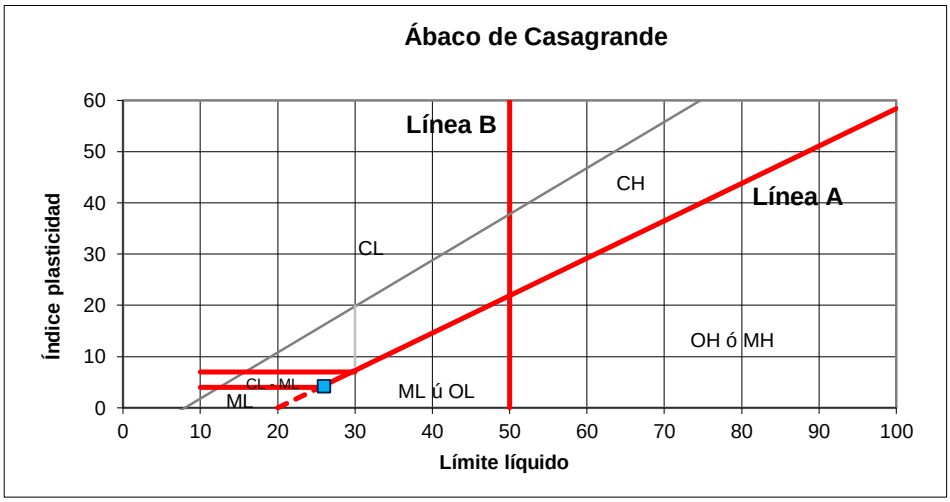
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758418	**NORTE:**	9275488	
PUNTO:	**4**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		30.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**SM**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-04

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	14.00	2.80	2.80	97.20	
Nº 4	4.750	8.00	1.60	4.40	95.60	
Nº 8	2.360	12.00	2.40	6.80	93.20	
Nº 10	2.000	47.00	9.40	16.20	83.80	
Nº 16	1.190	24.00	4.80	21.00	79.00	
Nº 20	0.850	21.00	4.20	25.20	74.80	
Nº 30	0.600	36.00	7.20	32.40	67.60	
Nº 40	0.425	25.00	5.00	37.40	62.60	
Nº 60	0.250	24.00	4.80	42.20	57.80	
Nº 140	0.106	35.00	7.00	49.20	50.80	
Nº 200	0.075	27.00	5.40	54.60	45.40	
< Nº 200	FONDO	227.00	45.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

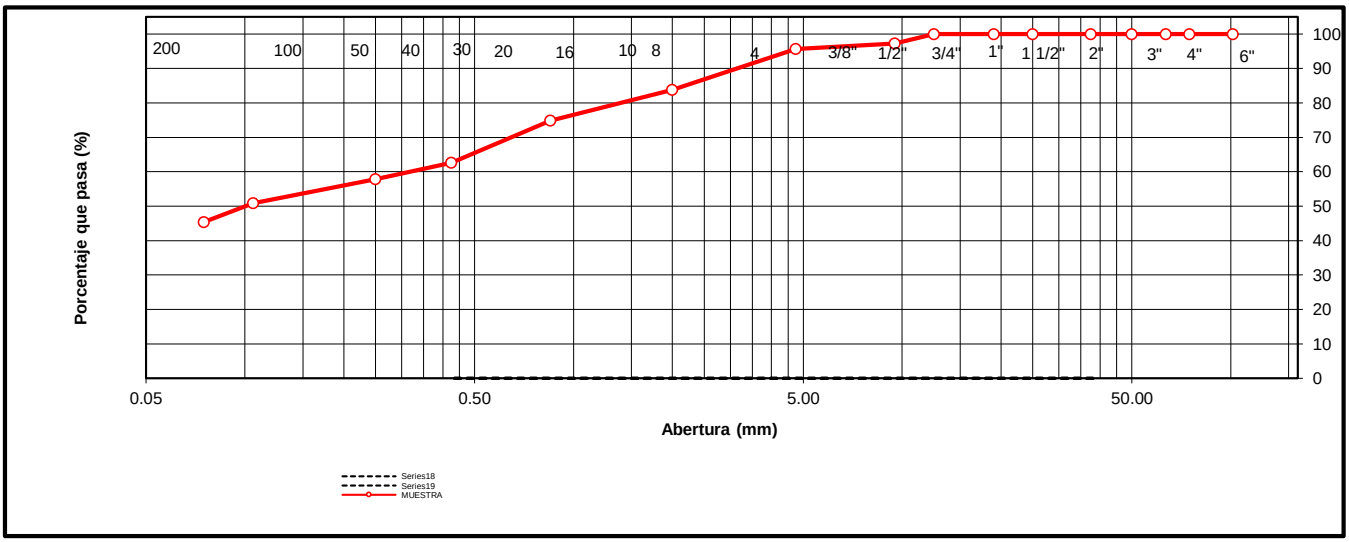
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	4.40	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	50.20	%
Finos < Nº 200 :	45.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	11.80	%
A. media Nº 10 - Nº 40	21.20	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	17.20	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	26.00	%
LP (ASTM D4318-17):	21.78	%
IP (ASTM D4318-17):	4.22	%
Clasificación (SUCS) :	SM	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 4

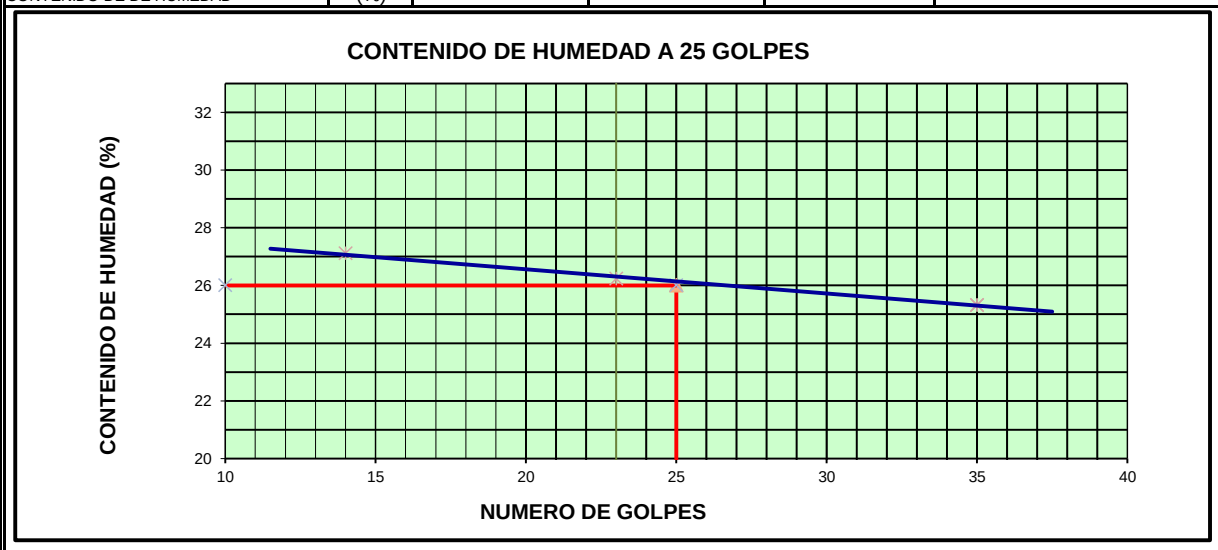
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-204	T-206	T-209	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	53.93	43.03	44.31	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.25	36.66	38.44	
PESO DE AGUA	(g)	8.68	6.37	5.87	
PESO DE LA TARA	(g)	13.25	12.36	15.27	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	32.00	24.30	23.17	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.11	26.23	25.32	
NÚMERO DE GOLPES		14	23	35	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T.23	T-88		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	14.79	40.80		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.35	36.25		
PESO DE AGUA	(g)	0.44	4.55		
PESO DE LA TARA	(g)	12.35	15.32		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.00	20.93		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.80	21.75		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	26.00
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.78
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	4.22

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

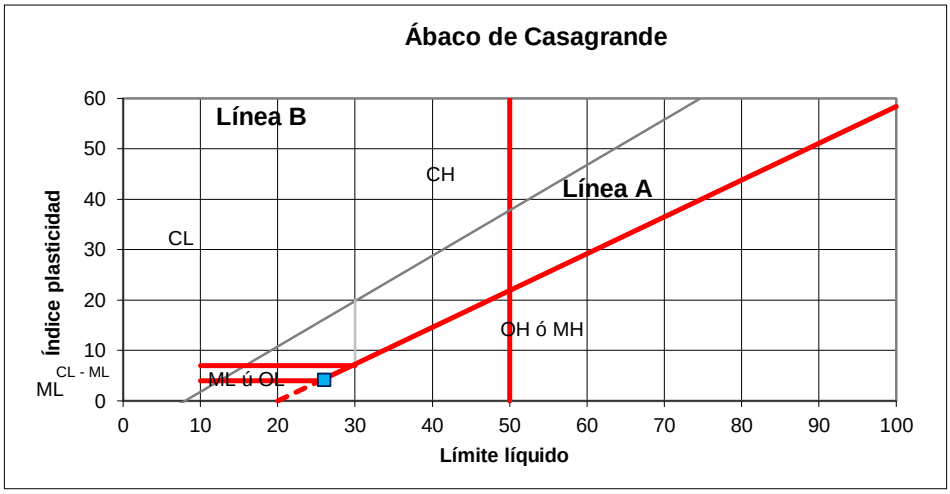
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758281	**NORTE:**	9276103	
PUNTO:	**5**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026		FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**ML**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-05

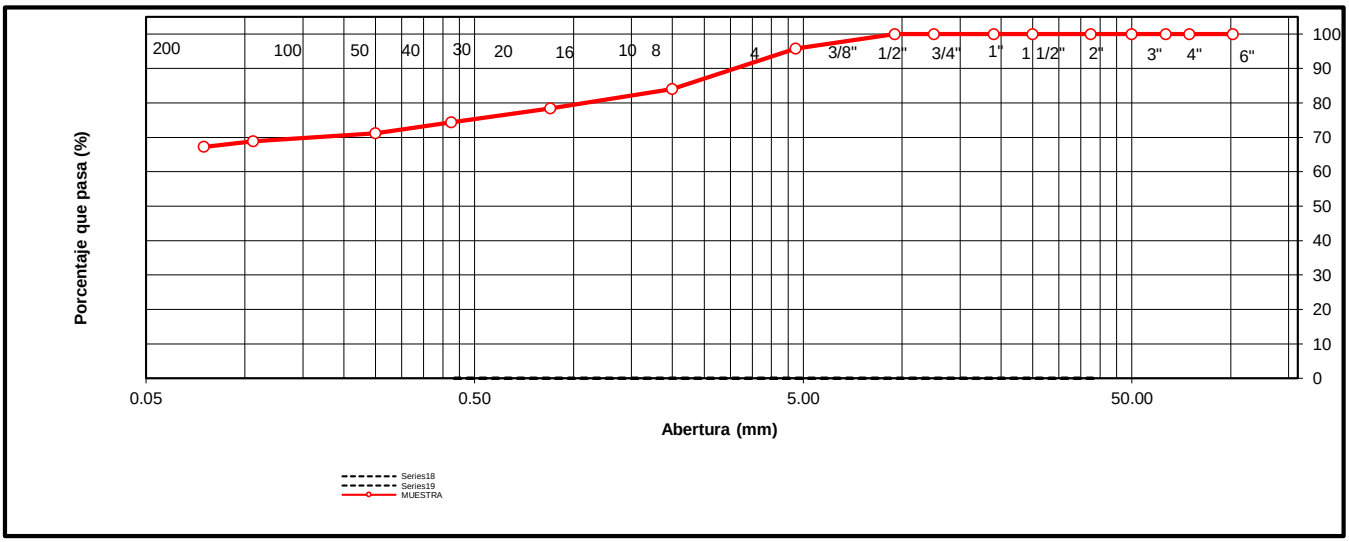
Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	21.00	4.20	4.20	95.80	
Nº 8	2.360	26.00	5.20	9.40	90.60	
Nº 10	2.000	33.00	6.60	16.00	84.00	
Nº 16	1.190	15.00	3.00	19.00	81.00	
Nº 20	0.850	13.00	2.60	21.60	78.40	
Nº 30	0.600	12.00	2.40	24.00	76.00	
Nº 40	0.425	8.00	1.60	25.60	74.40	
Nº 60	0.250	16.00	3.20	28.80	71.20	
Nº 140	0.106	12.00	2.40	31.20	68.80	
Nº 200	0.075	8.00	1.60	32.80	67.20	
< Nº 200	FONDO	336.00	67.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	4.20	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	28.60	%
Finos < Nº 200 :	67.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	11.80	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	7.20	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	30.87	%
LP (ASTM D4318-17):	23.87	%
IP (ASTM D4318-17):	7.00	%
Clasificación (SUCS) :	ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 5

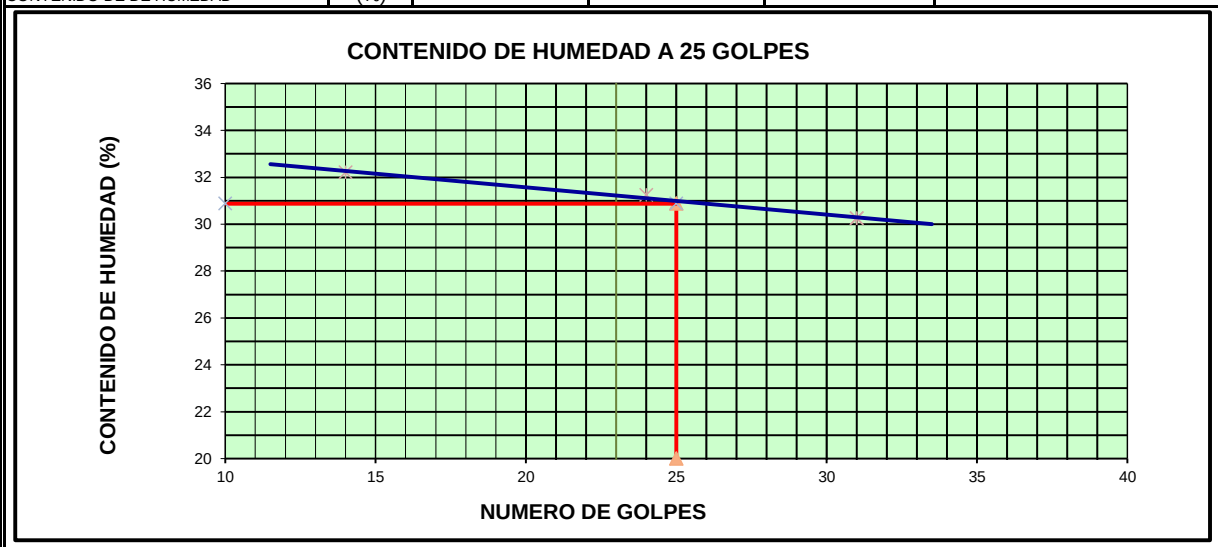
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.38	64.47	56.27	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	6.12	8.15	6.69	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.21	31.25	30.25	
NÚMERO DE GOLPES		14	24	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.59	27.28		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.24	0.20		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.88	23.85		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.87
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.87
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	7.00

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

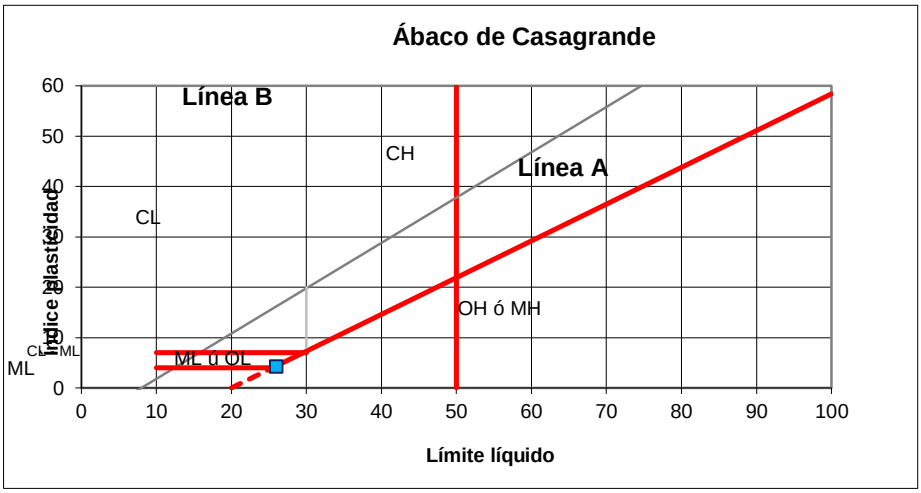
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758766.91	**NORTE:**	9276217.01	
PUNTO:	**6**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		14.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**ML**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-01

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	88.00	8.80	8.80	91.20	
Nº 10	2.000	36.00	3.60	12.40	87.60	
Nº 16	1.190	27.00	2.70	15.10	84.90	
Nº 20	0.850	45.00	4.50	19.60	80.40	
Nº 30	0.600	55.00	5.50	25.10	74.90	
Nº 40	0.425	4.00	0.40	25.50	74.50	
Nº 60	0.250	15.00	1.50	27.00	73.00	
Nº 140	0.106	10.00	1.00	28.00	72.00	
Nº 200	0.075	9.00	0.90	28.90	71.10	
< Nº 200	FONDO	711.00	71.10	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

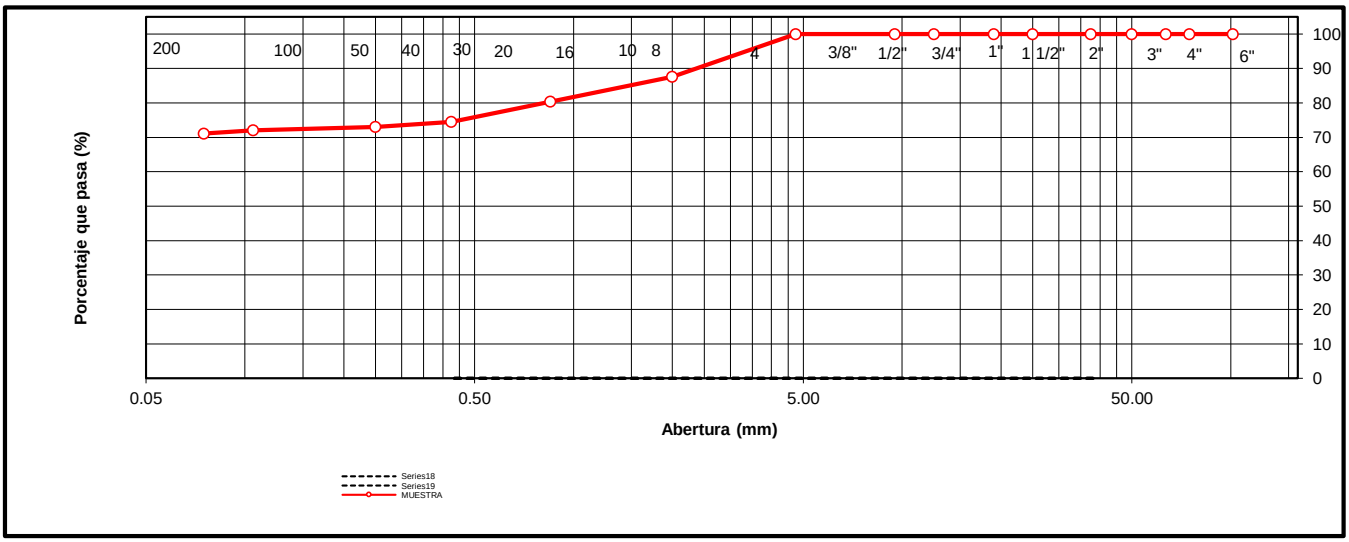
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	28.90	%
Finos < Nº 200 :	71.10	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	12.40	%
A. media Nº 10 - Nº 40	13.10	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.40	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	24.61	%
LP (ASTM D4318-17):	21.32	%
IP (ASTM D4318-17):	3.29	%
Clasificación (SUCS) :	ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 6

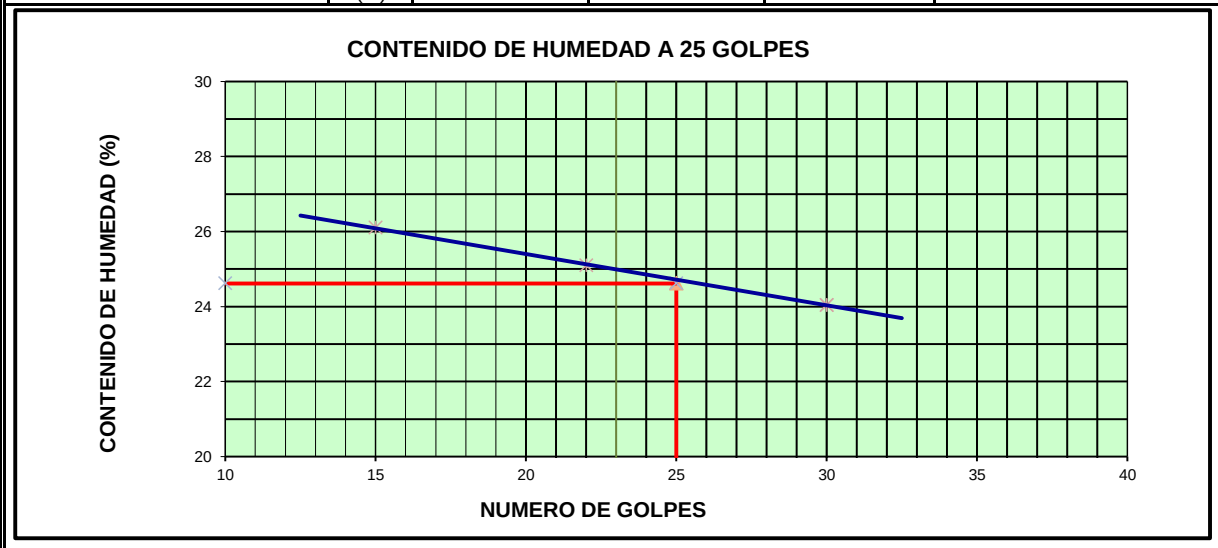
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	32.42	29.89	34.38	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	28.66	26.55	31.25	
PESO DE AGUA	(g)	3.76	3.34	3.13	
PESO DE LA TARA	(g)	14.26	13.24	18.25	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.40	13.31	13.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.10	25.10	24.04	
NÚMERO DE GOLPES		15	22	30	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	15.20	14.27		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.03	14.09		
PESO DE AGUA	(g)	0.17	0.18		
PESO DE LA TARA	(g)	14.25	13.25		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.78	0.84		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.35	21.28		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	24.61
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.32
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	3.29

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

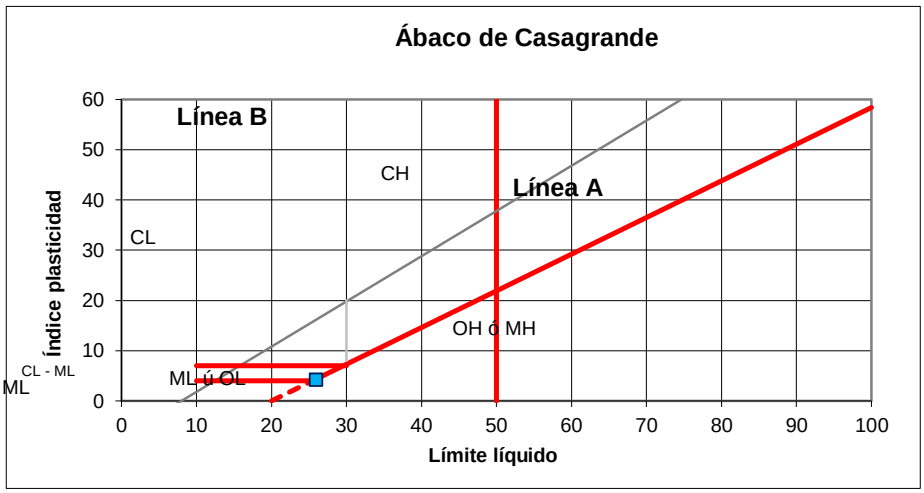
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	758592	**NORTE:**	9275805	
PUNTO:	**7**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		10.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**SC-SM**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-07

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 1/2" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	25.00	5.00	5.00	95.00	
Nº 4	4.750	15.00	3.00	8.00	92.00	
Nº 8	2.360	25.00	5.00	13.00	87.00	
Nº 10	2.000	33.00	6.60	19.60	80.40	
Nº 16	1.190	28.00	5.60	25.20	74.80	
Nº 20	0.850	35.00	7.00	32.20	67.80	
Nº 30	0.600	35.00	7.00	39.20	60.80	
Nº 40	0.425	25.00	5.00	44.20	55.80	
Nº 60	0.250	12.00	2.40	46.60	53.40	
Nº 140	0.106	31.00	6.20	52.80	47.20	
Nº 200	0.075	21.00	4.20	57.00	43.00	
< Nº 200	FONDO	215.00	43.00	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

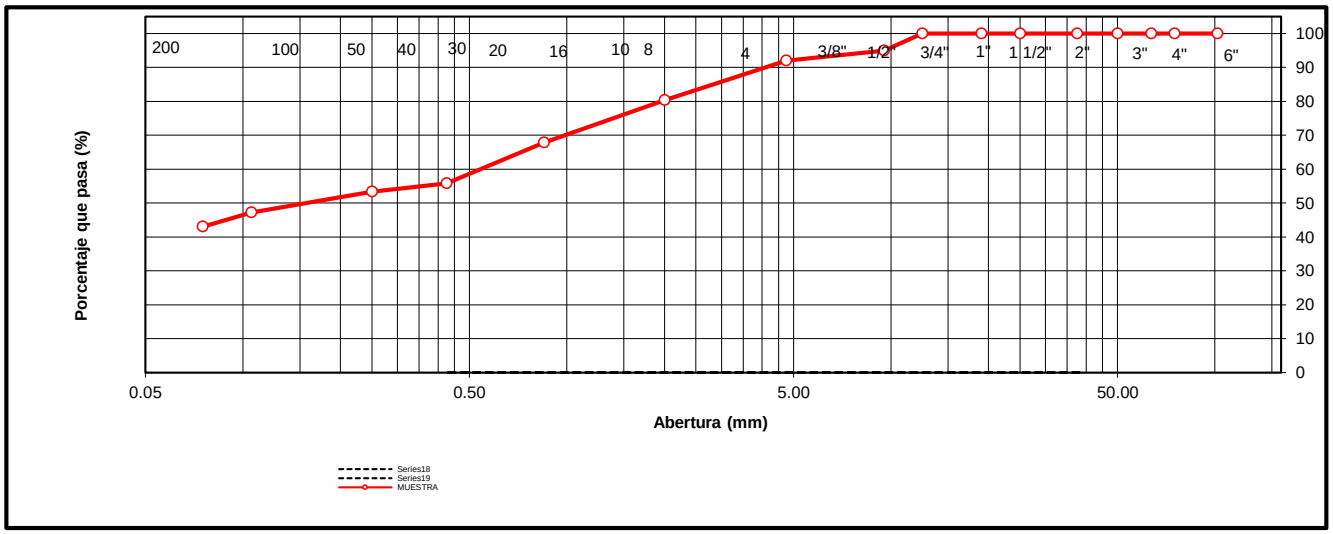
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	8.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	49.00	%
Finos < Nº 200 :	43.00	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	11.60	%
A. media Nº 10 - Nº 40	24.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	12.80	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	24.95	%
LP (ASTM D4318-17):	20.20	%
IP (ASTM D4318-17):	4.75	%
Clasificación (SUCS) :	SC-SM	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1/2"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 7

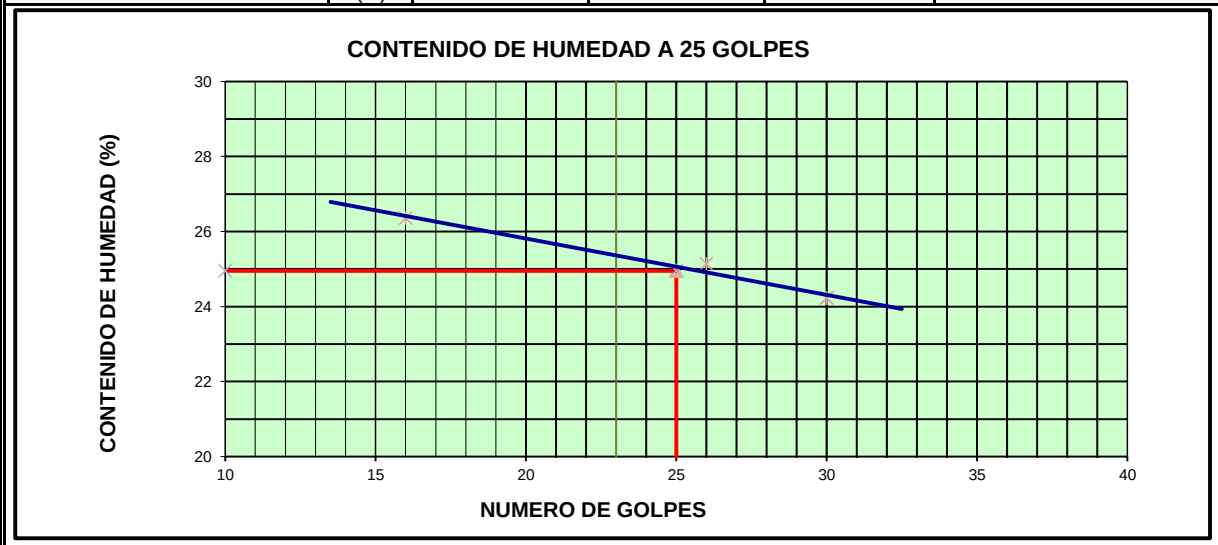
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	37.86	33.70	32.39	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	33.12	29.85	28.98	
PESO DE AGUA	(g)	4.74	3.85	3.41	
PESO DE LA TARA	(g)	15.12	14.54	14.92	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.00	15.31	14.06	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	26.35	25.14	24.23	
NÚMERO DE GOLPES		16	26	30	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	16.61	15.93		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.35	15.69		
PESO DE AGUA	(g)	0.26	0.24		
PESO DE LA TARA	(g)	15.05	14.48		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.30	1.21		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.25	20.15		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	24.95
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.20
INDICE DE PLASTICIDAD	%	4.75

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

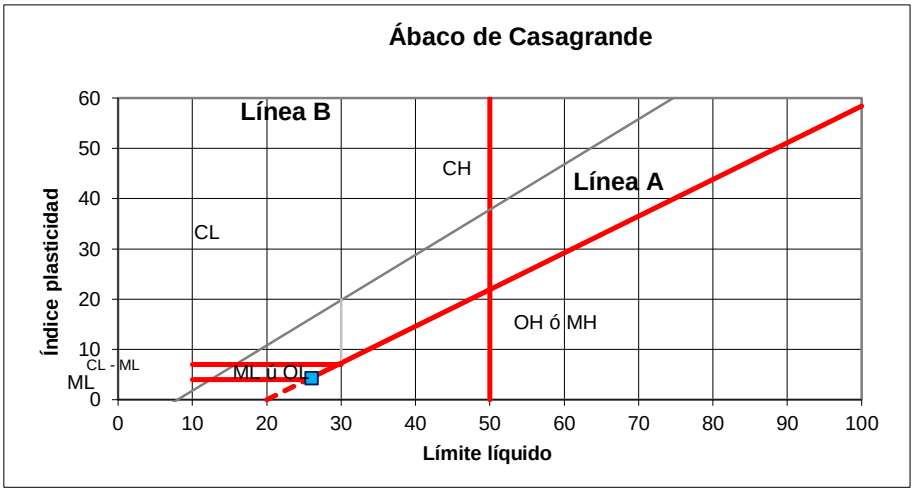
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	759144	**NORTE:**	9275918	
PUNTO:	**8**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**ML**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-08

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

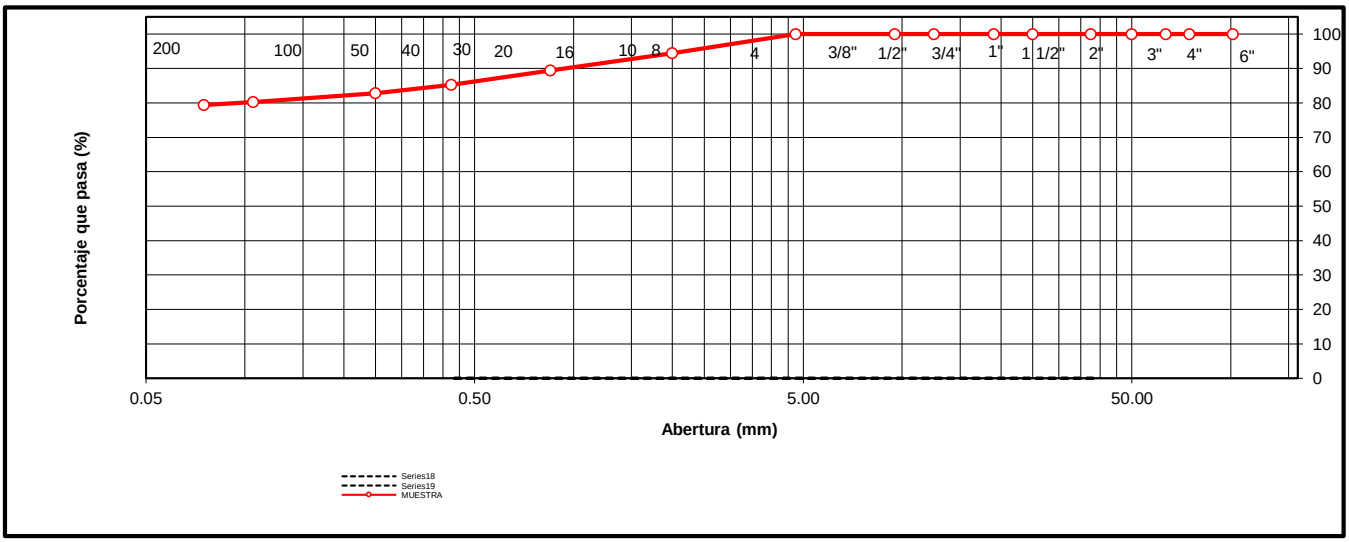
TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	11.00	2.20	2.20	97.80	
Nº 10	2.000	17.00	3.40	5.60	94.40	
Nº 16	1.190	9.00	1.80	7.40	92.60	
Nº 20	0.850	16.00	3.20	10.60	89.40	
Nº 30	0.600	21.00	4.20	14.80	85.20	
Nº 40	0.425	0.00	0.00	14.80	85.20	
Nº 60	0.250	12.00	2.40	17.20	82.80	
Nº 140	0.106	13.00	2.60	19.80	80.20	
Nº 200	0.075	4.00	0.80	20.60	79.40	
< Nº 200	FONDO	397.00	79.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	20.60	%
Finos < Nº 200 :	79.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.60	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.20	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.80	%

CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	26.77	%
LP (ASTM D4318-17):	23.17	%
IP (ASTM D4318-17):	3.60	%
Clasificación (SUCS) :	ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 8

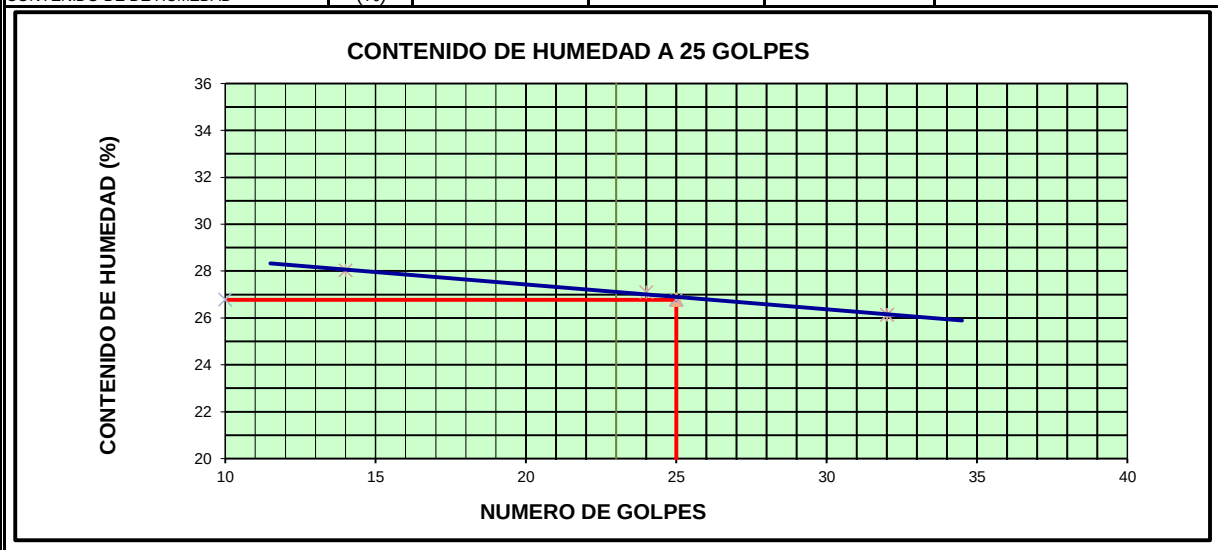
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	31.05	38.15	32.77	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	27.02	33.34	29.29	
PESO DE AGUA	(g)	4.03	4.81	3.48	
PESO DE LA TARA	(g)	12.63	15.59	15.97	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.39	17.75	13.32	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.02	27.10	26.13	
NÚMERO DE GOLPES		14	24	32	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	14.74	13.72		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.70	13.69		
PESO DE AGUA	(g)	0.04	0.03		
PESO DE LA TARA	(g)	14.54	13.57		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.16	0.12		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.16	23.19		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	26.77
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.17
INDICE DE PLASTICIDAD	%	3.60

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

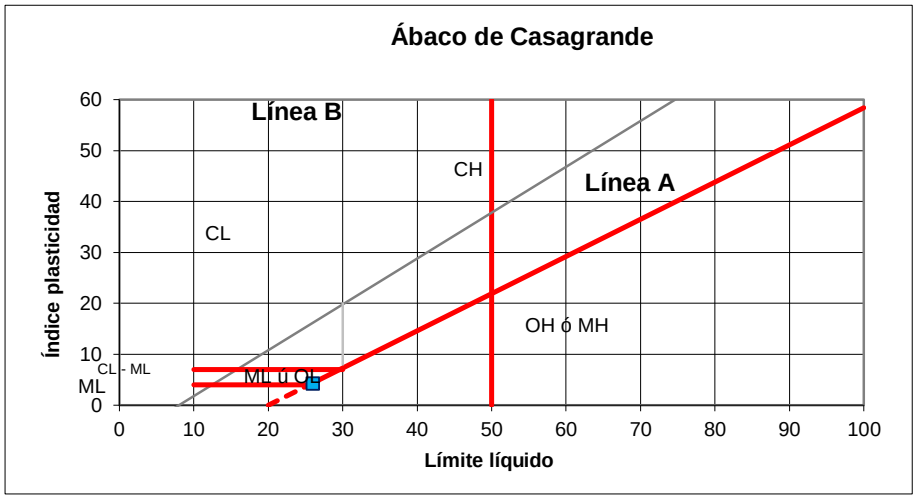
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	759718	**NORTE:**	9275562	
PUNTO:	**1**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		18.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**ML**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-01

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	14.00	2.80	2.80	97.20	
Nº 10	2.000	26.00	5.20	8.00	92.00	
Nº 16	1.190	15.00	3.00	11.00	89.00	
Nº 20	0.850	12.00	2.40	13.40	86.60	
Nº 30	0.600	35.00	7.00	20.40	79.60	
Nº 40	0.425	2.00	0.40	20.80	79.20	
Nº 60	0.250	16.00	3.20	24.00	76.00	
Nº 140	0.106	16.00	3.20	27.20	72.80	
Nº 200	0.075	6.00	1.20	28.40	71.60	
< Nº 200	FONDO	358.00	71.60	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

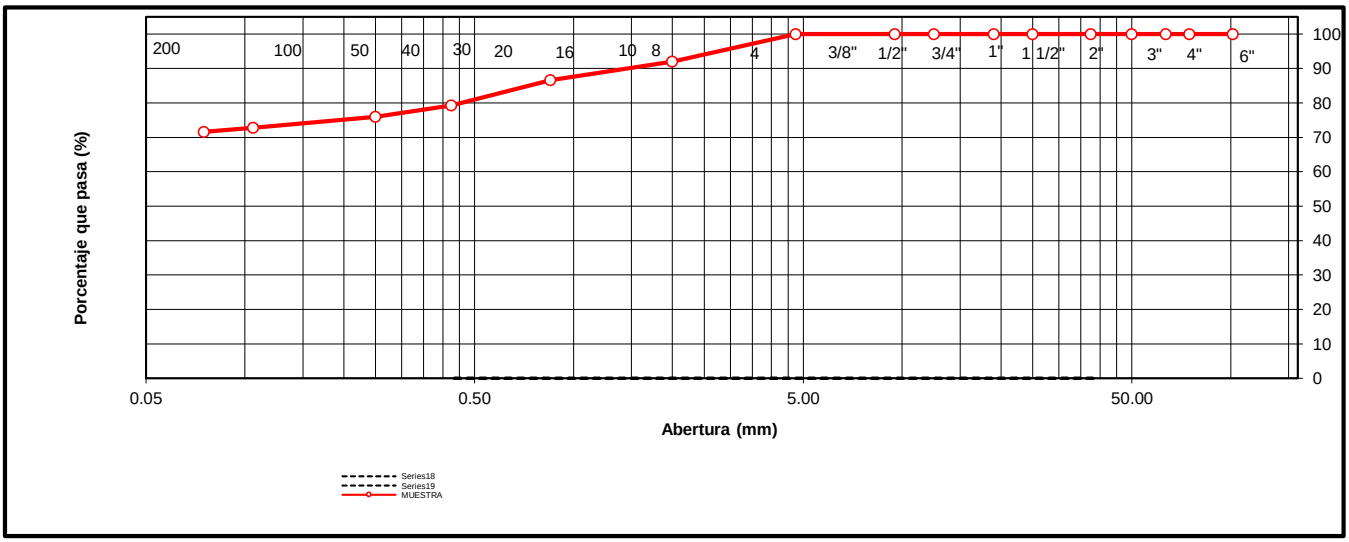
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	28.40	%
Finos < Nº 200 :	71.60	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	8.00	%
A. media Nº 10 - Nº 40	12.80	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	7.60	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	20.54	%
LP (ASTM D4318-17):	18.34	%
IP (ASTM D4318-17):	2.20	%
Clasificación (SUCS) :	ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 1

Fecha de Muestreo: 19/01/2026

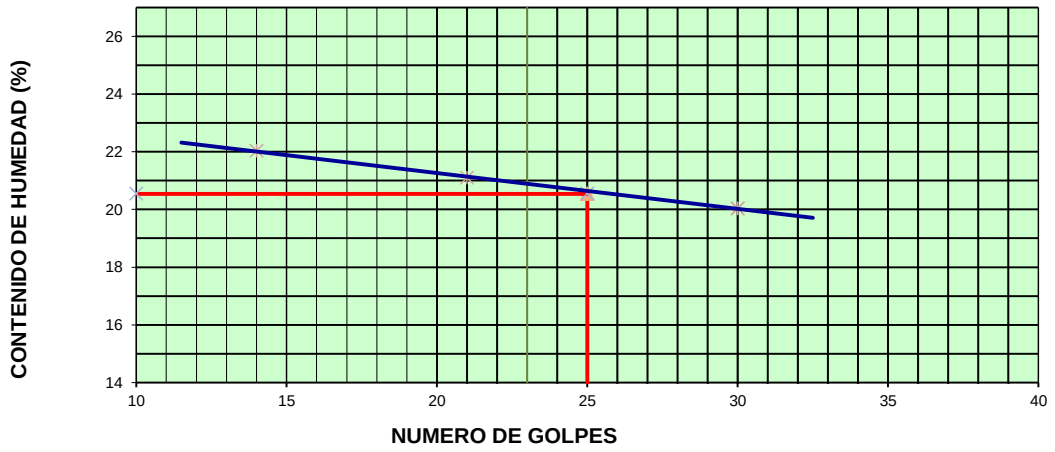
LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	29.24	31.50	26.23	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	28.69	24.58	
PESO DE AGUA	(g)	2.89	2.81	1.65	
PESO DE LA TARA	(g)	13.25	15.36	16.35	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.10	13.33	8.23	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.03	21.10	20.03	
NÚMERO DE GOLPES		14	21	30	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	15.82	16.12		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.63	15.88		
PESO DE AGUA	(g)	0.19	0.24		
PESO DE LA TARA	(g)	14.58	14.59		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.05	1.29		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	18.25	18.42		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	20.54
LÍMITE PLÁSTICO	%	18.34
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	2.20

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

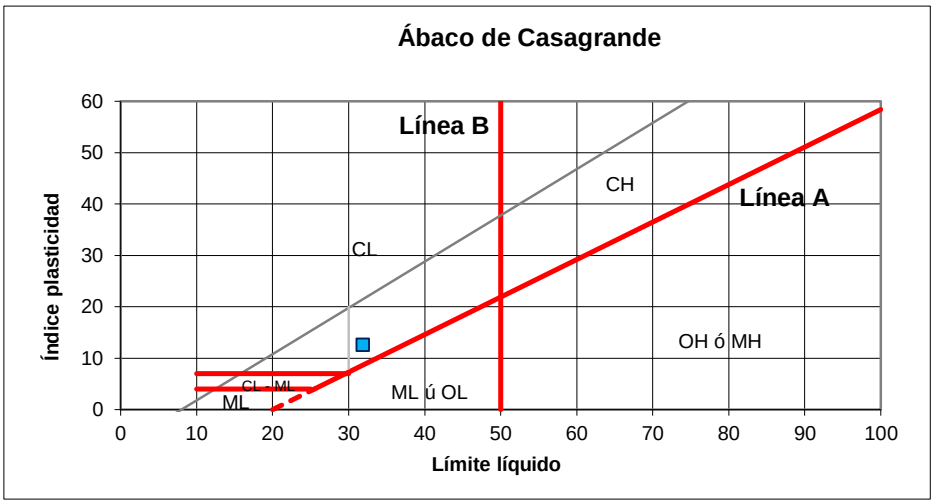
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	759631	**NORTE:**	9275840	
PUNTO:	**10**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026		FECHA DE INFORME:	**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-10

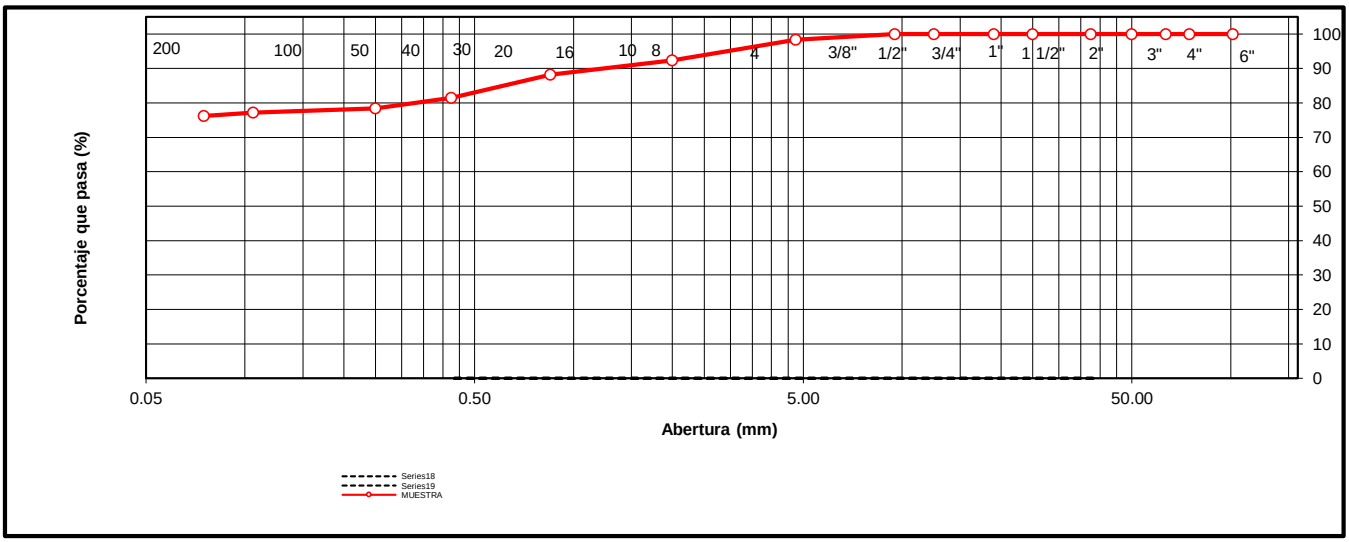
Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	8.00	1.60	1.60	98.40	
Nº 8	2.360	14.00	2.80	4.40	95.60	
Nº 10	2.000	16.00	3.20	7.60	92.40	
Nº 16	1.190	9.00	1.80	9.40	90.60	
Nº 20	0.850	12.00	2.40	11.80	88.20	
Nº 30	0.600	23.00	4.60	16.40	83.60	
Nº 40	0.425	11.00	2.20	18.60	81.40	
Nº 60	0.250	15.00	3.00	21.60	78.40	
Nº 140	0.106	6.00	1.20	22.80	77.20	
Nº 200	0.075	5.00	1.00	23.80	76.20	
< Nº 200	FONDO	381.00	76.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.60	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	22.20	%
Finos < Nº 200 :	76.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	6.00	%
A. media Nº 10 - Nº 40	11.00	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.20	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	31.90	%
LP (ASTM D4318-17):	19.38	%
IP (ASTM D4318-17):	12.52	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 10

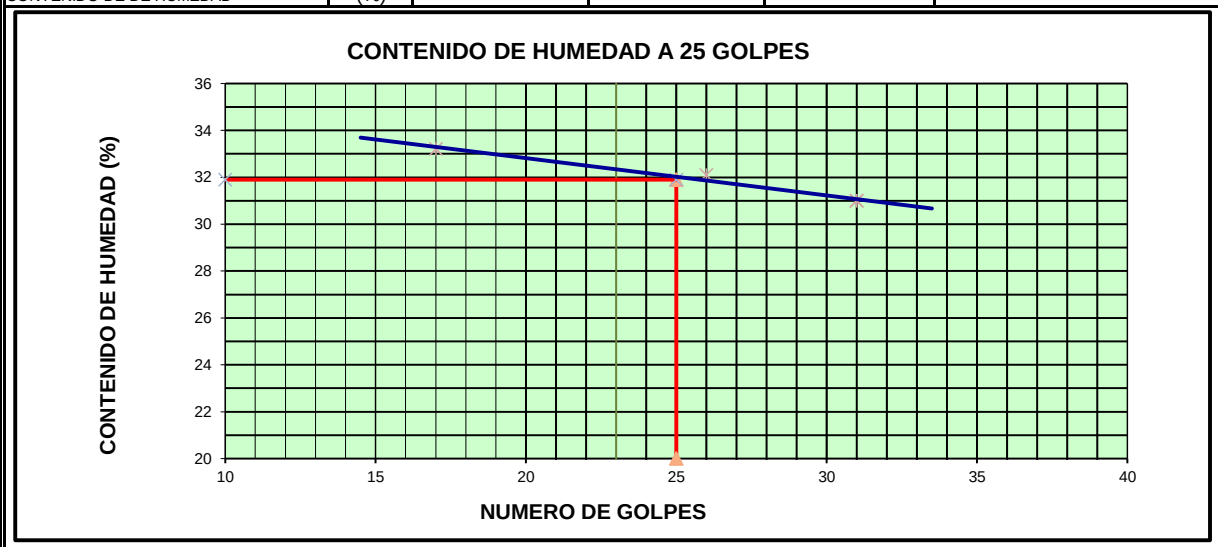
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	57.95	51.69	52.78	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	46.58	42.35	43.58	
PESO DE AGUA	(g)	11.37	9.34	9.20	
PESO DE LA TARA	(g)	12.35	13.25	13.88	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	34.23	29.10	29.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	33.21	32.10	30.99	
NÚMERO DE GOLPES		17	26	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	18.38	18.57		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.25	18.25		
PESO DE AGUA	(g)	0.13	0.32		
PESO DE LA TARA	(g)	17.58	16.58		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.67	1.67		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.33	19.42		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	31.90
LÍMITE PLÁSTICO	%	19.38
INDICE DE PLASTICIDAD	%	12.52

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

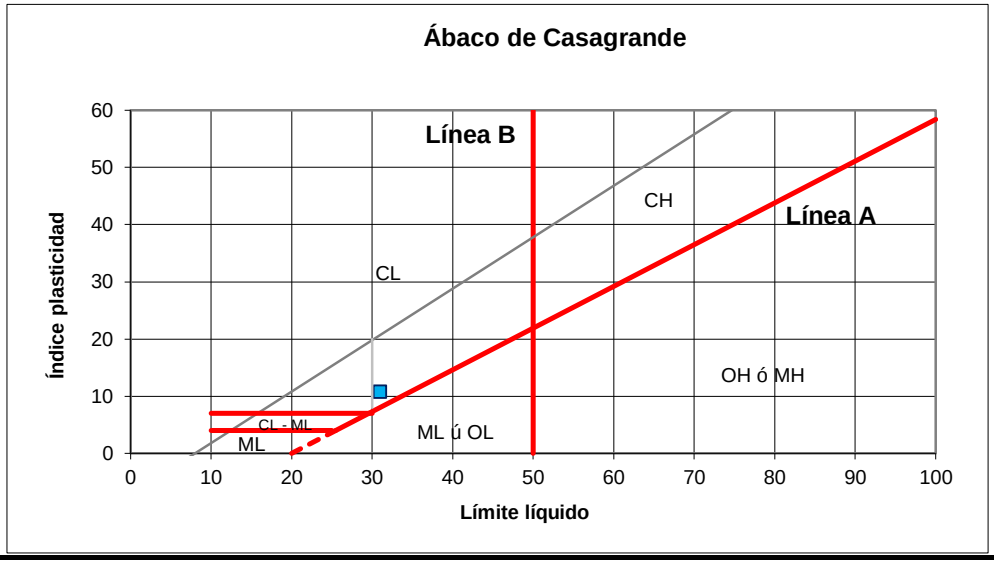
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	763098	**NORTE:**	9275179	
PUNTO:	**11**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		10.53	
Fecha de Muestreo:	20/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**SC**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-11

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	110.00	22.00	22.00	78.00	
Nº 8	2.360	45.00	9.00	31.00	69.00	
Nº 10	2.000	36.00	7.20	38.20	61.80	
Nº 16	1.190	27.00	5.40	43.60	56.40	
Nº 20	0.850	33.00	6.60	50.20	49.80	
Nº 30	0.600	23.00	4.60	54.80	45.20	
Nº 40	0.425	4.00	0.80	55.60	44.40	
Nº 60	0.250	20.00	4.00	59.60	40.40	
Nº 140	0.106	14.00	2.80	62.40	37.60	
Nº 200	0.075	7.00	1.40	63.80	36.20	
< Nº 200	FONDO	181.00	36.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

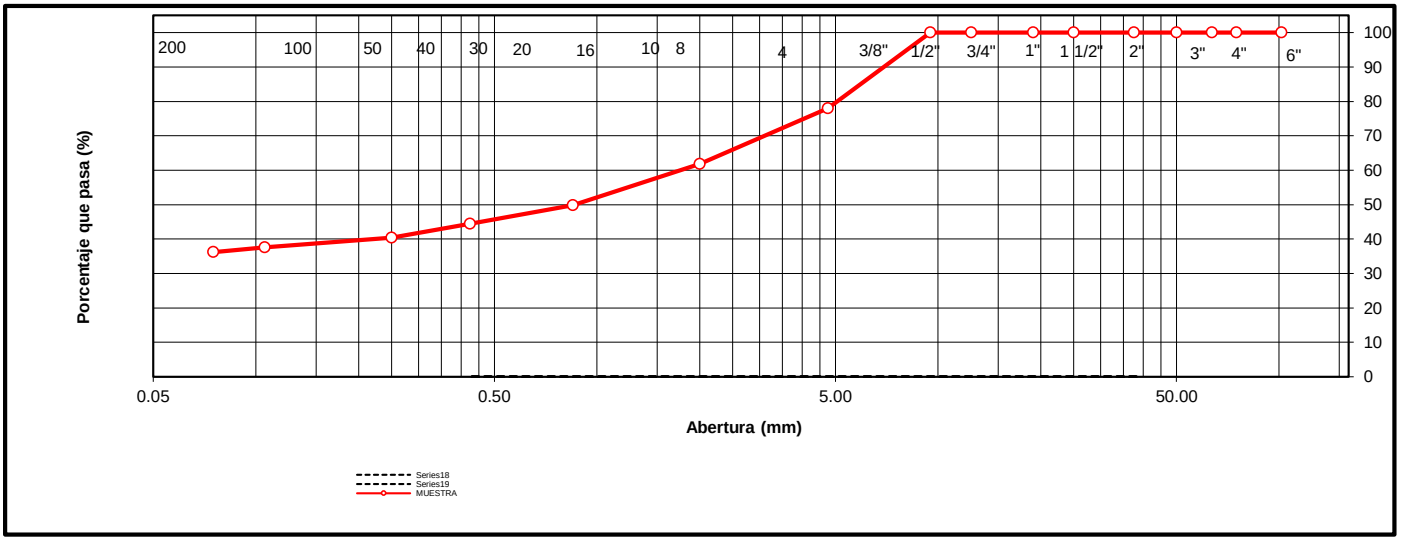
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	22.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	41.80	%
Finos < Nº 200 :	36.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	16.20	%
A. media Nº 10 - Nº 40	17.40	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	8.20	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	30.96	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	10.73	%
Clasificación (SUCS) :	SC	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 11

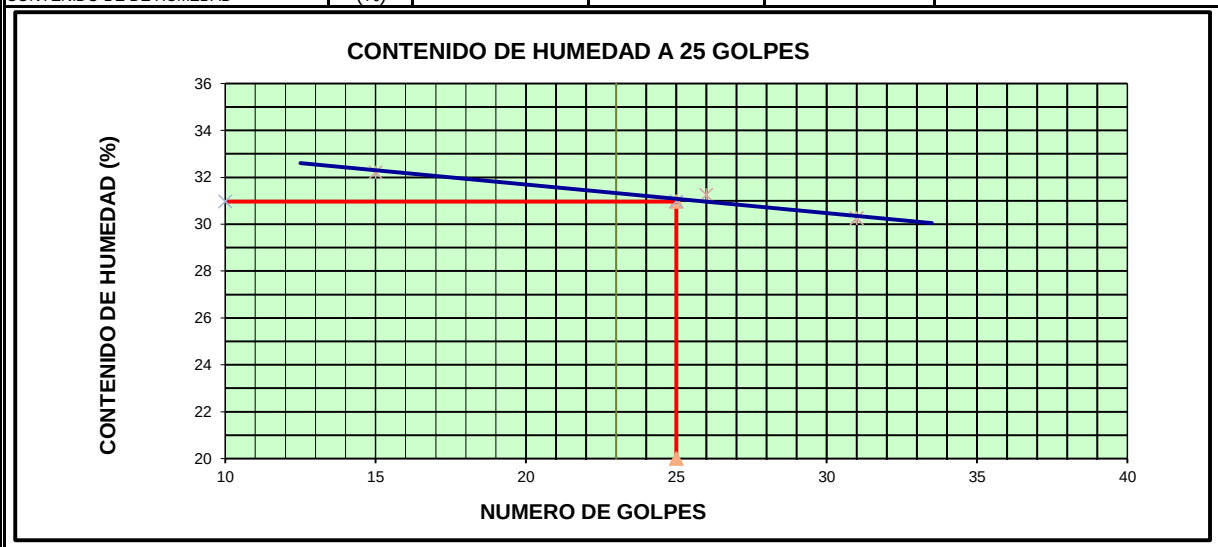
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.38	64.47	56.27	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	6.12	8.15	6.69	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.21	31.25	30.25	
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.96
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	10.73

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	**ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO**	**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO** **RUC : 20604291641** **CEL:950589432** **Pag: 1 de 3**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

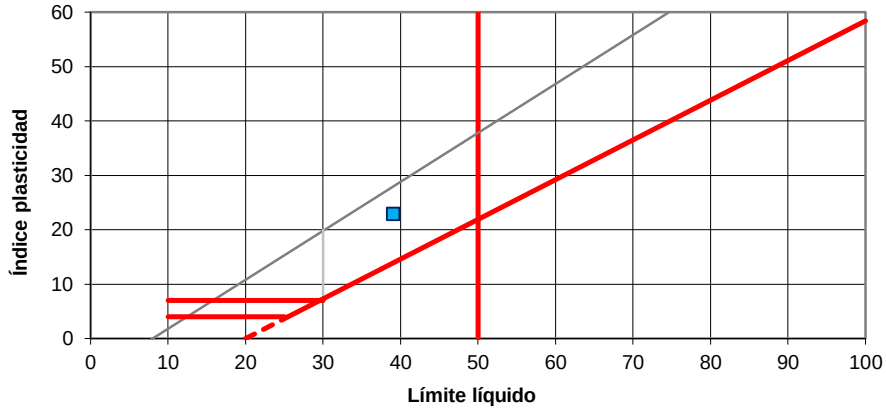
COORDENADAS:	**ESTE:**	762370	**NORTE:**	9275227
PUNTO:	**12**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00
Fecha de Muestreo:		20/01/2026	FECHA DE INFORME:	**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**

Ábaco de Casagrande



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-12

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	8.00	1.60	1.60	98.40	
Nº 10	2.000	12.00	2.40	4.00	96.00	
Nº 16	1.190	9.00	1.80	5.80	94.20	
Nº 20	0.850	13.00	2.60	8.40	91.60	
Nº 30	0.600	10.00	2.00	10.40	89.60	
Nº 40	0.425	6.00	1.20	11.60	88.40	
Nº 60	0.250	5.00	1.00	12.60	87.40	
Nº 140	0.106	11.00	2.20	14.80	85.20	
Nº 200	0.075	8.00	1.60	16.40	83.60	
< Nº 200	FONDO	418.00	83.60	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

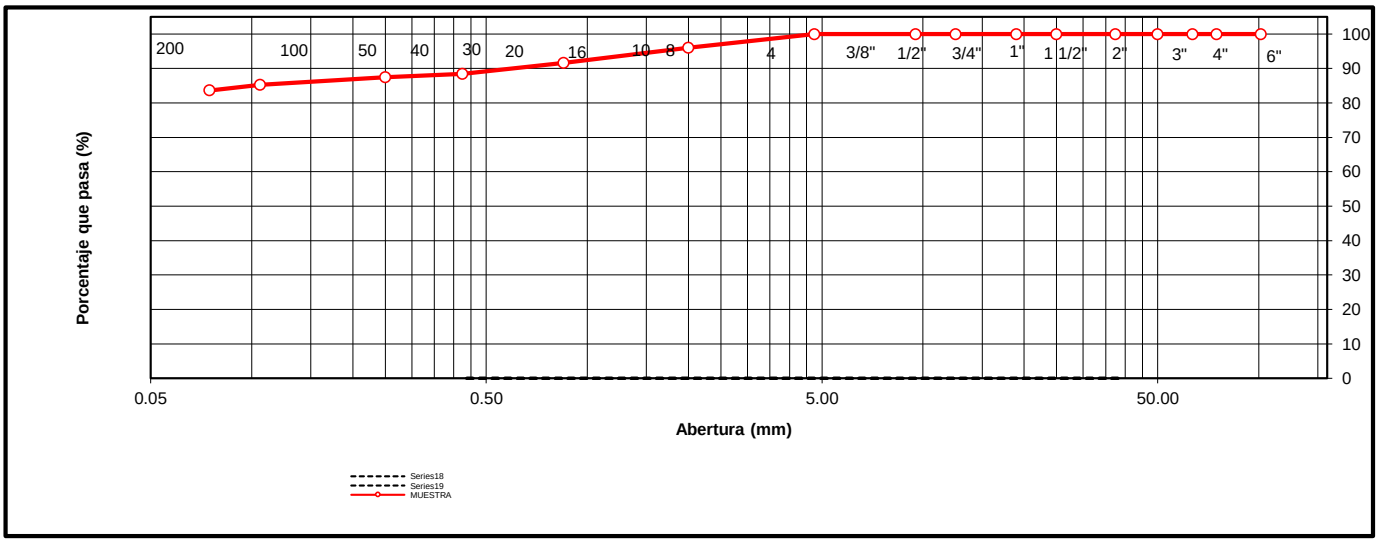
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	16.40	%
Finos < Nº 200 :	83.60	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	4.00	%
A. media Nº 10 - Nº 40	7.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	4.80	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	39.09	%
LP (ASTM D4318-17):	16.22	%
IP (ASTM D4318-17):	22.87	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 12

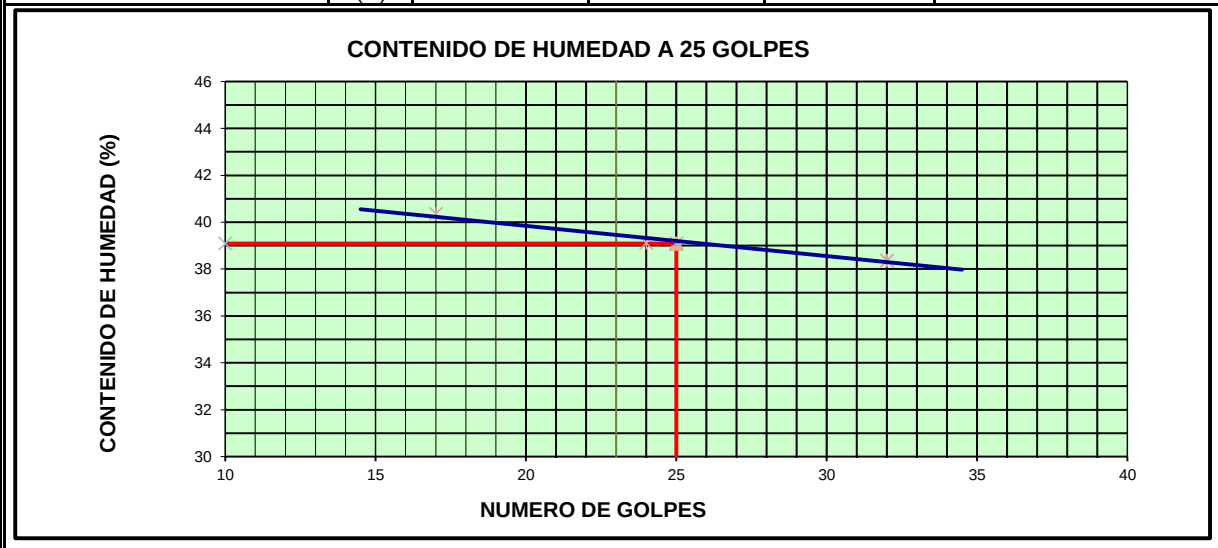
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	39.51	37.12	47.65	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	32.25	31.25	38.69	
PESO DE AGUA	(g)	7.26	5.87	8.96	
PESO DE LA TARA	(g)	14.25	16.25	15.32	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.00	15.00	23.37	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.35	39.10	38.35	
NÚMERO DE GOLPES		17	24	32	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	13.39	15.85		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	13.25	15.63		
PESO DE AGUA	(g)	0.14	0.22		
PESO DE LA TARA	(g)	12.36	14.25		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.89	1.38		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	16.20	16.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	39.09
LÍMITE PLÁSTICO	%	16.22
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	22.87

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

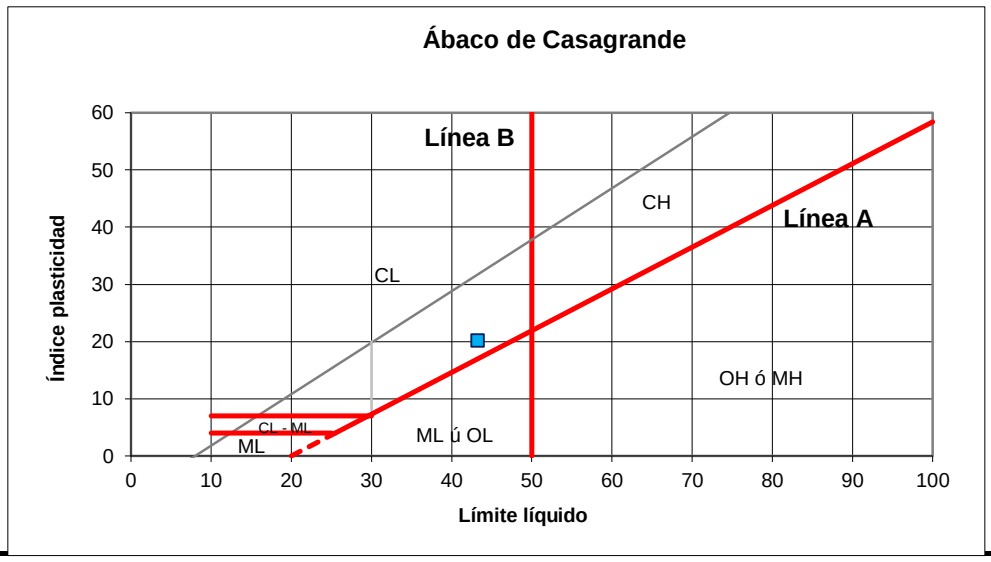
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	762833	**NORTE:**	9275105	
PUNTO:	**13**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		5.33	
Fecha de Muestreo:	19/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

FECHA DE INFORME: 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-13

Fecha de Muestreo: 19/01/2026 **Fecha de Recepción:** 19/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	13.00	2.60	2.60	97.40	
Nº 10	2.000	27.00	5.40	8.00	92.00	
Nº 16	1.190	16.00	3.20	11.20	88.80	
Nº 20	0.850	14.00	2.80	14.00	86.00	
Nº 30	0.600	17.00	3.40	17.40	82.60	
Nº 40	0.425	6.00	1.20	18.60	81.40	
Nº 60	0.250	19.00	3.80	22.40	77.60	
Nº 140	0.106	15.00	3.00	25.40	74.60	
Nº 200	0.075	6.00	1.20	26.60	73.40	
< Nº 200	FONDO	367.00	73.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

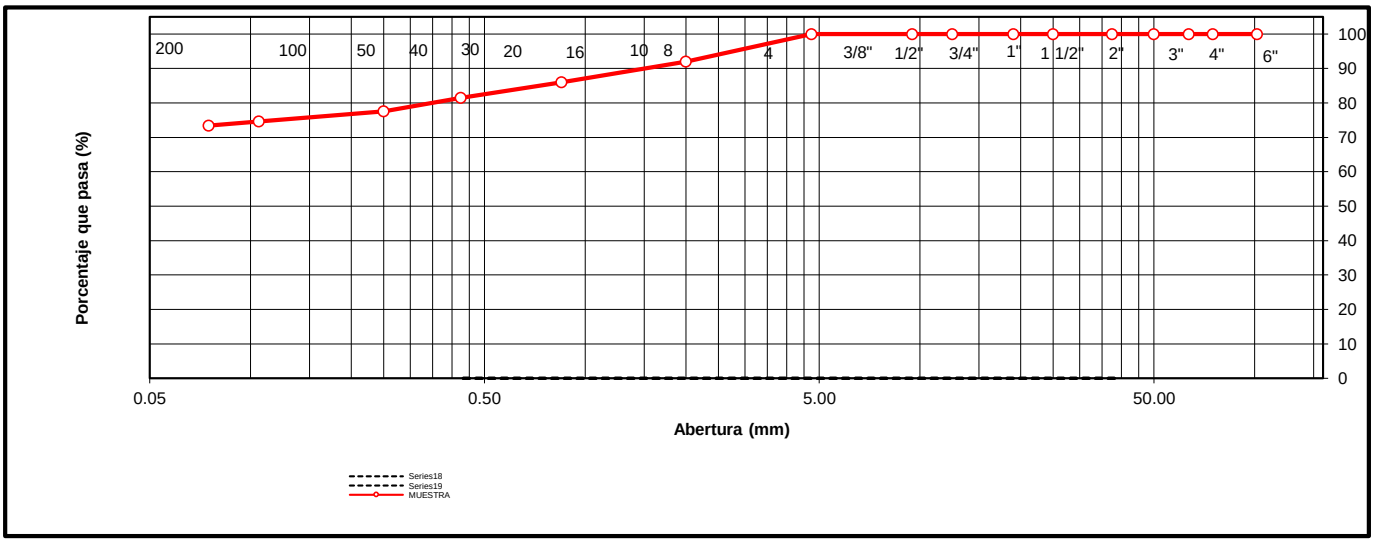
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	26.60	%
Finos < Nº 200 :	73.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	8.00	%
A. media Nº 10 - Nº 40	10.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	8.00	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	43.27	%
LP (ASTM D4318-17):	23.15	%
IP (ASTM D4318-17):	20.12	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 13

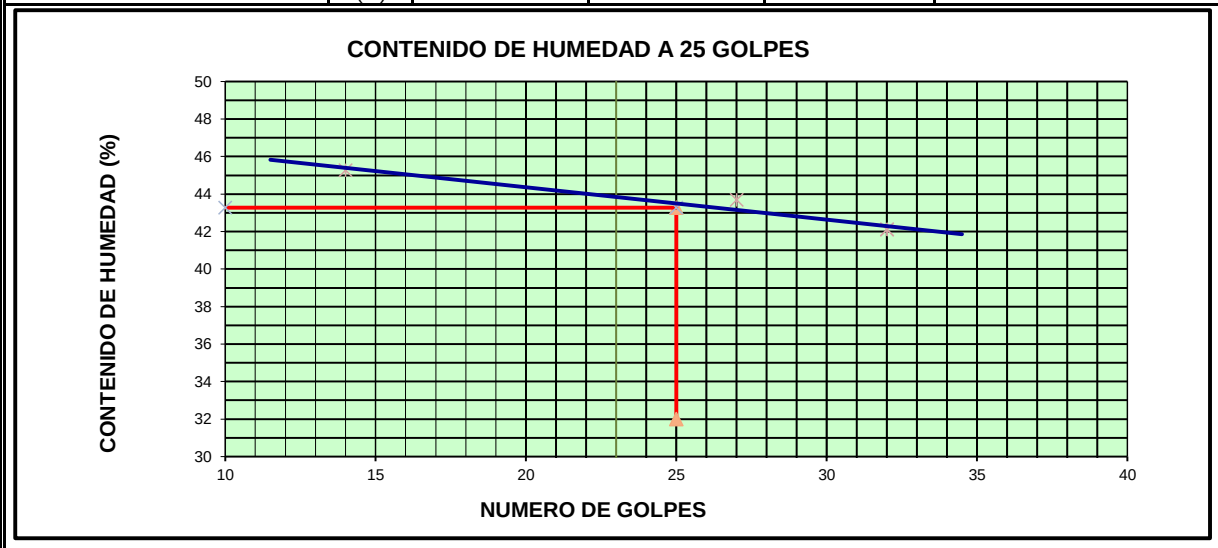
Fecha de Muestreo: 19/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-31	T-12	T-19	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	44.30	47.16	48.71	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	35.25	36.58	38.59	
PESO DE AGUA	(g)	9.05	10.58	10.12	
PESO DE LA TARA	(g)	15.25	12.35	14.56	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	20.00	24.23	24.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	45.25	43.68	42.10	
NÚMERO DE GOLPES		14	27	32	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-402	T401		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	14.38	14.23		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.00	13.88		
PESO DE AGUA	(g)	0.38	0.35		
PESO DE LA TARA	(g)	12.35	12.35		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.65	1.53		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.21	23.10		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	43.27
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.15
INDICE DE PLASTICIDAD	%	20.12

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	**ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO**	**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO** **RUC : 20604291641** **CEL:950589432** **Pag: 1 de 3**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

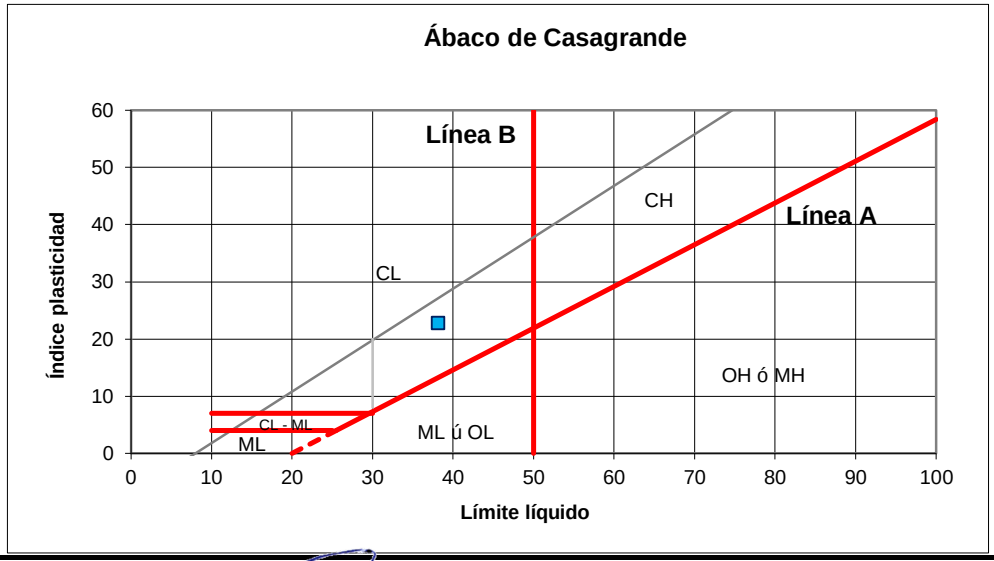
TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	762381	**NORTE:**	9274918	
PUNTO:	**14**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		7.50	
Fecha de Muestreo:		20/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-14

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	77.00	15.40	15.40	84.60	
Nº 8	2.360	3.00	0.60	16.00	84.00	
Nº 10	2.000	7.00	1.40	17.40	82.60	
Nº 16	1.190	11.00	2.20	19.60	80.40	
Nº 20	0.850	14.00	2.80	22.40	77.60	
Nº 30	0.600	9.00	1.80	24.20	75.80	
Nº 40	0.425	3.00	0.60	24.80	75.20	
Nº 60	0.250	10.00	2.00	26.80	73.20	
Nº 140	0.106	12.00	2.40	29.20	70.80	
Nº 200	0.075	4.00	0.80	30.00	70.00	
< Nº 200	FONDO	350.00	70.00	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

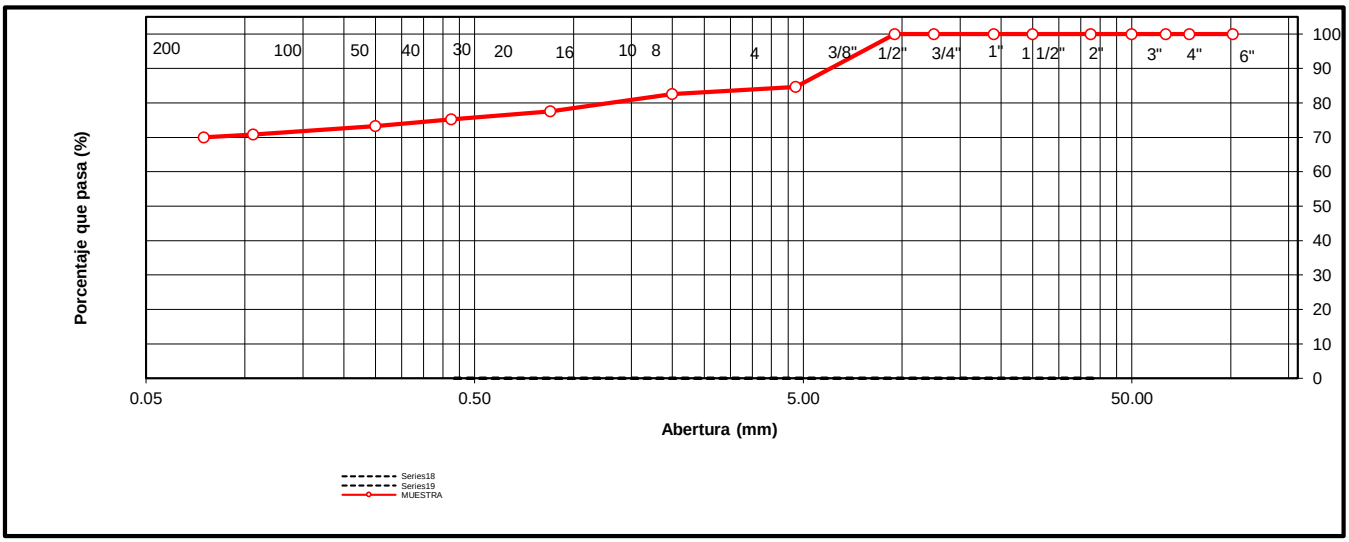
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	15.40	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	14.60	%
Finos < Nº 200 :	70.00	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	2.00	%
A. media Nº 10 - Nº 40	7.40	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.20	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	38.16	%
LP (ASTM D4318-17):	15.41	%
IP (ASTM D4318-17):	22.75	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 14

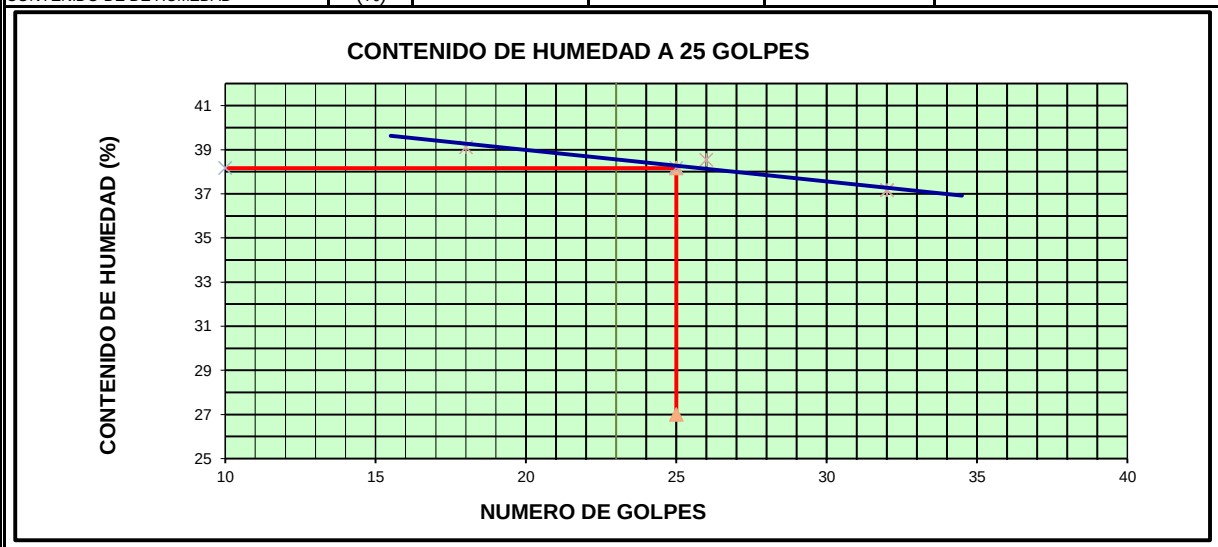
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-31	T-12	T-19	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	30.54	36.04	36.08	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	30.21	29.65	
PESO DE AGUA	(g)	4.19	5.83	6.43	
PESO DE LA TARA	(g)	15.63	15.07	12.35	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.72	15.14	17.30	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.10	38.54	37.16	
NÚMERO DE GOLPES		18	26	32	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-402	T401		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	17.53	14.47		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	17.25	14.00		
PESO DE AGUA	(g)	0.28	0.47		
PESO DE LA TARA	(g)	12.12	12.15		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.13	1.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	5.53	25.29		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	38.16
LÍMITE PLÁSTICO	%	15.41
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	22.75

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	**ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO**	**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO** **RUC : 20604291641** **CEL:950589432** **Pag: 1 de 3**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

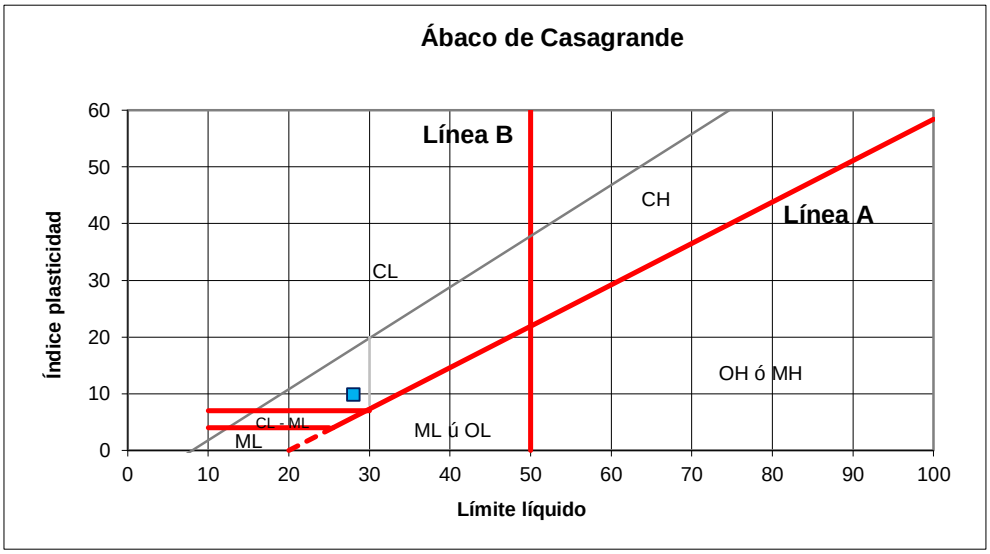
TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	762080	**NORTE:**	9274739
PUNTO:	**15**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00
Fecha de Muestreo:		20/01/2026	FECHA DE INFORME:	**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**SC**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-15

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: 1/2" **Peso Inicial Seco:** 800 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	158.00	19.75	19.75	80.25	
Nº 4	4.750	88.00	11.00	30.75	69.25	
Nº 8	2.360	55.00	6.88	37.63	62.38	
Nº 10	2.000	96.00	12.00	49.63	50.38	
Nº 16	1.190	29.00	3.63	53.25	46.75	
Nº 20	0.850	11.00	1.38	54.63	45.38	
Nº 30	0.600	17.00	2.13	56.75	43.25	
Nº 40	0.425	24.00	3.00	59.75	40.25	
Nº 60	0.250	13.00	1.63	61.38	38.63	
Nº 140	0.106	8.00	1.00	62.38	37.63	
Nº 200	0.075	7.00	0.88	63.25	36.75	
< Nº 200	FONDO	294.00	36.75	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

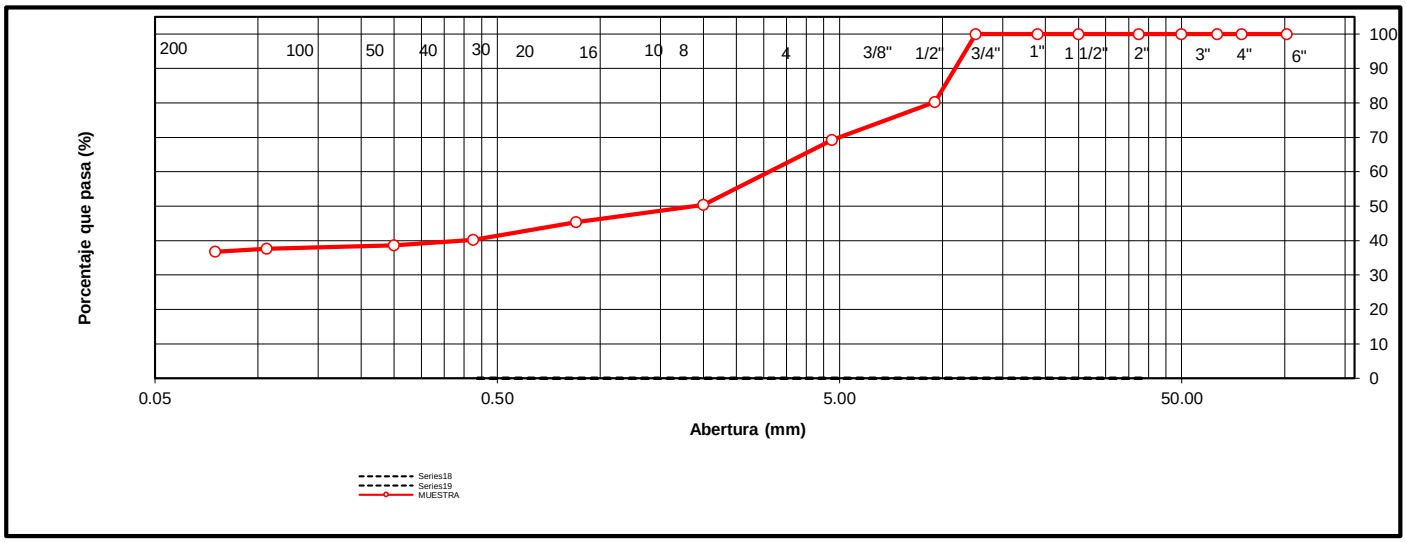
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	30.75	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	32.50	%
Finos < Nº 200 :	36.75	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	18.88	%
A. media Nº 10 - Nº 40	10.13	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.50	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	28.00	%
LP (ASTM D4318-17):	18.22	%
IP (ASTM D4318-17):	9.78	%
Clasificación (SUCS) :	SC	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 1/2"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 15

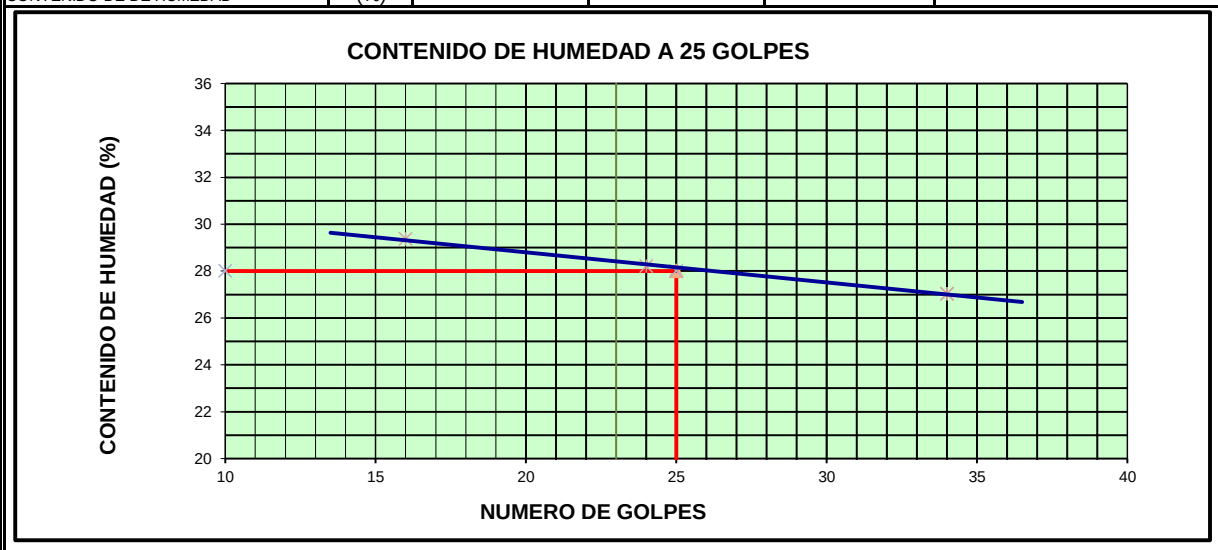
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	47.80	66.98	65.80	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.17	55.60	54.68	
PESO DE AGUA	(g)	2.63	11.38	11.12	
PESO DE LA TARA	(g)	36.22	15.26	13.54	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	8.95	40.34	41.14	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.36	28.20	27.02	
NÚMERO DE GOLPES		16	24	34	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	16.71	18.44		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.46	17.69		
PESO DE AGUA	(g)	0.25	0.75		
PESO DE LA TARA	(g)	15.08	13.58		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.38	4.11		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	18.23	18.20		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	28.00
LÍMITE PLÁSTICO	%	18.22
INDICE DE PLASTICIDAD	%	9.78

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

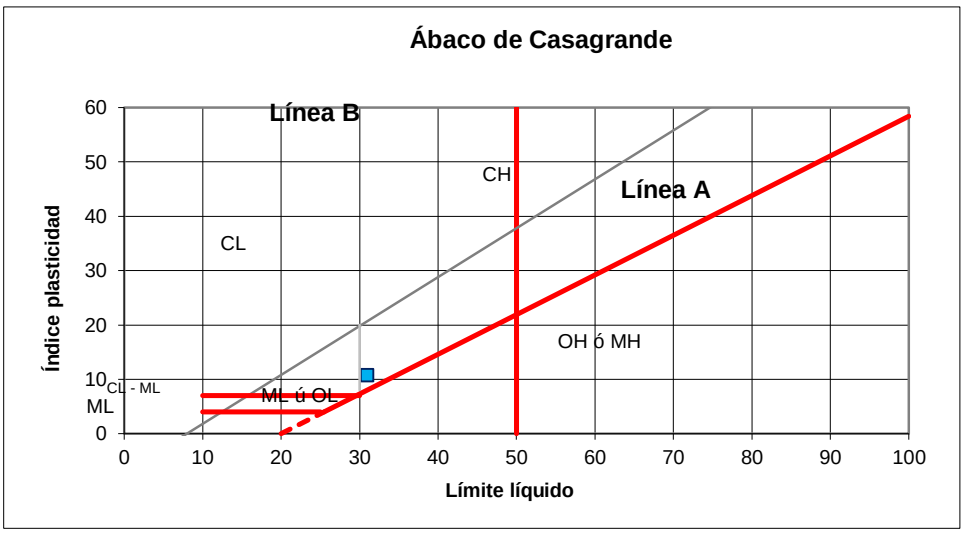
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	761816	**NORTE:**	9274686	
PUNTO:	**16**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00	
Fecha de Muestreo:	20/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

FECHA DE INFORME: 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-16

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	6.00	1.20	1.20	98.80	
Nº 8	2.360	13.00	2.60	3.80	96.20	
Nº 10	2.000	14.00	2.80	6.60	93.40	
Nº 16	1.190	13.00	2.60	9.20	90.80	
Nº 20	0.850	8.00	1.60	10.80	89.20	
Nº 30	0.600	6.00	1.20	12.00	88.00	
Nº 40	0.425	4.00	0.80	12.80	87.20	
Nº 60	0.250	4.00	0.80	13.60	86.40	
Nº 140	0.106	8.00	1.60	15.20	84.80	
Nº 200	0.075	3.00	0.60	15.80	84.20	
< Nº 200	FONDO	421.00	84.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

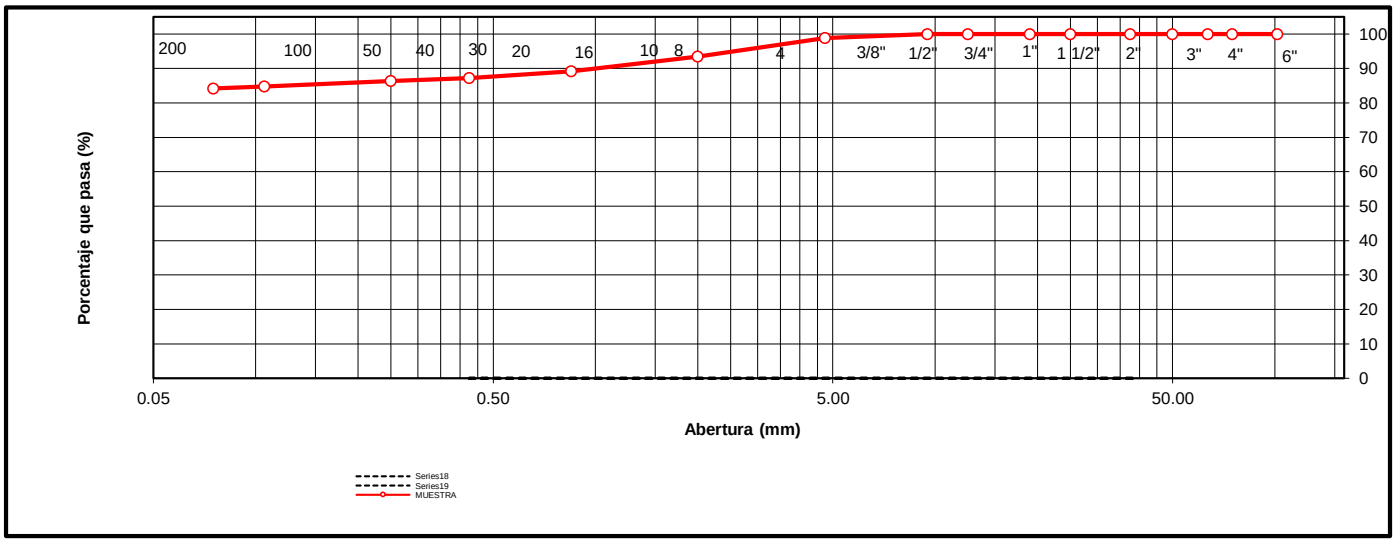
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.20	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	14.60	%
Finos < Nº 200 :	84.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.40	%
A. media Nº 10 - Nº 40	6.20	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.00	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	30.96	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	10.73	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 16

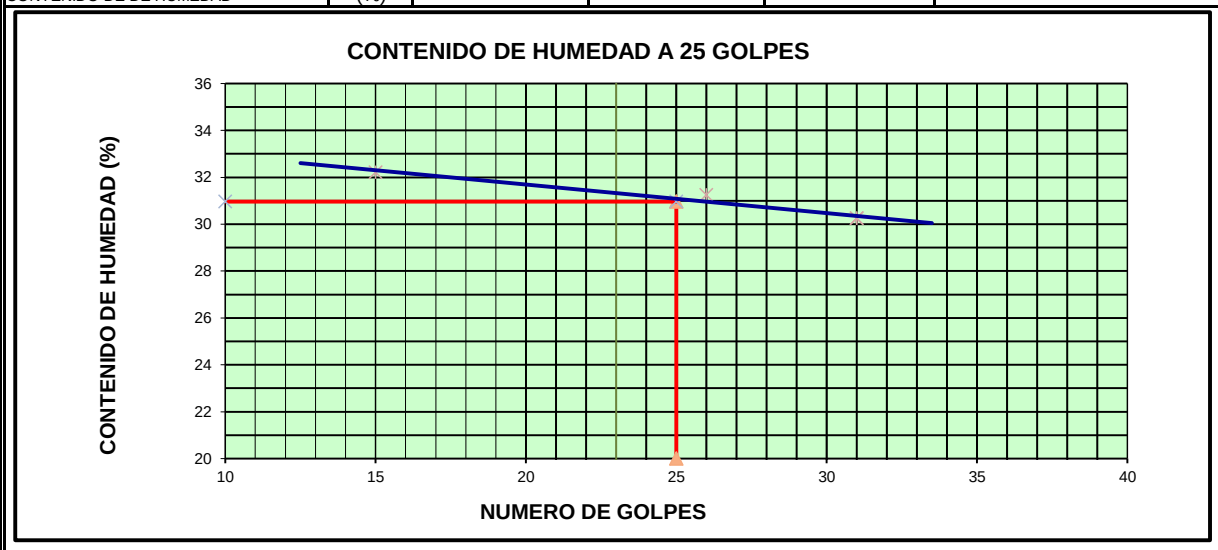
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.38	64.47	56.27	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	6.12	8.15	6.69	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.21	31.25	30.25	
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.96
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
INDICE DE PLASTICIDAD	%	10.73

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

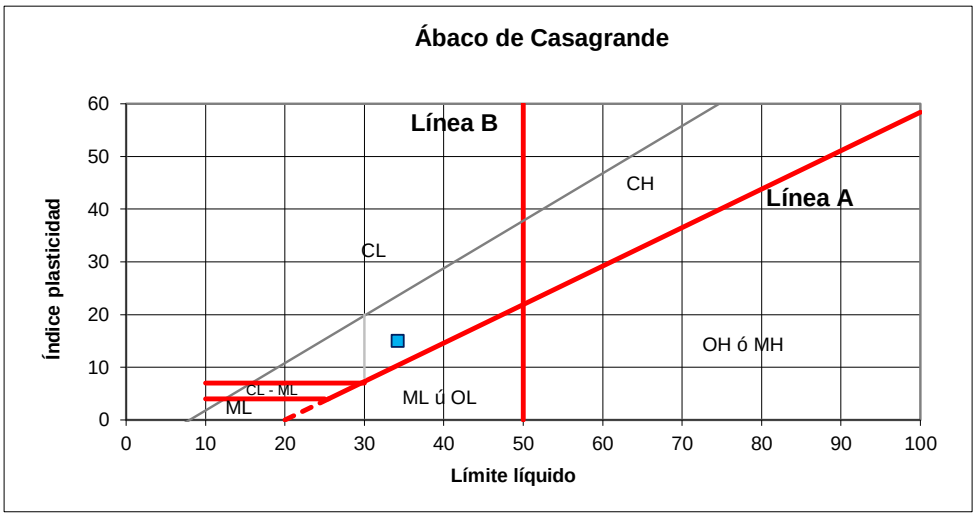
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	761591	**NORTE:**	9274802	
PUNTO:	**17**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00	
Fecha de Muestreo:	20/01/2026		FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-17

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	**0**	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	**0.00**	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	**9.00**	1.80	1.80	98.20	
Nº 8	2.360	**11.00**	2.20	4.00	96.00	
Nº 10	2.000	**13.00**	2.60	6.60	93.40	
Nº 16	1.190	**3.00**	0.60	7.20	92.80	
Nº 20	0.850	**5.00**	1.00	8.20	91.80	
Nº 30	0.600	**4.00**	0.80	9.00	91.00	
Nº 40	0.425	**12.00**	2.40	11.40	88.60	
Nº 60	0.250	**3.00**	0.60	12.00	88.00	
Nº 140	0.106	**3.00**	0.60	12.60	87.40	
Nº 200	0.075	**1.00**	0.20	12.80	87.20	
< Nº 200	FONDO	**436.00**	87.20	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

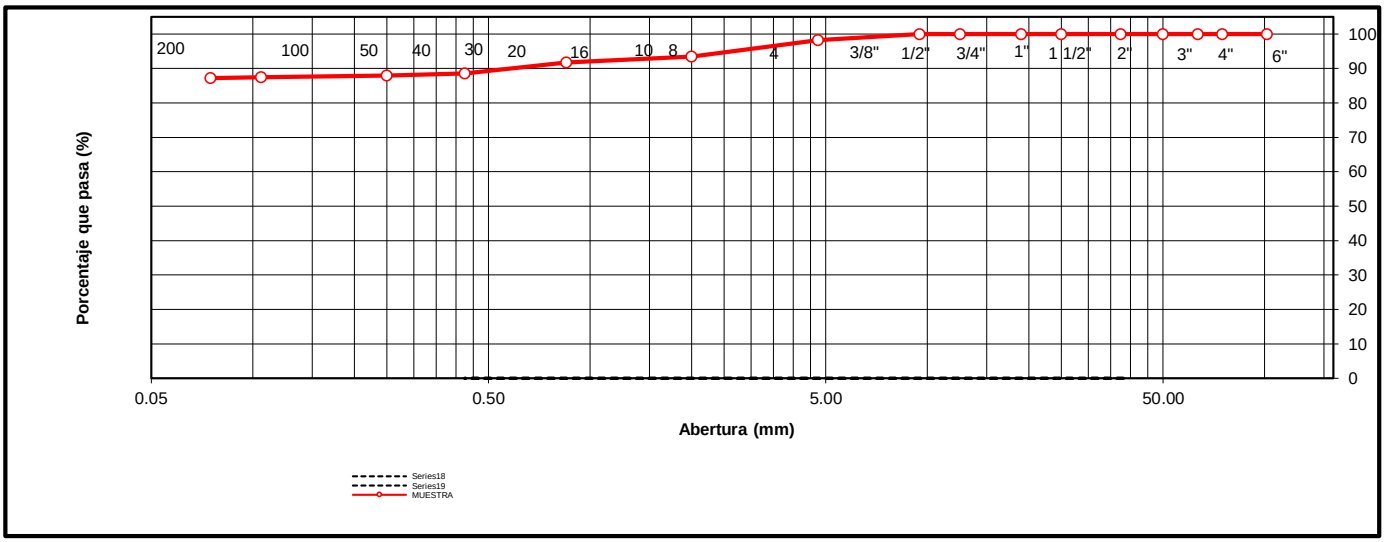
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.80	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	11.00	%
Finos < Nº 200 :	87.20	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	4.80	%
A. media Nº 10 - Nº 40	4.80	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	1.40	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	34.21	%
LP (ASTM D4318-17):	19.21	%
IP (ASTM D4318-17):	15.00	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 17

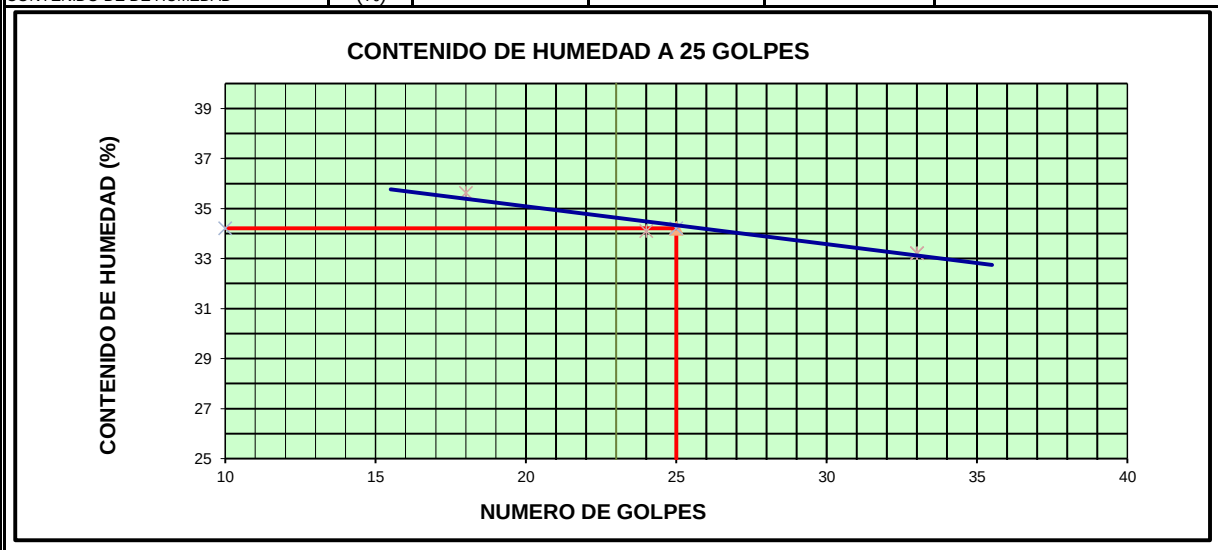
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	28.60	30.43	34.37	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	24.65	26.77	29.65	
PESO DE AGUA	(g)	3.95	3.66	4.72	
PESO DE LA TARA	(g)	13.56	16.05	15.42	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.09	10.72	14.23	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.62	34.10	33.20	
NÚMERO DE GOLPES		18	24	33	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	13.36	16.44		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	13.30	16.38		
PESO DE AGUA	(g)	0.06	0.06		
PESO DE LA TARA	(g)	12.97	16.06		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.33	0.32		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	19.20	19.23		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	34.21
LÍMITE PLÁSTICO	%	19.21
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	15.00

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN	**ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO**	**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO** **RUC : 20604291641** **CEL:950589432** **Pag: 1 de 3**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

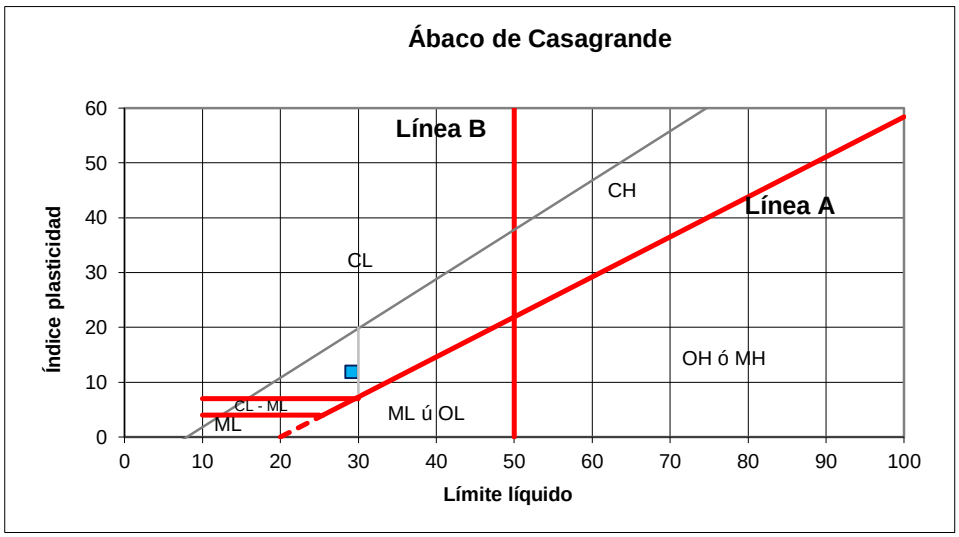
TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	761234	**NORTE:**	9274992
PUNTO:	**18**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00
Fecha de Muestreo:		20/01/2026	FECHA DE INFORME:	**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

CIEXLIAN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-18

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 700 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	10.00	1.43	1.43	98.57	
Nº 8	2.360	13.00	1.86	3.29	96.71	
Nº 10	2.000	14.00	2.00	5.29	94.71	
Nº 16	1.190	23.00	3.29	8.57	91.43	
Nº 20	0.850	20.00	2.86	11.43	88.57	
Nº 30	0.600	11.00	1.57	13.00	87.00	
Nº 40	0.425	13.00	1.86	14.86	85.14	
Nº 60	0.250	15.00	2.14	17.00	83.00	
Nº 140	0.106	13.00	1.86	18.86	81.14	
Nº 200	0.075	2.00	0.29	19.14	80.86	
< Nº 200	FONDO	566.00	80.86	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

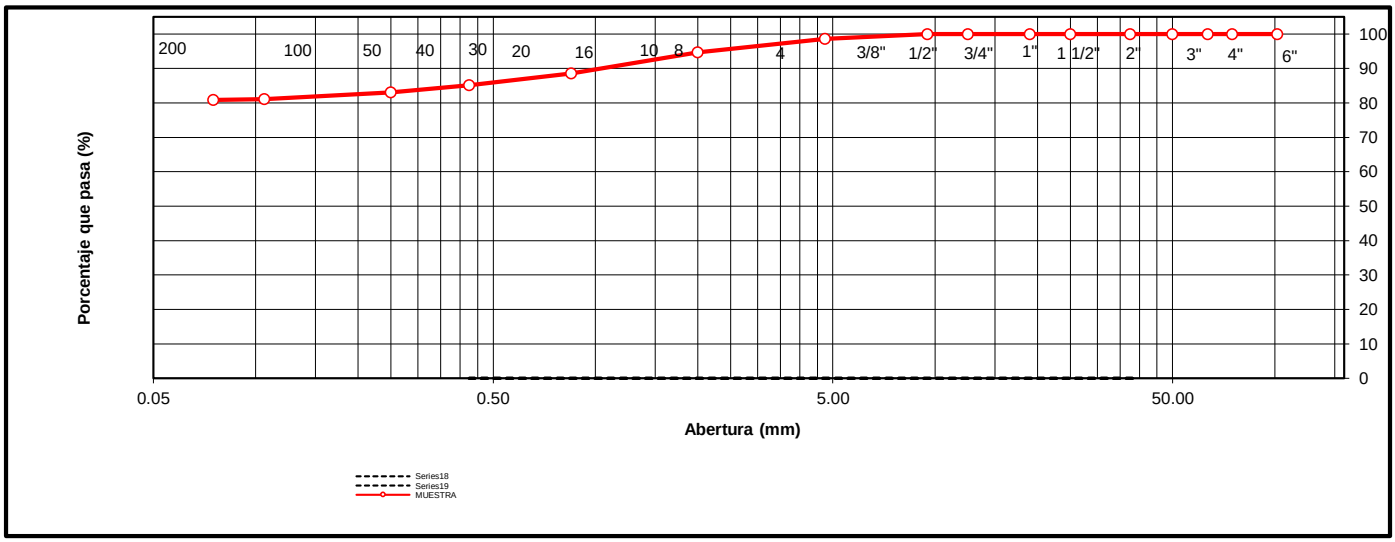
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.43	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	17.71	%
Finos < Nº 200 :	80.86	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	3.86	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.57	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	4.29	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	29.17	%
LP (ASTM D4318-17):	17.28	%
IP (ASTM D4318-17):	11.89	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 18

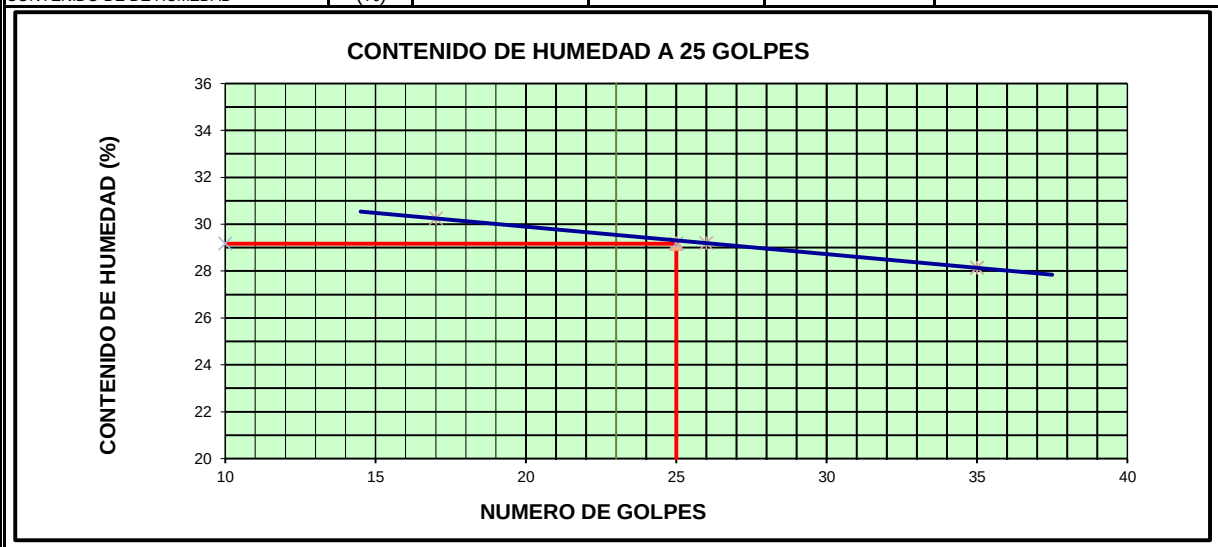
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	20.29	21.09	20.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.99	19.83	18.99	
PESO DE AGUA	(g)	1.30	1.26	1.21	
PESO DE LA TARA	(g)	14.68	15.52	14.68	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.31	4.31	4.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.25	29.18	28.14	
NÚMERO DE GOLPES		17	26	35	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	15.92	16.26		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.80	16.16		
PESO DE AGUA	(g)	0.12	0.10		
PESO DE LA TARA	(g)	15.08	15.55		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.72	0.61		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	17.35	17.20		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	29.17
LÍMITE PLÁSTICO	%	17.28
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	11.89

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

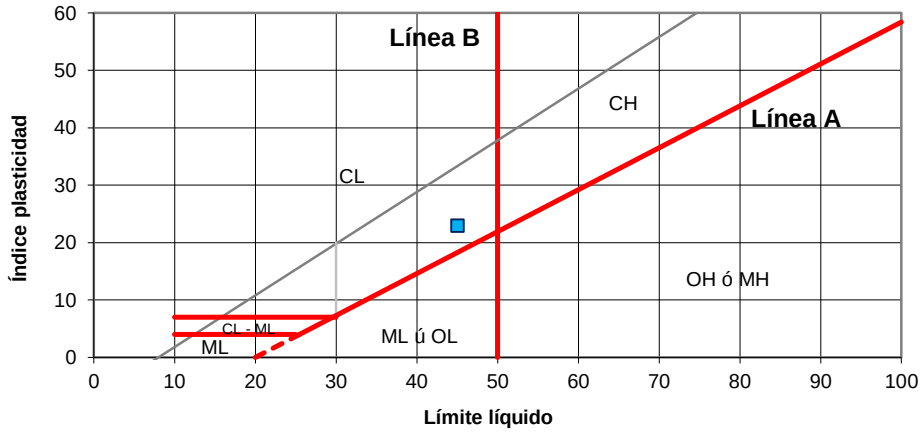
COORDENADAS:	**ESTE:**	760635	**NORTE:**	9275142	
PUNTO:	**19**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		4.00	
Fecha de Muestreo:	20/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**

Ábaco de Casagrande



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-19

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 8	2.360	3.00	0.60	0.60	99.40	
Nº 10	2.000	6.00	1.20	1.80	98.20	
Nº 16	1.190	9.00	1.80	3.60	96.40	
Nº 20	0.850	7.00	1.40	5.00	95.00	
Nº 30	0.600	10.00	2.00	7.00	93.00	
Nº 40	0.425	8.00	1.60	8.60	91.40	
Nº 60	0.250	6.00	1.20	9.80	90.20	
Nº 140	0.106	12.00	2.40	12.20	87.80	
Nº 200	0.075	9.00	1.80	14.00	86.00	
< Nº 200	FONDO	430.00	86.00	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

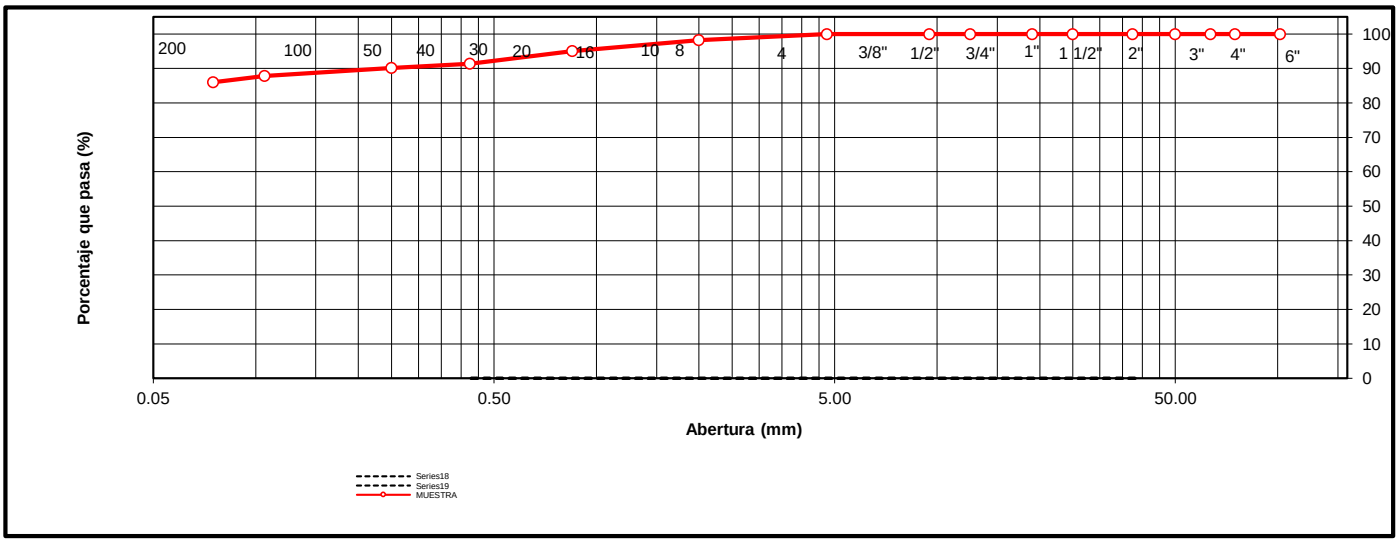
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	0.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	14.00	%
Finos < Nº 200 :	86.00	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	1.80	%
A. media Nº 10 - Nº 40	6.80	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.40	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	45.05	%
LP (ASTM D4318-17):	22.06	%
IP (ASTM D4318-17):	22.99	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 19

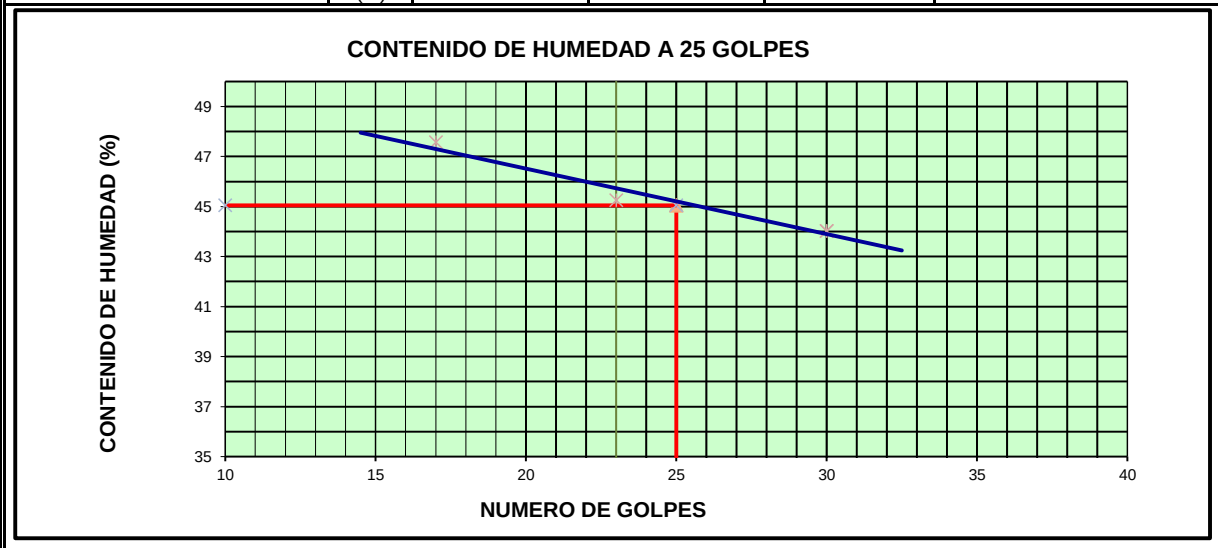
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	32.86	33.13	31.48	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.54	27.58	26.45	
PESO DE AGUA	(g)	6.32	5.55	5.03	
PESO DE LA TARA	(g)	13.25	15.32	15.02	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.29	12.26	11.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	47.56	45.25	44.01	
NÚMERO DE GOLPES		17	23	30	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	16.25	16.48		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.04	16.10		
PESO DE AGUA	(g)	0.21	0.38		
PESO DE LA TARA	(g)	15.07	14.36		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.97	1.74		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	22.00	22.12		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	45.05
LÍMITE PLÁSTICO	%	22.06
INDICE DE PLASTICIDAD	%	22.99

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

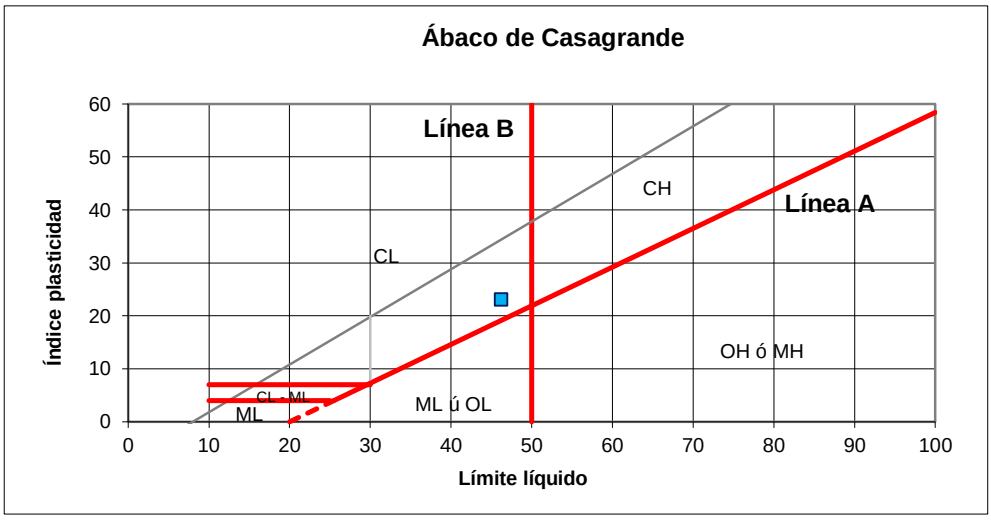
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	760800	**NORTE:**	9274595	
PUNTO:	**20**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00	
Fecha de Muestreo:	20/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
RÉG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-20

Fecha de Muestreo: 20/01/2026 **Fecha de Recepción:** 20/01/2026

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	15.00	3.00	3.00	97.00	
Nº 4	4.750	12.00	2.40	5.40	94.60	
Nº 8	2.360	5.00	1.00	6.40	93.60	
Nº 10	2.000	8.00	1.60	8.00	92.00	
Nº 16	1.190	3.00	0.60	8.60	91.40	
Nº 20	0.850	4.00	0.80	9.40	90.60	
Nº 30	0.600	3.00	0.60	10.00	90.00	
Nº 40	0.425	7.00	1.40	11.40	88.60	
Nº 60	0.250	7.00	1.40	12.80	87.20	
Nº 140	0.106	3.00	0.60	14.00	86.00	
Nº 200	0.075	8.00	1.60	15.60	84.40	
< Nº 200	FONDO	422.00	84.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

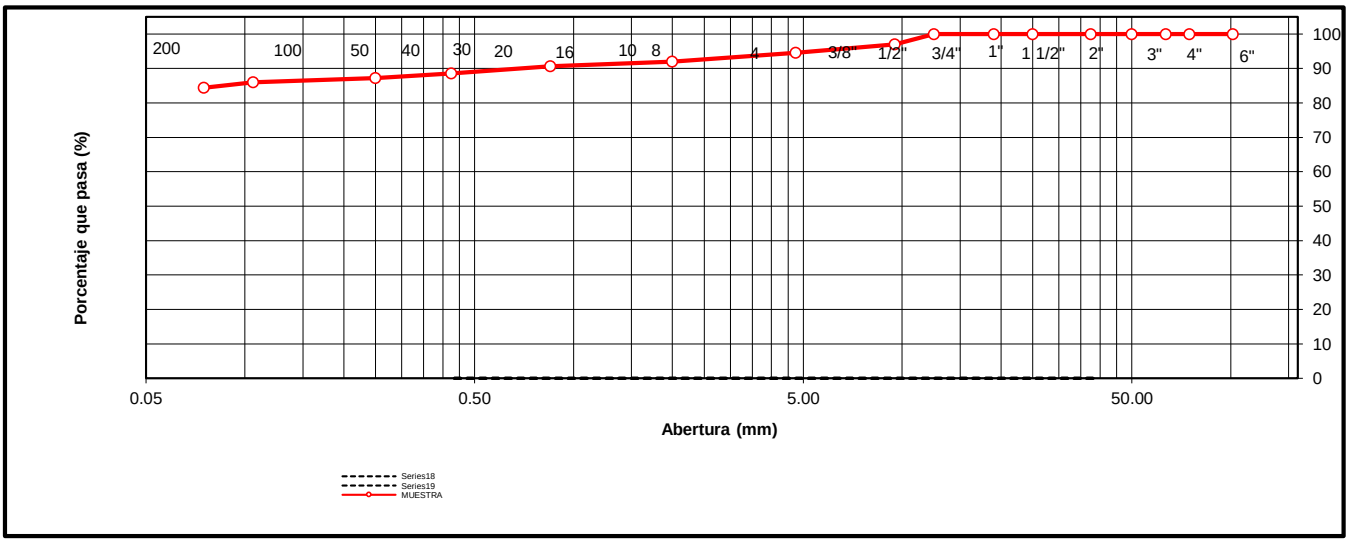
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	5.40	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	10.20	%
Finos < Nº 200 :	84.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	2.60	%
A. media Nº 10 - Nº 40	3.40	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	4.20	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	46.23	%
LP (ASTM D4318-17):	23.16	%
IP (ASTM D4318-17):	23.07	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: Nº 4

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 20

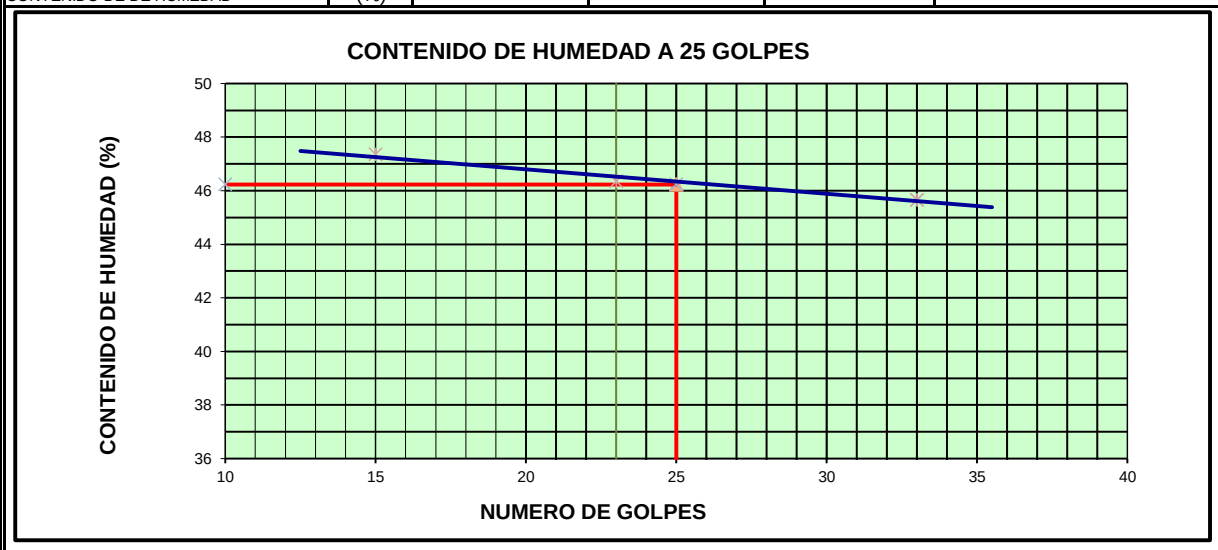
Fecha de Muestreo: 20/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.76	25.95	24.98	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	24.67	23.87	23.07	
PESO DE AGUA	(g)	2.09	2.08	1.91	
PESO DE LA TARA	(g)	20.25	19.39	18.88	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.42	4.48	4.19	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	47.35	46.35	45.65	
NÚMERO DE GOLPES		15	23	33	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	16.60	13.64		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.42	13.35		
PESO DE AGUA	(g)	0.18	0.29		
PESO DE LA TARA	(g)	15.63	12.12		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.79	1.23		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.10	23.21		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	46.23
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.16
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	23.07

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

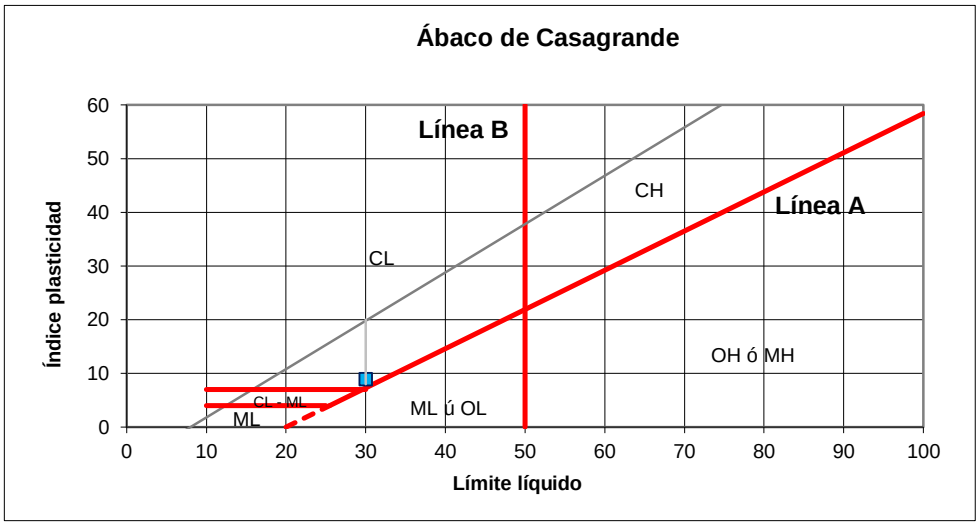
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	760593	**NORTE:**	9274702	
PUNTO:	**21**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		18.00	
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-21

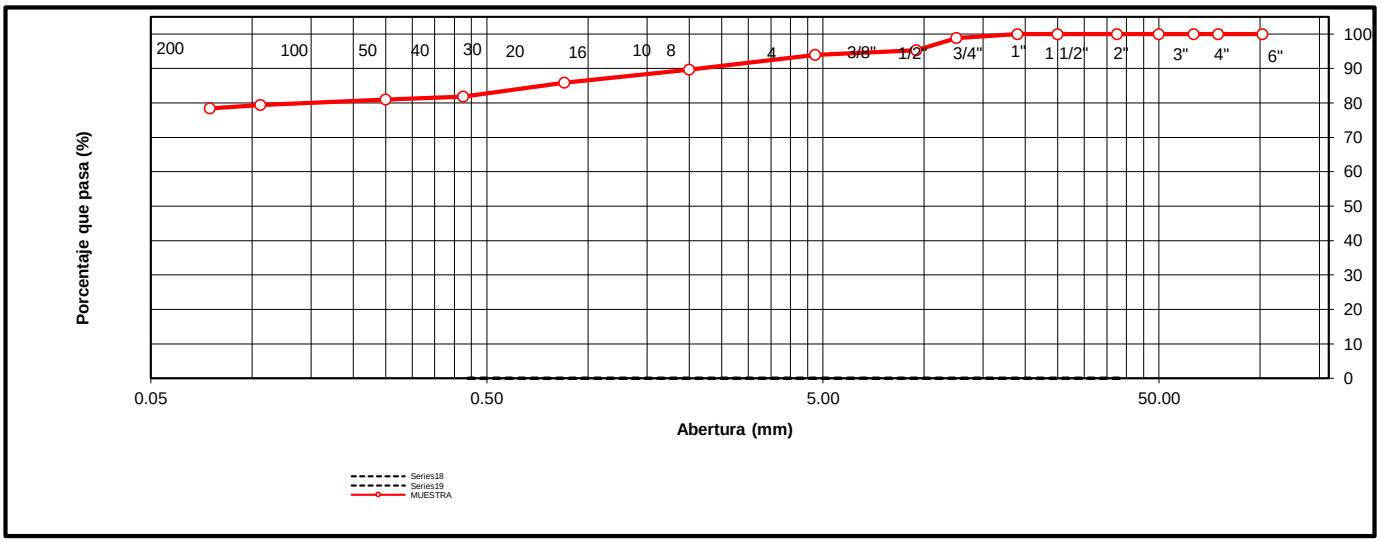
Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/4" **Peso Inicial Seco:** 1000 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	12.00	1.20	1.20	98.80	
3/8"	9.500	35.00	3.50	4.70	95.30	
Nº 4	4.750	14.00	1.40	6.10	93.90	
Nº 8	2.360	27.00	2.70	8.80	91.20	
Nº 10	2.000	15.00	1.50	10.30	89.70	
Nº 16	1.190	17.00	1.70	12.00	88.00	
Nº 20	0.850	21.00	2.10	14.10	85.90	
Nº 30	0.600	18.00	1.80	15.90	84.10	
Nº 40	0.425	23.00	2.30	18.20	81.80	
Nº 60	0.250	8.00	0.80	19.00	81.00	
Nº 140	0.106	16.00	1.60	20.60	79.40	
Nº 200	0.075	10.00	1.00	21.60	78.40	
< Nº 200	FONDO	784.00	78.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	6.10	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	15.50	%
Finos < Nº 200 :	78.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	4.20	%
A. media Nº 10 - Nº 40	7.90	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.40	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	30.04	%
LP (ASTM D4318-17):	21.12	%
IP (ASTM D4318-17):	8.92	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/4"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 21

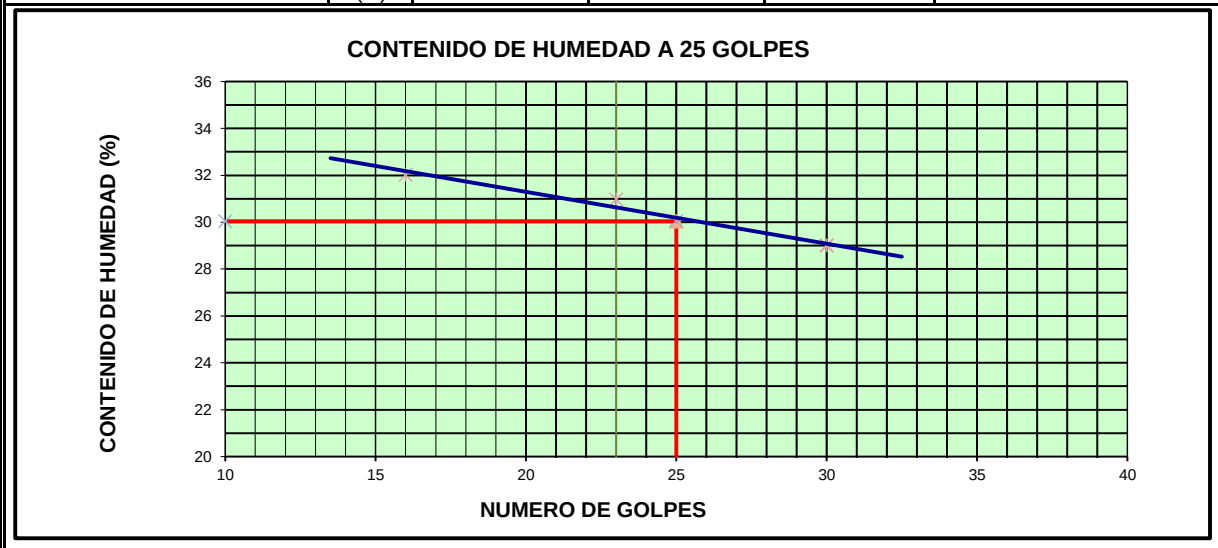
Fecha de Muestreo: 21/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	23.91	22.74	26.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	21.35	20.74	23.69	
PESO DE AGUA	(g)	2.56	2.00	2.51	
PESO DE LA TARA	(g)	13.36	14.28	15.03	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.99	6.46	8.66	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.01	30.95	29.00	
NÚMERO DE GOLPES		16	23	30	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	18.32	16.65		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.23	16.39		
PESO DE AGUA	(g)	0.09	0.26		
PESO DE LA TARA	(g)	17.78	15.15		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.45	1.24		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.10	21.14		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.04
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.12
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	8.92

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

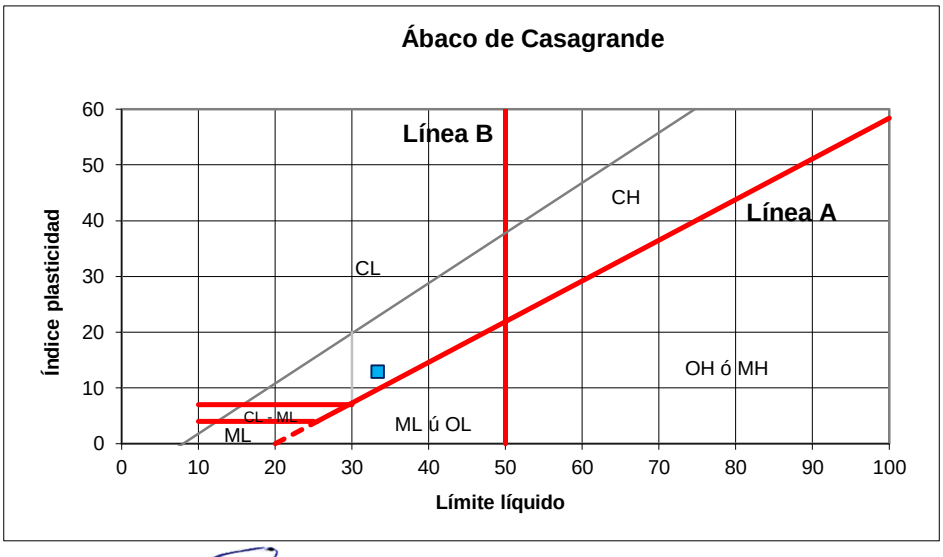
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	760240.82	**NORTE:**	9274784.83	
PUNTO:	**22**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		6.00	
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-01

Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	10.00	2.00	2.00	98.00	
Nº 8	2.360	15.00	3.00	5.00	95.00	
Nº 10	2.000	12.00	2.40	7.40	92.60	
Nº 16	1.190	9.00	1.80	9.20	90.80	
Nº 20	0.850	12.00	2.40	11.60	88.40	
Nº 30	0.600	7.00	1.40	13.00	87.00	
Nº 40	0.425	6.00	1.20	14.20	85.80	
Nº 60	0.250	9.00	1.80	16.00	84.00	
Nº 140	0.106	3.00	0.60	16.60	83.40	
Nº 200	0.075	4.00	0.80	17.40	82.60	
< Nº 200	FONDO	413.00	82.60	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

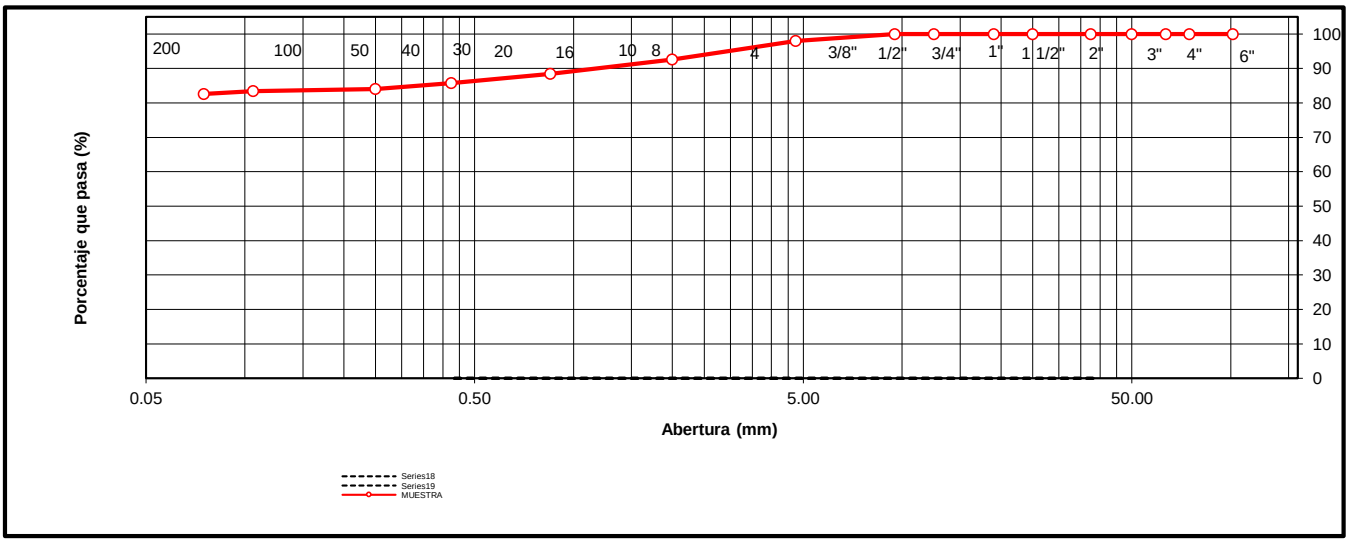
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	2.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	15.40	%
Finos < Nº 200 :	82.60	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.40	%
A. media Nº 10 - Nº 40	6.80	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.20	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	33.40	%
LP (ASTM D4318-17):	20.46	%
IP (ASTM D4318-17):	12.94	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 1

Fecha de Muestreo: 21/01/2026

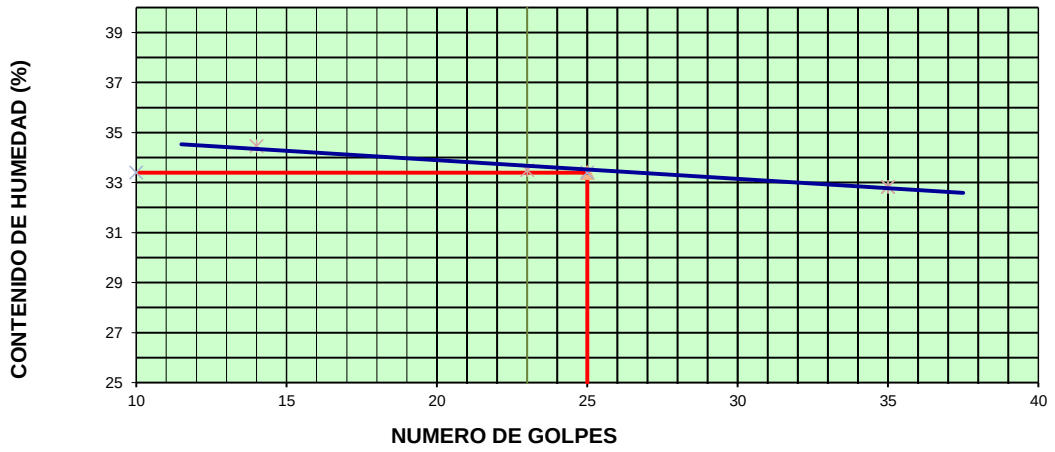
LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	46.47	42.23	47.00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44.52	40.72	45.1	
PESO DE AGUA	(g)	1.95	1.51	1.90	
PESO DE LA TARA	(g)	38.86	36.21	39.31	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.66	4.51	5.79	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	34.45	33.48	32.82	
NÚMERO DE GOLPES		14	23	35	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	17.49	14.99		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	17.13	14.71		
PESO DE AGUA	(g)	0.36	0.28		
PESO DE LA TARA	(g)	15.36	13.34		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.77	1.37		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.56	20.36		

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	33.40
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.46
INDICE DE PLASTICIDAD	%	12.94

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

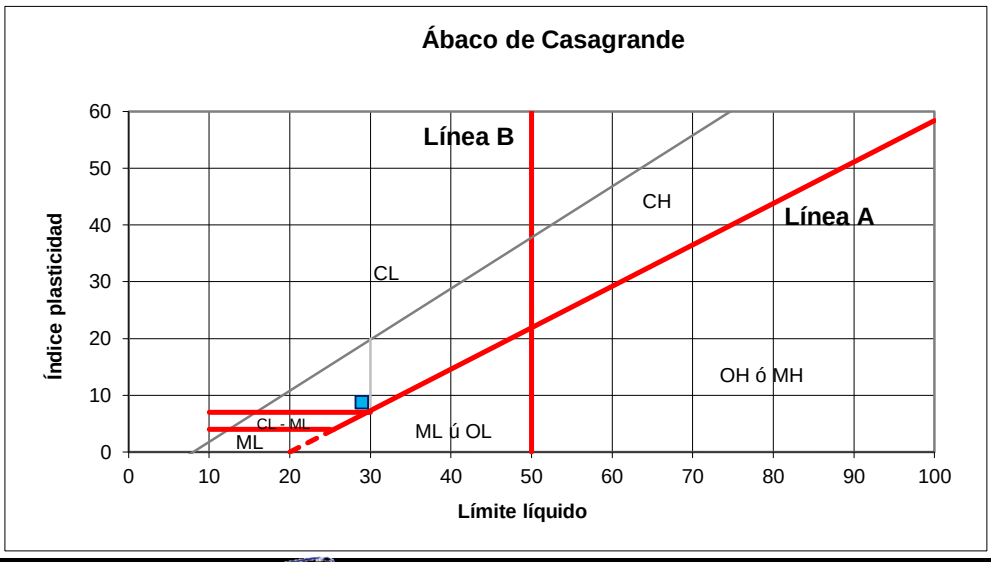
TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	759846	**NORTE:**	9275326	
PUNTO:	**23**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		26.00	
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	CL



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

CIEXLIAN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-23

Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 700 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	13.00	1.86	1.86	98.14	
Nº 8	2.360	25.00	3.57	5.43	94.57	
Nº 10	2.000	15.00	2.14	7.57	92.43	
Nº 16	1.190	27.00	3.86	11.43	88.57	
Nº 20	0.850	11.00	1.57	13.00	87.00	
Nº 30	0.600	10.00	1.43	14.43	85.57	
Nº 40	0.425	4.00	0.57	15.00	85.00	
Nº 60	0.250	20.00	2.86	17.86	82.14	
Nº 140	0.106	12.00	1.71	19.57	80.43	
Nº 200	0.075	14.00	2.00	21.57	78.43	
< Nº 200	FONDO	549.00	78.43	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

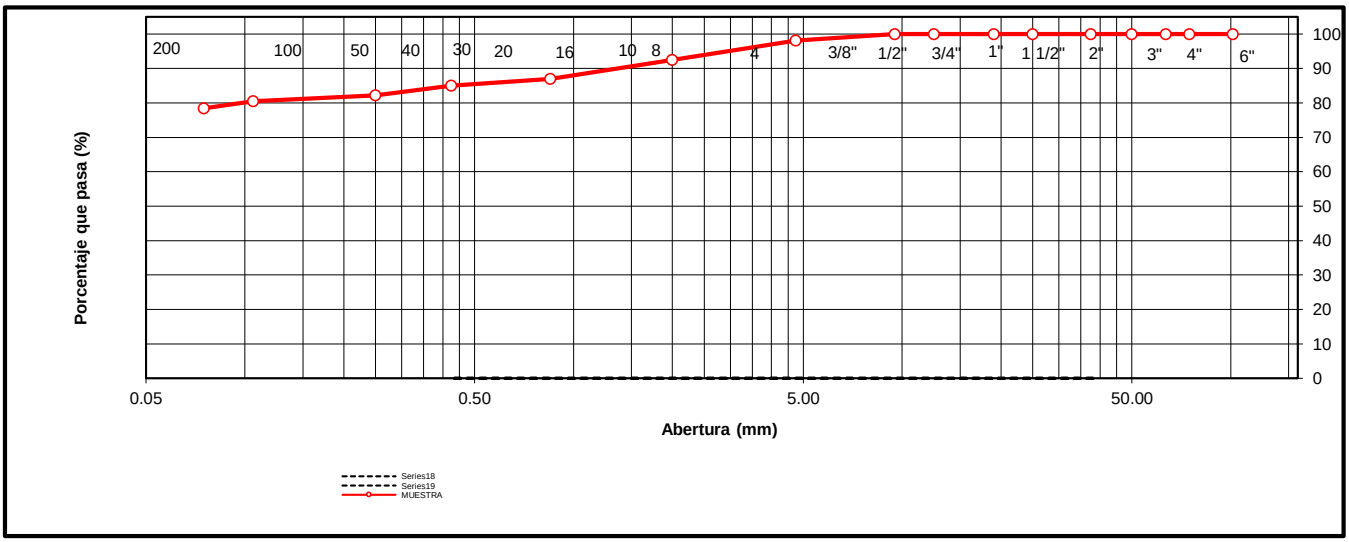
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.86	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	19.71	%
Finos < Nº 200 :	78.43	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	5.71	%
A. media Nº 10 - Nº 40	7.43	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	6.57	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	28.98	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	8.75	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 23

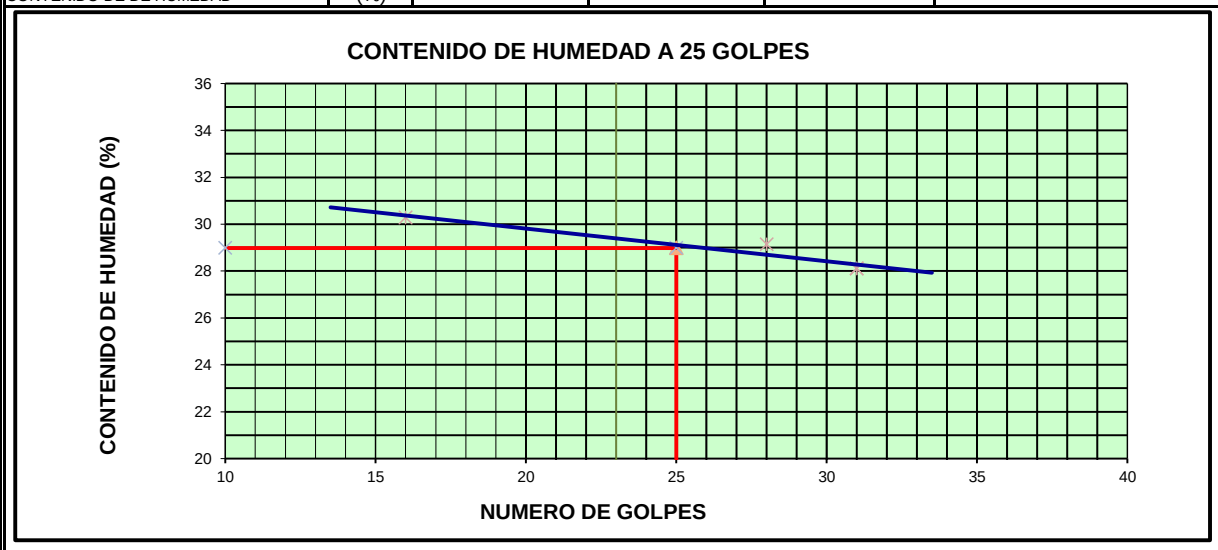
Fecha de Muestreo: 21/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.02	63.92	55.79	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	5.76	7.60	6.21	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.28	29.14	28.10	
NÚMERO DE GOLPES		16	28	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	28.98
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
INDICE DE PLASTICIDAD	%	8.75

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

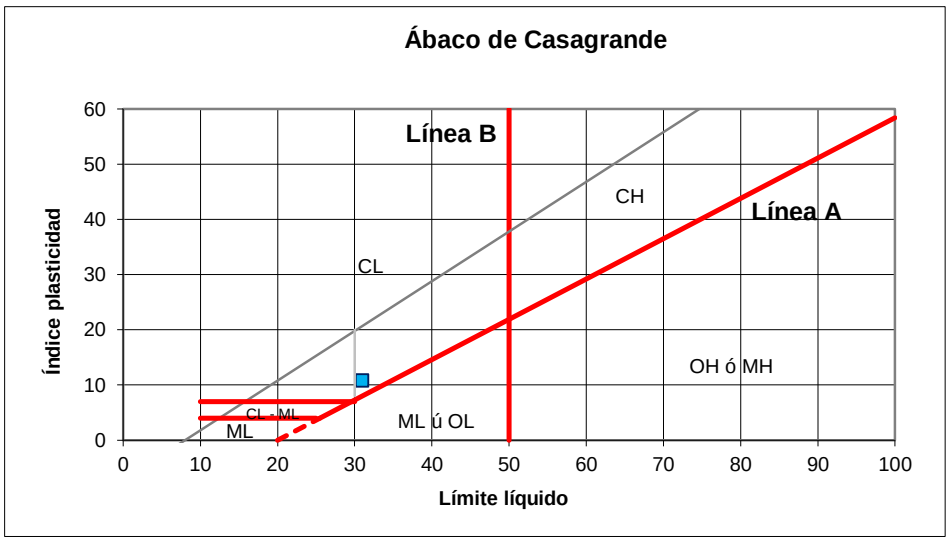
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	759990	**NORTE:**	9275670	
PUNTO:	**24**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00	
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL**



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-24

Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	33.00	6.60	6.60	93.40	
Nº 8	2.360	11.00	2.20	8.80	91.20	
Nº 10	2.000	10.00	2.00	10.80	89.20	
Nº 16	1.190	14.00	2.80	13.60	86.40	
Nº 20	0.850	12.00	2.40	16.00	84.00	
Nº 30	0.600	12.00	2.40	18.40	81.60	
Nº 40	0.425	13.00	2.60	21.00	79.00	
Nº 60	0.250	11.00	2.20	23.20	76.80	
Nº 140	0.106	10.00	2.00	25.20	74.80	
Nº 200	0.075	6.00	1.20	26.40	73.60	
< Nº 200	FONDO	368.00	73.60	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

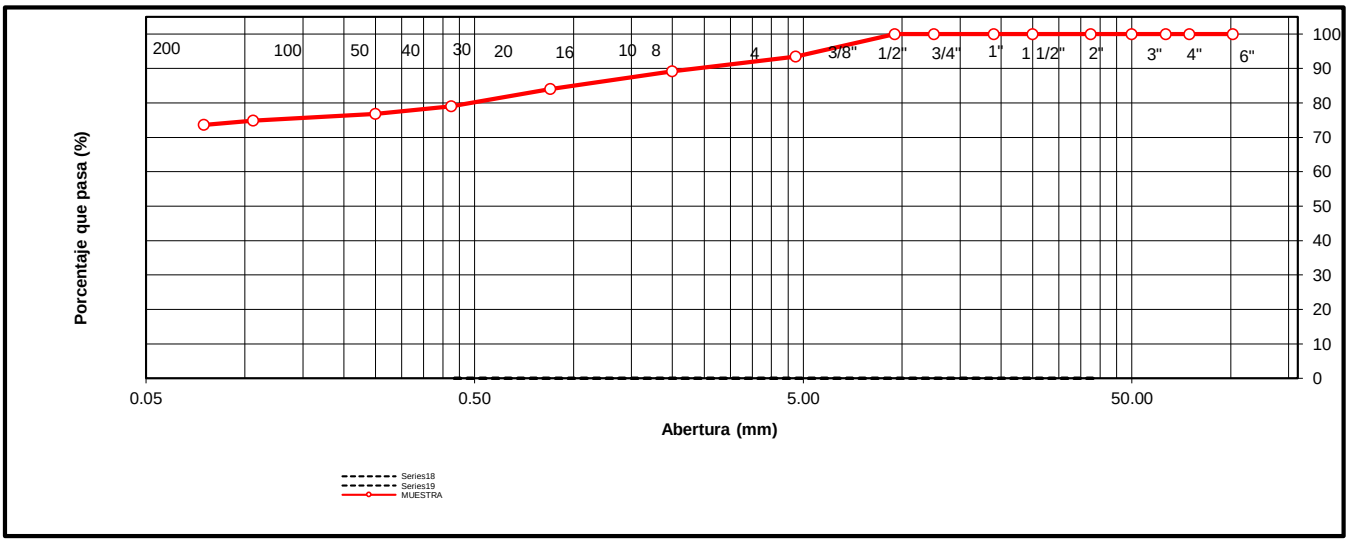
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	6.60	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	19.80	%
Finos < Nº 200 :	73.60	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	4.20	%
A. media Nº 10 - Nº 40	10.20	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	5.40	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	30.96	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	10.73	%
Clasificación (SUCS) :	CL	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 24

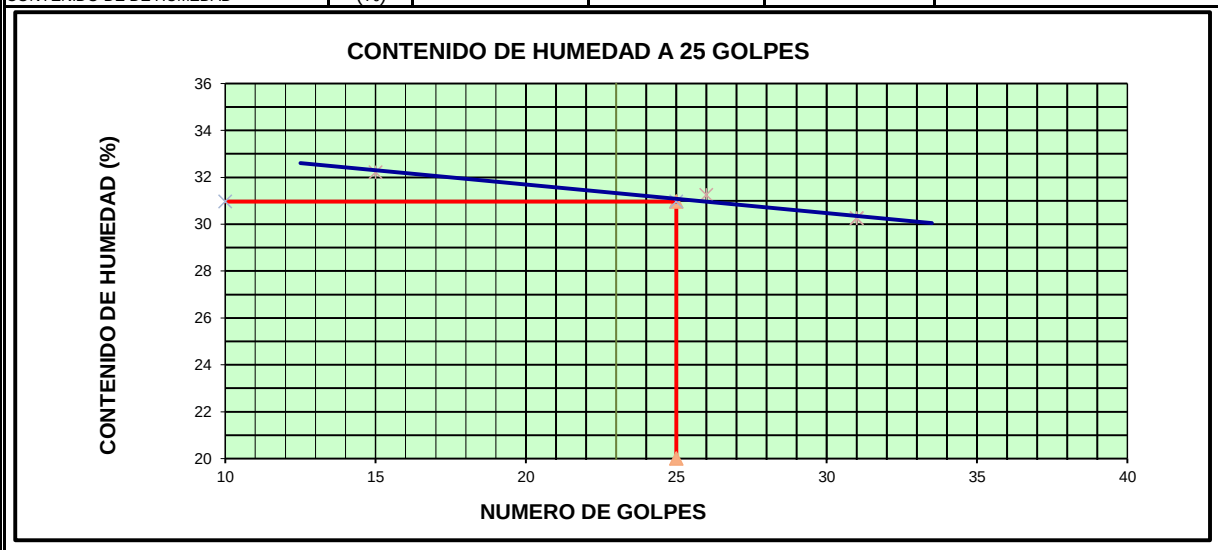
Fecha de Muestreo: 21/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	61.38	64.47	56.27	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.26	56.32	49.58	
PESO DE AGUA	(g)	6.12	8.15	6.69	
PESO DE LA TARA	(g)	36.25	30.25	27.48	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	26.07	22.10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.21	31.25	30.25	
NÚMERO DE GOLPES		15	26	31	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	30.96
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
INDICE DE PLASTICIDAD	%	10.73

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	**ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO**	**CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO** **RUC : 20604291641** **CEL:950589432** **Pag: 1 de 3**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

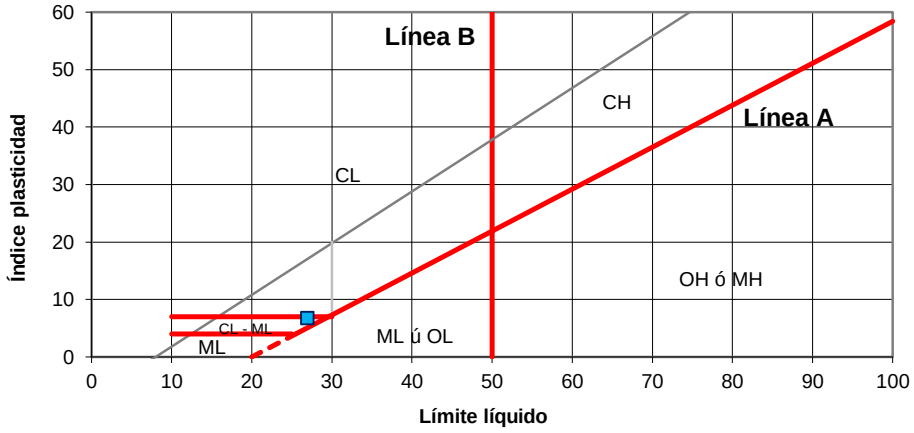
COORDENADAS:	**ESTE:**	760063.69	**NORTE:**	9275427.74
PUNTO:	**25**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		4.67
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	**CL-ML**

Ábaco de Casagrande



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista:**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-25

Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	12.00	2.40	2.40	97.60	
Nº 8	2.360	21.00	4.20	6.60	93.40	
Nº 10	2.000	12.00	2.40	9.00	91.00	
Nº 16	1.190	8.00	1.60	10.60	89.40	
Nº 20	0.850	9.00	1.80	12.40	87.60	
Nº 30	0.600	24.00	4.80	17.20	82.80	
Nº 40	0.425	7.00	1.40	18.60	81.40	
Nº 60	0.250	8.00	1.60	20.20	79.80	
Nº 140	0.106	4.00	0.80	21.00	79.00	
Nº 200	0.075	3.00	0.60	21.60	78.40	
< Nº 200	FONDO	392.00	78.40	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

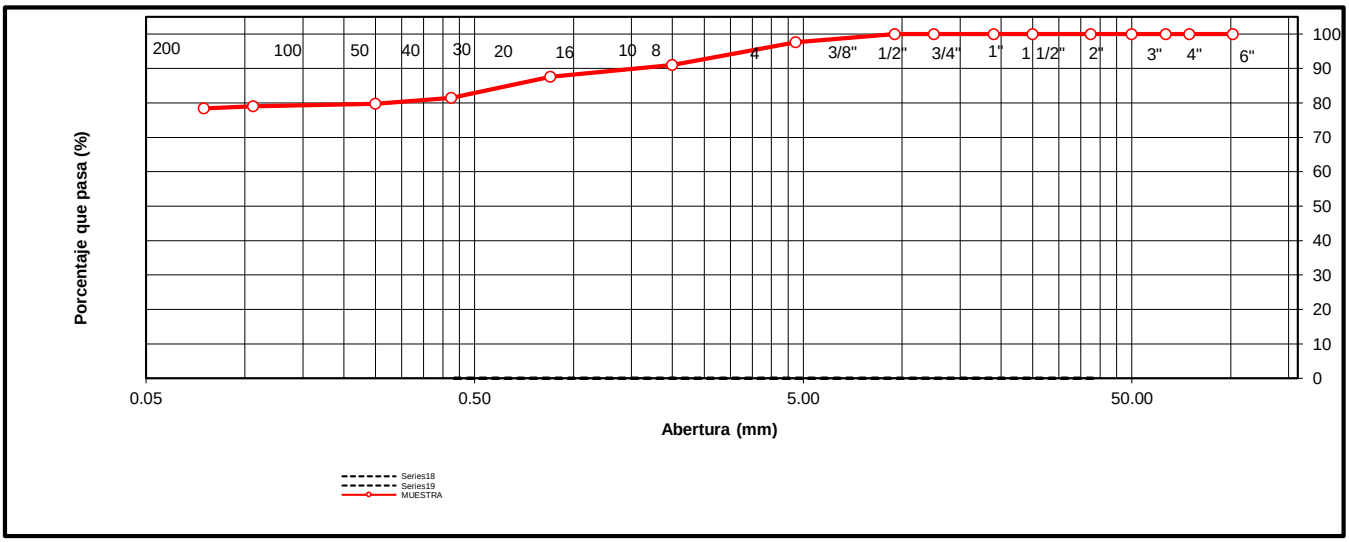
OBSERVACIONES :

Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	2.40	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	19.20	%
Finos < Nº 200 :	78.40	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	6.60	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.60	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	3.00	%

CARACTERISTICAS:

LL (ASTM D4318-17):	26.93	%
LP (ASTM D4318-17):	20.23	%
IP (ASTM D4318-17):	6.70	%
Clasificación (SUCS) :	CL-ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

CIEXLIAN

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 25

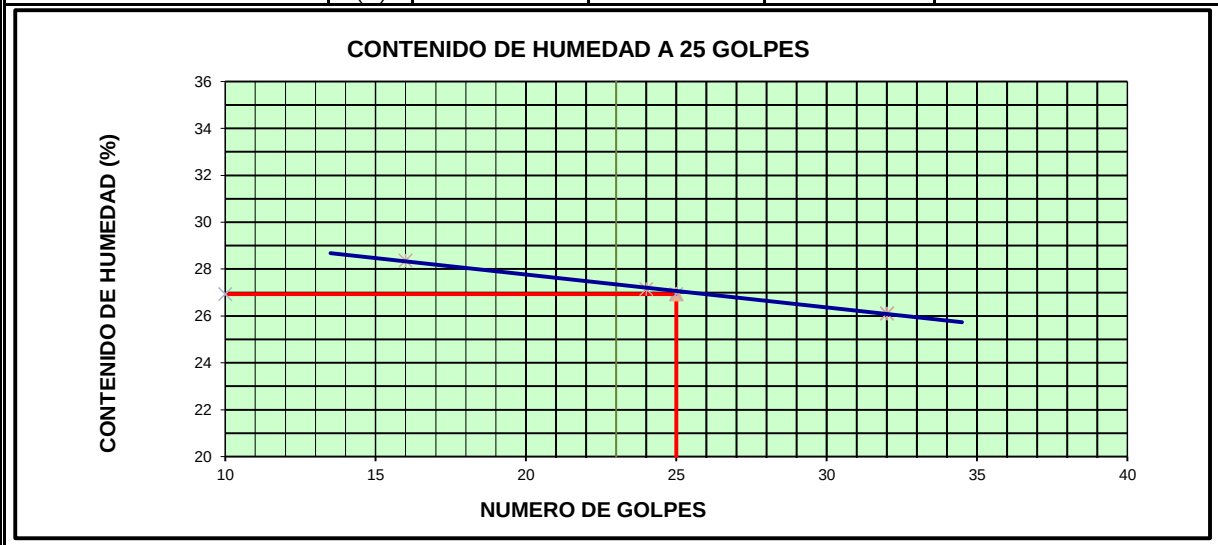
Fecha de Muestreo: 21/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	33.29	29.44	36.79	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	29.25	26.58	32.5	
PESO DE AGUA	(g)	4.04	2.86	4.29	
PESO DE LA TARA	(g)	15.02	16.04	16.05	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.23	10.54	16.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.36	27.14	26.10	
NÚMERO DE GOLPES		16	24	32	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	26.55	27.25		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	26.35	27.08		
PESO DE AGUA	(g)	0.20	0.17		
PESO DE LA TARA	(g)	25.36	26.23		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.99	0.85		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	20.21	20.24		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	26.93
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.23
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	6.70

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CIEXLIAN	ENSAYO DE ANALISIS DE INFILTRACION DOBLE ANILLO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 3

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

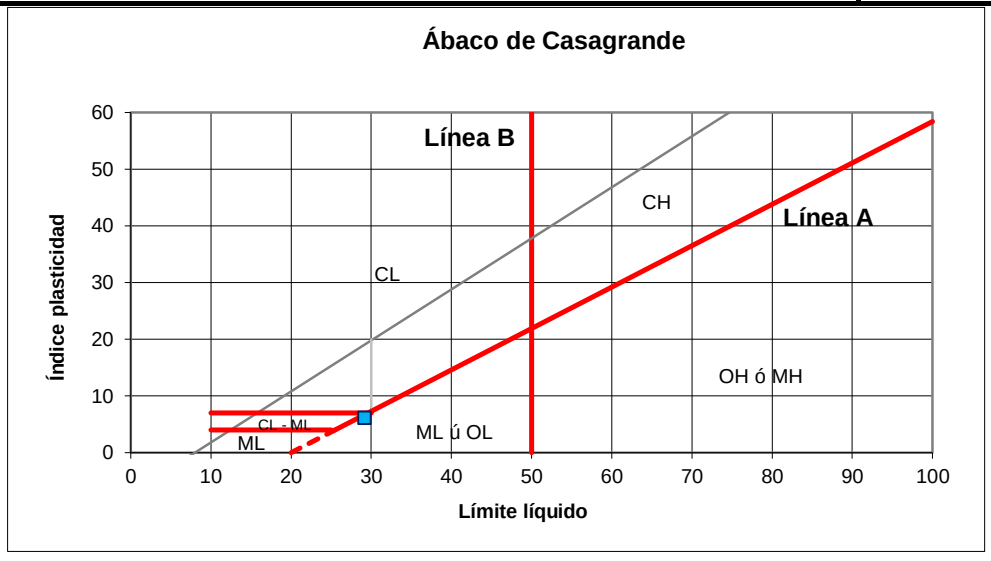
TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"
UBICACIÓN	SUB CUENCA SAN MATEO
TESISTA:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

COORDENADAS:	**ESTE:**	760530	**NORTE:**	9274479	
PUNTO:	**26**	**Infiltración básica observada (ult. 3, mm/h):**		12.00	
Fecha de Muestreo:	21/01/2026	FECHA DE INFORME:		**30/01/2026**	

FOTOFRÁFIA



CLASIFICACIÓN SUCS	ML



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio:

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO **FECHA DE INFORME:** 30/01/2026

DATOS DE LA MUESTRA

PUNTO C-26

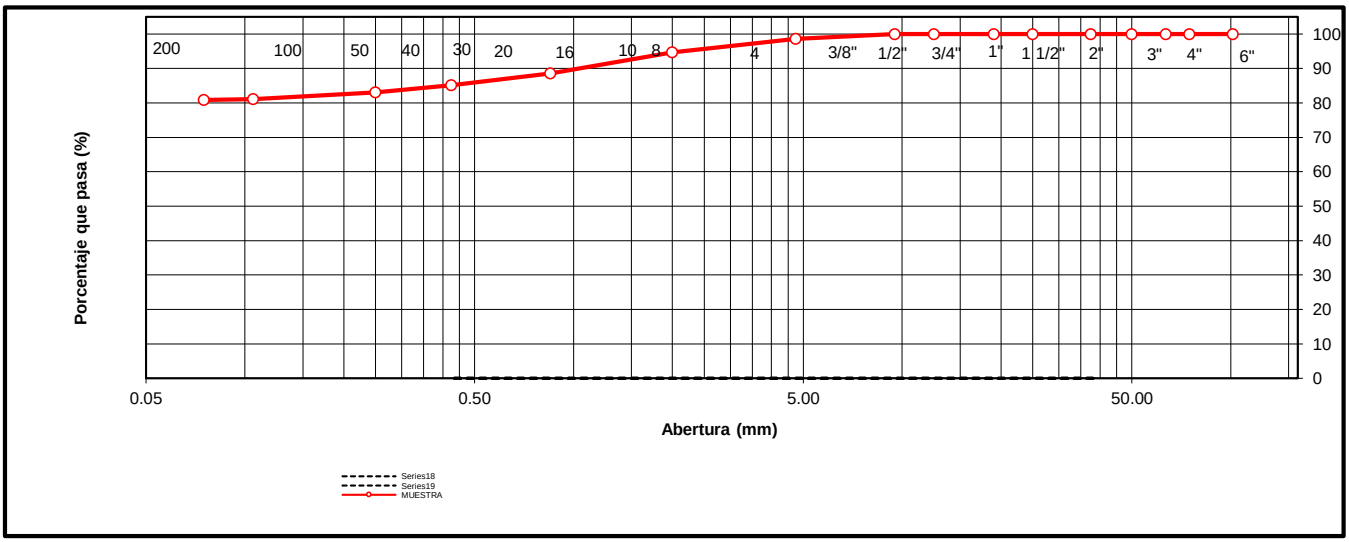
Fecha de Muestreo: 21/01/2026 **Fecha de Recepción:** 21/01/2026

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 700 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	10.00	1.43	1.43	98.57	
Nº 8	2.360	13.00	1.86	3.29	96.71	
Nº 10	2.000	14.00	2.00	5.29	94.71	
Nº 16	1.190	23.00	3.29	8.57	91.43	
Nº 20	0.850	20.00	2.86	11.43	88.57	
Nº 30	0.600	11.00	1.57	13.00	87.00	
Nº 40	0.425	13.00	1.86	14.86	85.14	
Nº 60	0.250	15.00	2.14	17.00	83.00	
Nº 140	0.106	13.00	1.86	18.86	81.14	
Nº 200	0.075	2.00	0.29	19.14	80.86	
< Nº 200	FONDO	566.00	80.86	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Boloneria 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.43	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	17.71	%
Finos < Nº 200 :	80.86	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	3.86	%
A. media Nº 10 - Nº 40	9.57	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	4.29	%
CARACTERISTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	29.17	%
LP (ASTM D4318-17):	23.08	%
IP (ASTM D4318-17):	6.09	%
Clasificación (SUCS) :	ML	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de particulas: 3/8"

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Técnico de Laboratorio: **Ingeniero especialista**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN SUB CUENCA SAN MATEO

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

DATOS DE LA MUESTRA

FECHA DE INFORME: 30/01/2026 **PUNTO** 26

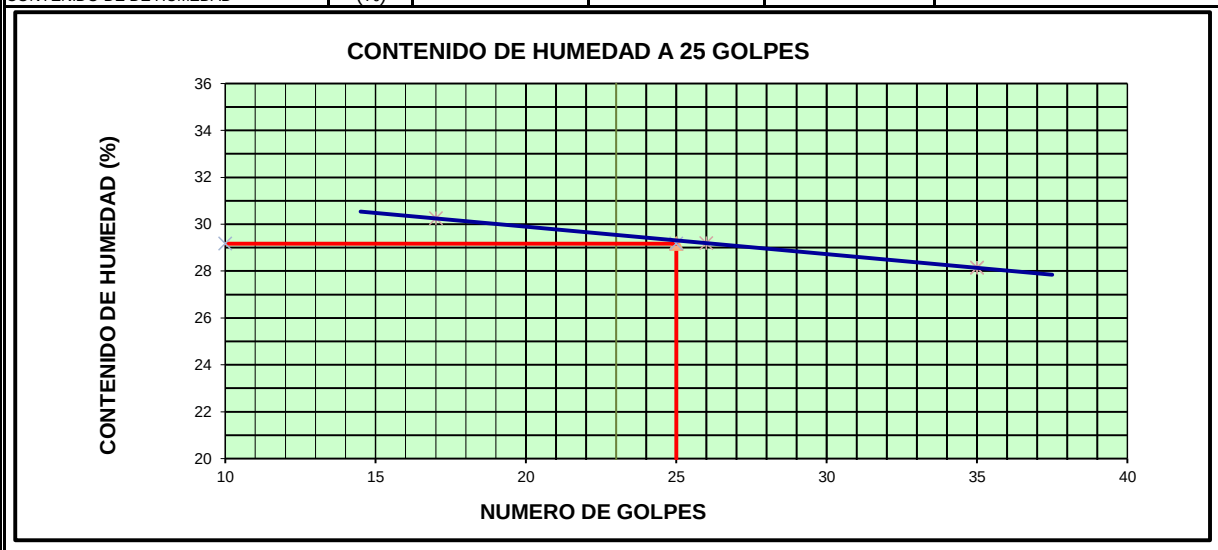
Fecha de Muestreo: 21/01/2026

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T1	T2	T3	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	20.29	21.09	20.20	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.99	19.83	18.99	
PESO DE AGUA	(g)	1.30	1.26	1.21	
PESO DE LA TARA	(g)	14.68	15.52	14.68	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.31	4.31	4.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.25	29.18	28.14	
NÚMERO DE GOLPES		17	26	35	

LIMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T4	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	15.97	16.30		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.80	16.16		
PESO DE AGUA	(g)	0.17	0.14		
PESO DE LA TARA	(g)	15.08	15.55		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.72	0.61		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.10	23.05		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	29.17
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.08
INDICE DE PLASTICIDAD	%	6.09

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de Laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CÁLCULO DE TEXTURA DEL SUELO POR TRIÁNGULO TEXTURAL - SUBCUENCA SAN MATEO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN	CÁLCULO DE TEXTURA DEL SUELO POR TRIÁNGULO TEXTURAL - SUBCUENCA SAN MATEO	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

UBICACIÓN Sub cuenca San Mateo

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO

Punto	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Finos calc. (%)	Suma (%)	Límite líquido (%)	Índice de plasticidad (%)	Clasificación SUCS	IP/LL	Textura USDA calculada	X triángulo	Y triángulo
M-1	31.00	24.00	45.00	69.00	100.00	30.96	10.73	CL	0.35	Arcilla	46.50	38.97
M-2	22.50	30.00	47.50	77.50	100.00	41.19	16.10	CL	0.39	Arcilla	53.75	41.14
M-3	70.00	20.00	10.00	30.00	100.00	26.00	4.22	SM	0.16	Franco arenoso	25.00	8.66
M-4	54.60	30.40	15.00	45.40	100.00	26.00	4.22	SM	0.16	Franco arenoso	37.90	12.99
M-5	32.80	37.20	30.00	67.20	100.00	30.87	7.00	ML	0.23	Franco arcilloso	52.20	25.98
M-6	28.90	61.10	10.00	71.10	100.00	24.61	3.29	ML	0.13	Franco limoso	66.10	8.66
M-7	50.00	35.00	15.00	50.00	100.00	24.95	4.75	SC-SM	0.19	Franco	42.50	12.99
M-8	20.60	49.40	30.00	79.40	100.00	26.77	3.60	ML	0.13	Franco arcilloso	64.40	25.98
M-9	28.40	49.60	22.00	71.60	100.00	20.54	2.20	ML	0.11	Franco	60.60	19.05
M-10	30.00	48.00	22.00	70.00	100.00	31.90	12.52	CL	0.39	Franco	59.00	19.05
M-11	51.00	28.00	21.00	49.00	100.00	30.96	10.73	SC	0.35	Franco	38.50	18.19
M-12	16.40	50.60	33.00	83.60	100.00	39.09	22.87	CL	0.59	Franco arcillo limoso	67.10	28.58
M-13	26.60	43.40	30.00	73.40	100.00	43.27	20.12	CL	0.46	Franco arcilloso	58.40	25.98
M-14	30.00	35.00	35.00	70.00	100.00	38.16	22.75	CL	0.60	Franco arcilloso	52.50	30.31
M-15	63.25	11.75	25.00	36.75	100.00	28.00	9.78	SC	0.35	Franco arcillo arenoso	24.25	21.65
M-16	25.00	49.00	26.00	75.00	100.00	30.96	10.73	CL	0.35	Franco	62.00	22.52
M-17	25.00	49.00	26.00	75.00	100.00	34.21	15.00	CL	0.44	Franco	62.00	22.52
M-18	25.00	49.00	26.00	75.00	100.00	29.17	11.89	CL	0.41	Franco	62.00	22.52
M-19	14.00	34.00	52.00	86.00	100.00	45.05	22.99	CL	0.51	Arcilla	60.00	45.03
M-20	20.10	49.90	30.00	79.90	100.00	46.23	23.07	CL	0.50	Franco arcilloso	64.90	25.98
M-21	25.00	49.00	26.00	75.00	100.00	30.04	8.92	CL	0.30	Franco	62.00	22.52
M-22	20.10	49.90	30.00	79.90	100.00	33.40	12.94	CL	0.39	Franco arcilloso	64.90	25.98
M-23	55.00	33.00	12.00	45.00	100.00	28.98	8.75	CL	0.30	Franco arenoso	39.00	10.39
M-24	26.40	48.00	25.60	73.60	100.00	30.96	10.73	CL	0.35	Franco	60.80	22.17
M-25	21.60	35.00	43.40	78.40	100.00	26.93	6.70	CL-ML	0.25	Arcilla	56.70	37.59
M-26	19.14	70.86	10.00	80.86	100.00	29.17	6.09	ML	0.21	Franco limoso	75.86	8.66

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

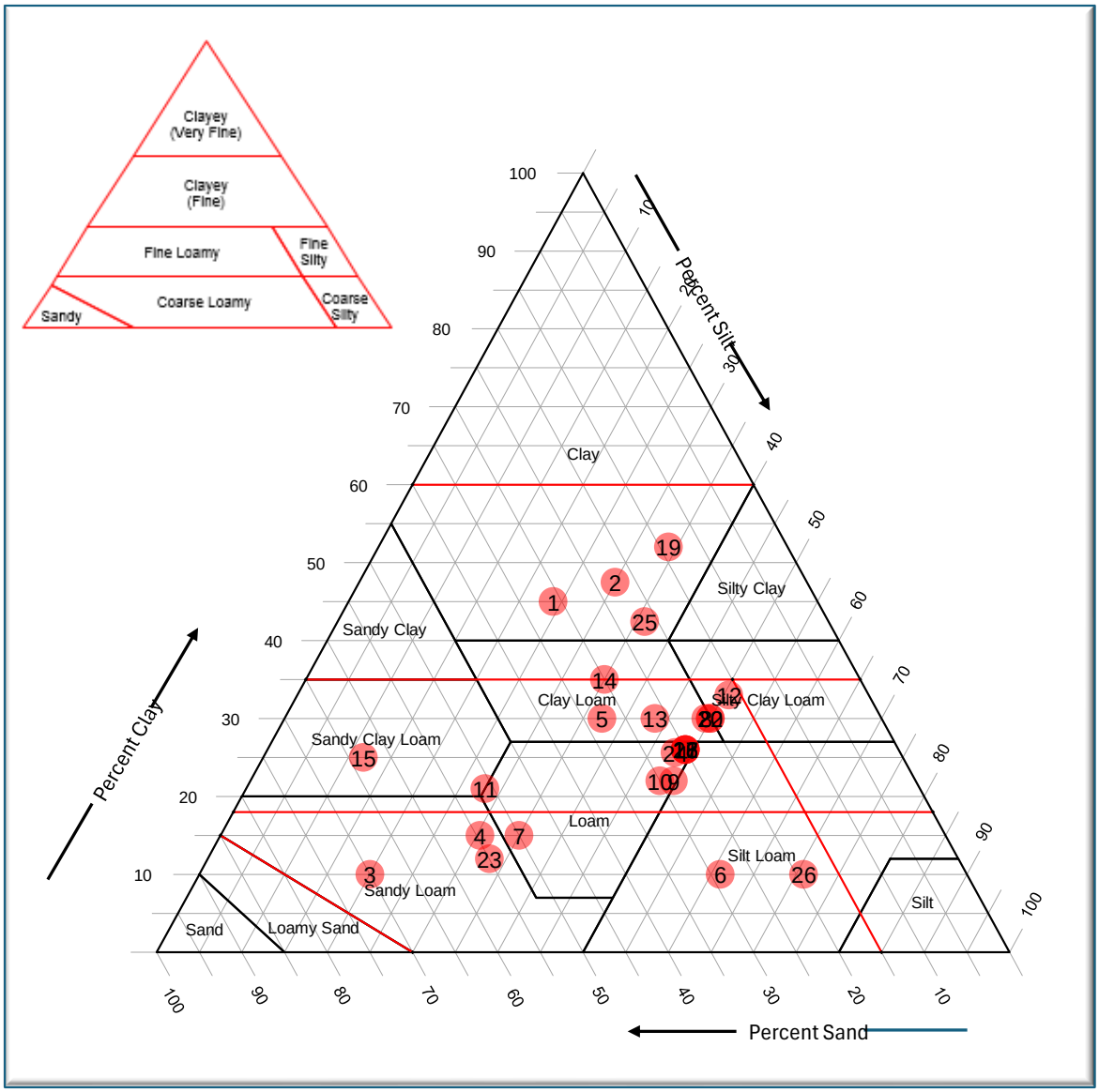
CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP 348840

CIEXLIAN	**TEXTURA DEL SUELO**	CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC : 20604291641 CEL:950589432 Pag: 1 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS: "CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"

TESISTA: JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO



CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Técnico de laboratorio

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

Ingeniero especialista

CÁLCULO DE MATERIA ORGÁNICA - SUBCUENCA SAN MATEO

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P01

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-01	**SUBZONA:**	1
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-01	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-01-1	C-01-2	C-01-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	27.74	29.32	34.32
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	36.39	38.58	42.54
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	35.63	37.78	41.93
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	35.54	37.68	41.84
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.65	9.26	8.22
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.89	8.46	7.61
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.76	0.80	0.61
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.80	8.36	7.52
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.09	0.10	0.09
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	9.63%	9.46%	8.02%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.14%**	**1.18%**	**1.18%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.86%	98.82%	98.82%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.17%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.04 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P02

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-02	**SUBZONA:**	2
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-02	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-02-1	C-02-2	C-02-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	32.77	26.51	29.70
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	40.37	34.22	38.08
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	40.05	33.76	37.54
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	39.95	33.66	37.42
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.60	7.71	8.38
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.28	7.25	7.84
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.32	0.46	0.54
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.18	7.15	7.72
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.10	0.10	0.12
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	4.40%	6.34%	6.89%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.37%**	**1.38%**	**1.53%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.63%	98.62%	98.47%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.43%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.16 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P03

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-03	**SUBZONA:**	3
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-03	**SUCS (referencia):**	SM	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-03-1	C-03-2	C-03-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	33.50	22.82	32.46
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	42.60	30.88	40.88
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	41.85	30.32	40.12
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	41.78	30.26	40.05
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	9.10	8.06	8.42
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	8.35	7.50	7.66
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.75	0.56	0.76
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	8.28	7.44	7.59
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.07	0.06	0.07
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	8.98%	7.47%	9.92%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**0.84%**	**0.80%**	**0.91%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	99.16%	99.20%	99.09%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**0.85%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.11 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P04

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-04	**SUBZONA:**	4
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-04	**SUCS (referencia):**	SM	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-04-1	C-04-2	C-04-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	24.97	25.99	33.00
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	32.83	34.42	41.25
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	32.52	34.09	40.69
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	32.39	33.96	40.56
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.86	8.43	8.25
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.55	8.10	7.69
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.31	0.33	0.56
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.42	7.97	7.56
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.13	0.13	0.13
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	4.11%	4.07%	7.28%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.72%**	**1.60%**	**1.69%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.28%	98.40%	98.31%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.67%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.12 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P05

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo		**PUNTO:**	P-05	**SUBZONA:**	5
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					
MUESTRA:	MO-05	**SUCS (referencia):**	ML	**Fracción analizada:**		Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-05-1	C-05-2	C-05-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	22.77	34.82	25.69
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	31.32	42.91	34.18
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	30.77	42.43	33.35
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	30.57	42.25	33.17
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.55	8.09	8.49
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	8.00	7.61	7.66
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.55	0.48	0.83
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.80	7.43	7.48
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.20	0.18	0.18
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	6.88%	6.31%	10.84%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**2.50%**	**2.37%**	**2.35%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	97.50%	97.63%	97.65%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**2.41%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.15 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P06

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo		**PUNTO:**	P-06	**SUBZONA:**	6
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					
MUESTRA:	MO-06	**SUCS (referencia):**	ML	**Fracción analizada:**		Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-06-1	C-06-2	C-06-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	23.94	27.14	34.16
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	32.00	36.12	42.63
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	31.42	35.63	41.85
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	31.18	35.37	41.61
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.06	8.98	8.47
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.48	8.49	7.69
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.58	0.49	0.78
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.24	8.23	7.45
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.24	0.26	0.24
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	7.75%	5.77%	10.14%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**3.21%**	**3.06%**	**3.12%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	96.79%	96.94%	96.88%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**3.13%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.15 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P07

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-07	**SUBZONA:**	7
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-07	**SUCS (referencia):**	SC-SM	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-07-1	C-07-2	C-07-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	24.69	25.67	31.09
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	32.76	33.62	40.06
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	32.10	33.31	39.56
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	31.90	33.10	39.32
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.07	7.95	8.97
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.41	7.64	8.47
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.66	0.31	0.50
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.21	7.43	8.23
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.20	0.21	0.24
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	8.91%	4.06%	5.90%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**2.70%**	**2.75%**	**2.83%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	97.30%	97.25%	97.17%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**2.76%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.13 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P08

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-08	**SUBZONA:**	8
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-08	**SUCS (referencia):**	ML	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-08-1	C-08-2	C-08-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	25.43	26.54	27.88
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	33.82	34.63	36.40
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	32.94	34.23	35.79
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	32.67	33.95	35.51
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.39	8.09	8.52
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.51	7.69	7.91
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.88	0.40	0.61
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.24	7.41	7.63
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.27	0.28	0.28
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	11.72%	5.20%	7.71%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**3.60%**	**3.64%**	**3.54%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	96.40%	96.36%	96.46%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**3.59%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.10 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P09

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-09	**SUBZONA:**	9
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-09	**SUCS (referencia):**	ML	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-09-1	C-09-2	C-09-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	22.31	32.93	27.62
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	30.86	40.73	36.39
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	30.42	40.18	35.60
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	30.32	40.08	35.50
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.55	7.80	8.77
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	8.11	7.25	7.98
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.44	0.55	0.79
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	8.01	7.15	7.88
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.10	0.10	0.10
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	5.43%	7.59%	9.90%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.23%**	**1.38%**	**1.25%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.77%	98.62%	98.75%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.29%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.15 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P10

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo		**PUNTO:**	P-10	**SUBZONA:**	10
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					
MUESTRA:	MO-10	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**		Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-10-1	C-10-2	C-10-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	26.29	23.93	32.10
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	34.12	32.28	40.87
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	33.66	31.48	40.01
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	33.61	31.43	39.95
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.83	8.35	8.77
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.37	7.55	7.91
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.46	0.80	0.86
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.32	7.50	7.85
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.05	0.05	0.06
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	6.24%	10.60%	10.87%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**0.68%**	**0.66%**	**0.76%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	99.32%	99.34%	99.24%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**0.70%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.10 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P11

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-11	**SUBZONA:**	11
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-11	**SUCS (referencia):**	SC	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-11-1	C-11-2	C-11-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	24.41	29.92	23.85
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	31.97	37.74	31.94
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	31.62	37.40	31.11
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	31.30	37.08	30.80
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.56	7.82	8.09
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.21	7.48	7.26
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.35	0.34	0.83
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	6.89	7.16	6.95
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.32	0.32	0.31
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	4.85%	4.55%	11.43%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**4.44%**	**4.28%**	**4.27%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	95.56%	95.72%	95.73%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**4.33%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.17 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P12

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-12	**SUBZONA:**	12
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-12	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-12-1	C-12-2	C-12-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	34.90	33.81	29.43
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	43.15	42.64	37.31
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	42.82	41.95	36.67
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	42.41	41.53	36.30
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.25	8.83	7.88
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.92	8.14	7.24
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.33	0.69	0.64
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.51	7.72	6.87
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.41	0.42	0.37
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	4.17%	8.48%	8.84%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**5.18%**	**5.16%**	**5.11%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	94.82%	94.84%	94.89%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**5.15%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.07 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P13

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-13	**SUBZONA:**	13
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-13	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-13-1	C-13-2	C-13-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	34.08	32.01	22.48
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	43.13	40.17	30.13
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	42.55	39.32	29.82
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	42.14	38.97	29.47
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	9.05	8.16	7.65
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	8.47	7.31	7.34
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.58	0.85	0.31
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	8.06	6.96	6.99
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.41	0.35	0.35
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	6.85%	11.63%	4.22%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**4.84%**	**4.79%**	**4.77%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	95.16%	95.21%	95.23%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**4.80%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.07 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P14

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-14	**SUBZONA:**	14
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-14	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-14-1	C-14-2	C-14-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	30.43	32.99	26.27
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	38.88	41.75	35.51
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	37.99	41.38	34.53
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	37.52	40.85	34.01
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.45	8.76	9.24
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.56	8.39	8.26
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.89	0.37	0.98
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.09	7.86	7.74
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.47	0.53	0.52
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	11.77%	4.41%	11.86%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**6.22%**	**6.32%**	**6.30%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	93.78%	93.68%	93.70%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**6.28%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.10 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P15

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo		**PUNTO:**	P-15	**SUBZONA:**	15
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					
MUESTRA:	MO-15	**SUCS (referencia):**	SC	**Fracción analizada:**		Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-15-1	C-15-2	C-15-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	31.11	34.76	24.67
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	38.73	43.06	33.55
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	38.41	42.46	33.05
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	38.00	42.02	32.57
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.62	8.30	8.88
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.30	7.70	8.38
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.32	0.60	0.50
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	6.89	7.26	7.90
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.41	0.44	0.48
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	4.38%	7.79%	5.97%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**5.62%**	**5.71%**	**5.73%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	94.38%	94.29%	94.27%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**5.69%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.11 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P16

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-16	**SUBZONA:**	16
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-16	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-16-1	C-16-2	C-16-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	26.89	25.78	34.86
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	35.22	34.41	44.09
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	34.46	33.49	43.18
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	34.12	33.14	42.81
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.33	8.63	9.23
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.57	7.71	8.32
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.76	0.92	0.91
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.23	7.36	7.95
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.34	0.35	0.37
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	10.04%	11.93%	10.94%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**4.49%**	**4.54%**	**4.45%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	95.51%	95.46%	95.55%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**4.49%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.09 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P17

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"					
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo		**PUNTO:**	P-17	**SUBZONA:**	17
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO					
MUESTRA:	MO-17	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**		Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-17-1	C-17-2	C-17-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	33.24	30.83	22.21
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	41.69	38.92	30.25
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	41.13	38.40	29.43
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	41.00	38.28	29.32
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.45	8.09	8.04
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.89	7.57	7.22
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.56	0.52	0.82
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.76	7.45	7.11
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.13	0.12	0.11
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	7.10%	6.87%	11.36%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.65%**	**1.59%**	**1.52%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.35%	98.41%	98.48%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.59%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.12 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P18

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-18	**SUBZONA:**	18
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-18	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-18-1	C-18-2	C-18-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	34.02	32.15	30.07
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	42.52	40.05	37.93
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	42.01	39.61	37.46
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	41.94	39.53	37.38
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.50	7.90	7.86
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.99	7.46	7.39
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.51	0.44	0.47
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.92	7.38	7.31
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.07	0.08	0.08
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	6.38%	5.90%	6.36%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**0.88%**	**1.07%**	**1.08%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	99.12%	98.93%	98.92%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.01%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.21 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P19

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-19	**SUBZONA:**	19
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-19	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-19-1	C-19-2	C-19-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	28.14	27.74	29.48
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	36.67	35.77	37.59
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	35.84	35.19	37.27
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	35.38	34.75	36.81
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.53	8.03	8.11
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.70	7.45	7.79
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.83	0.58	0.32
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.24	7.01	7.33
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.46	0.44	0.46
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	10.78%	7.79%	4.11%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**5.97%**	**5.91%**	**5.91%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	94.03%	94.09%	94.09%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**5.93%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Alta**	**Rango entre réplicas**	0.07 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P20

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-20	**SUBZONA:**	20
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-20	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-20-1	C-20-2	C-20-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	31.93	24.60	24.01
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	39.83	33.53	32.13
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	39.16	32.77	31.48
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	39.02	32.62	31.34
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	7.90	8.93	8.12
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.23	8.17	7.47
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.67	0.76	0.65
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.09	8.02	7.33
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.14	0.15	0.14
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	9.27%	9.30%	8.70%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.94%**	**1.84%**	**1.87%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.06%	98.16%	98.13%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.88%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.10 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P21

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-21	**SUBZONA:**	21
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-21	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-21-1	C-21-2	C-21-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	23.29	27.43	25.23
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	31.41	35.32	33.48
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	30.90	34.96	33.02
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	30.64	34.70	32.75
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.12	7.89	8.25
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.61	7.53	7.79
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.51	0.36	0.46
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.35	7.27	7.52
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.26	0.26	0.27
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	6.70%	4.78%	5.91%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**3.42%**	**3.45%**	**3.47%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	96.58%	96.55%	96.53%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**3.45%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.05 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P22

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-22	**SUBZONA:**	22
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-22	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-22-1	C-22-2	C-22-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	24.66	34.89	24.52
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	33.22	43.35	33.48
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	32.58	42.82	32.55
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	32.47	42.72	32.43
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.56	8.46	8.96
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.92	7.93	8.03
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.64	0.53	0.93
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.81	7.83	7.91
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.11	0.10	0.12
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	8.08%	6.68%	11.58%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**1.39%**	**1.26%**	**1.49%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	98.61%	98.74%	98.51%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**1.38%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Baja**	**Rango entre réplicas**	0.23 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P23

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-23	**SUBZONA:**	23
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-23	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-23-1	C-23-2	C-23-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	31.62	32.64	25.20
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	39.81	41.68	33.21
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	39.20	40.83	32.47
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	39.01	40.61	32.29
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.19	9.04	8.01
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.58	8.19	7.27
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.61	0.85	0.74
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.39	7.97	7.09
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.19	0.22	0.18
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	8.05%	10.38%	10.18%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**2.51%**	**2.69%**	**2.48%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	97.49%	97.31%	97.52%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**2.56%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.21 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P24

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-24	**SUBZONA:**	24
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-24	**SUCS (referencia):**	CL	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-24-1	C-24-2	C-24-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	29.45	27.57	33.33
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	38.14	36.45	41.69
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	37.66	35.78	40.94
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	37.34	35.46	40.65
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.69	8.88	8.36
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	8.21	8.21	7.61
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.48	0.67	0.75
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.89	7.89	7.32
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.32	0.32	0.29
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	5.85%	8.16%	9.86%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**3.90%**	**3.90%**	**3.81%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	96.10%	96.10%	96.19%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**3.87%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.09 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

CIEXLIAN	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA MÉTODO DE PÉRDIDA POR IGNICIÓN Referencia del procedimiento: FAO (2008), p. 39	CIEXLIAN S.R.L. – LABORATORIO RUC: 20604291641 CEL.: 950589432 Registro: MO-P25

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

TESIS:	"CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE SUELOS EN A SUB CUENCA SAN MATEO Y SU ADAPTABILIDAD AL METODO CURVA NUMERO (CN), CHOTA, 2025"				
UBICACIÓN:	Sub cuenca San Mateo	**PUNTO:**	P-25	**SUBZONA:**	25
TESISTAS:	JORGE ANDERSON FERNÁNDEZ SAUCEDO, JOSÉ LEANDRO VÁSQUEZ IDROGO				
MUESTRA:	MO-25	**SUCS (referencia):**	SC-SM	**Fracción analizada:**	Pasante 2 mm

CONDICIONES DEL PROCEDIMIENTO

Estufa / tiempo:	105 °C / 4 h	**Mufla / tiempo de ignición:**	400 °C / 4 h
Resolución de la balanza:	0.01 g	**Acondicionamiento antes de pesar:**	Enfriamiento en desecador

REGISTRO DE MASAS Y CÁLCULOS	Símbolo / cálculo	**Determinación 1**	**Determinación 2**	**Determinación 3**
Identificación del crisol	Código	C-25-1	C-25-2	C-25-3
Masa del crisol vacío (g)	M0	32.00	28.09	25.45
Crisol + suelo antes del secado en estufa (g)	M1	40.13	36.52	33.92
Crisol + suelo seco después de estufa a 105 °C (g)	M2	39.27	35.74	33.30
Crisol + residuo después de mufla a 400 °C (g)	M3	39.05	35.52	33.06
Masa del suelo antes del secado (g)	M1 − M0	8.13	8.43	8.47
Masa del suelo seco, base del cálculo (g)	ms = M2 − M0	7.27	7.65	7.85
Masa de agua eliminada durante el secado (g)	M1 − M2	0.86	0.78	0.62
Masa del residuo mineral o cenizas (g)	mc = M3 − M0	7.05	7.43	7.61
Pérdida de masa durante la ignición (g)	Δm = M2 − M3	0.22	0.22	0.24
Humedad de la porción sobre masa seca (%)	Agua / ms	11.83%	10.20%	7.90%
Materia orgánica por pérdida por ignición (%)	Δm / ms	**3.03%**	**2.88%**	**3.06%**
Contenido de cenizas sobre masa seca (%)	mc / ms	96.97%	97.12%	96.94%
Balance de materia orgánica y cenizas (%)	MO + cenizas	100.00%	100.00%	100.00%

MATERIA ORGÁNICA PROMEDIO (%)	**2.99%**	**Determinaciones (n)**	3
FERTILIDAD NATURAL SEGÚN MATERIA ORGÁNICA	**Media**	**Rango entre réplicas**	0.18 p.p.

Clasificación: baja, MO < 2%; media, 2% ≤ MO ≤ 4%; alta, MO > 4%.

Cálculo: MO (%) = [(M2 − M3) / (M2 − M0)] × 100. El promedio corresponde a tres porciones de la misma muestra.

La categoría expresa el criterio de materia orgánica adoptado; no sustituye la evaluación integral de fertilidad del suelo.

Masas expresadas en gramos. Pesadas después de enfriamiento. Resultado referido a la fracción de suelo menor de 2 mm.

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Gilmer Yoel Vásquez Saldaña
TÉCNICO EN LABORATORIO

Anexo 5. Hoja de cálculo del CUM

CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR CAPACIDAD DE USO MAYOR (CTCUM) - 25 SUBZONAS

Subzona	Drenaje	CE salina (dS/m)	Inundación	Erosión hídrica	Microrelieve	Tipo pendiente	Pendiente (%)
Subzona 1	Imperfecto	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00
Subzona 2	Imperfecto	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00
Subzona 3	Algo excesivo	1.00	Severa	Moderada	Plano	Larga	8.00
Subzona 4	Bueno	1.00	Severa	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 5	Moderado	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 6	Algo excesivo	1.00	Sin riesgo	Moderada	Microaccidentado	Larga	50.00
Subzona 7	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 8	Moderado	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 9	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 10	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 11	Bueno	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 12	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 13	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 14	Imperfecto	1.00	Ligera	Severa	Plano	Larga	8.00
Subzona 15	Moderado	1.00	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 16	Bueno	1.00	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 17	Bueno	1.00	Moderada	Severa	Plano	Larga	8.00
Subzona 18	Bueno	1.00	Moderada	Severa	Plano	Larga	8.00
Subzona 19	Imperfecto	1.00	Ligera	Moderada	Plano	Larga	8.00
Subzona 20	Moderado	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 21	Bueno	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 22	Moderado	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 23	Algo excesivo	1.00	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25.00
Subzona 24	Bueno	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00
Subzona 25	Imperfecto	1.00	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35.00

CLASIFICA

Subzona	Pedregosidad	Fragmentos rocosos	Profundidad efectiva (cm)	Textura	Fertilidad natural	Clima (1-3)
Subzona 1	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 2	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 3	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 4	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 5	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 6	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 7	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 8	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 9	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 10	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 11	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 12	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 13	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 14	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 15	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 16	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 17	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 18	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 19	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	F	Alta	2
Subzona 20	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 21	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 22	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 23	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MG	Media	2
Subzona 24	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 25	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	F	Media	2

CLASIFICA

Subzona	C	P	F	Grupo CUM	Clase CUM	Subclase	CTCUM final	Uso mayor sugerido
Subzona 1			3	**F**	**3**	**i**	**F3i**	Producción forestal
Subzona 2			3	**F**	**3**	**i**	**F3i**	Producción forestal
Subzona 3				**X**			**X**	Protección
Subzona 4			3	**F**	**3**	**i**	**F3i**	Producción forestal
Subzona 5	3	3	3	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 6		3		**P**	**3**	**e**	**P3e**	Pastos
Subzona 7	3	3	3	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 8	3	3	3	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 9	3	3	2	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 10	3	3	2	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 11		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 12		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 13		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 14		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 15		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 16		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 17		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 18		3	3	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 19		3	3	**P**	**3**	**s**	**P3s**	Pastos
Subzona 20		3	2	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 21		3	2	**P**	**3**	**e**	**P3e**	Pastos
Subzona 22		3	2	**P**	**3**	**se**	**P3se**	Pastos
Subzona 23		3		**P**	**3**	**e**	**P3e**	Pastos
Subzona 24	3	3	3	**C**	**3**	**se**	**C3se**	Cultivos permanentes
Subzona 25	3	3	3	**C**	**3**	**sew**	**C3sew**	Cultivos permanentes

CÁLCULO DETALLADO POR PARÁMETRO Y GRUPO

Subzona	Drenaje	CE salina (dS/m)	Inundación	Erosión hídrica	Microrelieve	Tipo pendiente	Pendiente (%)
Subzona 1	Imperfecto	1	Severa	Moderada	Plano	Larga	8
Subzona 2	Imperfecto	1	Severa	Moderada	Plano	Larga	8
Subzona 3	Algo excesivo	1	Severa	Moderada	Plano	Larga	8
Subzona 4	Bueno	1	Severa	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 5	Moderado	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35
Subzona 6	Algo excesivo	1	Sin riesgo	Moderada	Microaccidentado	Larga	50
Subzona 7	Bueno	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35
Subzona 8	Moderado	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35
Subzona 9	Bueno	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 10	Bueno	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 11	Bueno	1	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35
Subzona 12	Moderado	1	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35
Subzona 13	Moderado	1	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 14	Imperfecto	1	Ligera	Severa	Plano	Larga	8
Subzona 15	Moderado	1	Ligera	Severa	Ondulado	Larga	35
Subzona 16	Bueno	1	Ligera	Severa	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 17	Bueno	1	Moderada	Severa	Plano	Larga	8
Subzona 18	Bueno	1	Moderada	Severa	Plano	Larga	8
Subzona 19	Imperfecto	1	Ligera	Moderada	Plano	Larga	8
Subzona 20	Moderado	1	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 21	Bueno	1	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 22	Moderado	1	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 23	Algo excesivo	1	Moderada	Moderada	Ondulado suave	Larga	25
Subzona 24	Bueno	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35
Subzona 25	Imperfecto	1	Sin riesgo	Moderada	Ondulado	Larga	35

CÁLCULO D

Subzona	Pedregosidad	Fragmentos rocosos	Profundidad efectiva (cm)	Textura	Fertilidad natural	Clima (1-3)
Subzona 1	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 2	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	F	Baja	2
Subzona 3	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 4	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MG	Baja	2
Subzona 5	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 6	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 7	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 8	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MF	Media	2
Subzona 9	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 10	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 11	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 12	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 13	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 14	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 15	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	MF	Alta	2
Subzona 16	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	M	Alta	2
Subzona 17	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 18	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	M	Baja	2
Subzona 19	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	20	F	Alta	2
Subzona 20	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 21	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 22	Libre o ligeramente pedregoso	Libre	50	MF	Baja	2
Subzona 23	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	MG	Media	2
Subzona 24	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	M	Media	2
Subzona 25	Moderadamente pedregoso	Ligeramente	30	F	Media	2

CÁLCULO D

Subzona	Drenaje_A	Salinidad_A	Inundación_A	Erosión_A	Microrelieve_A	Pendiente_A	Pedregosidad_A	Fragmentos_A
Subzona 1	3	1	-	2	1	2	1	1
Subzona 2	3	1	-	2	1	2	1	1
Subzona 3	2	1	-	2	1	2	1	1
Subzona 4	1	1	-	2	2	-	1	1
Subzona 5	2	1	1	2	3	-	2	2
Subzona 6	2	1	1	2	-	-	2	2
Subzona 7	1	1	1	2	3	-	2	2
Subzona 8	2	1	1	2	3	-	2	2
Subzona 9	1	1	1	2	2	-	1	1
Subzona 10	1	1	1	2	2	-	1	1
Subzona 11	1	1	2	-	3	-	2	2
Subzona 12	2	1	2	-	3	-	2	2
Subzona 13	2	1	2	-	2	-	2	2
Subzona 14	3	1	2	-	1	2	2	2
Subzona 15	2	1	2	-	3	-	2	2
Subzona 16	1	1	2	-	2	-	2	2
Subzona 17	1	1	3	-	1	2	1	1
Subzona 18	1	1	3	-	1	2	1	1
Subzona 19	3	1	2	2	1	2	2	2
Subzona 20	2	1	3	2	2	-	1	1
Subzona 21	1	1	3	2	2	-	2	2
Subzona 22	2	1	3	2	2	-	1	1
Subzona 23	2	1	3	2	2	-	2	2
Subzona 24	1	1	1	2	3	-	2	2
Subzona 25	3	1	1	2	3	-	2	2

CÁLCULO D

Subzona	Profundidad_A	Textura_A	Fertilidad_A	Clima_A	Drenaje_C	Salinidad_C	Inundación_C	Erosión_C
Subzona 1	1	3	3	2	3	1	-	2
Subzona 2	1	3	3	2	3	1	-	2
Subzona 3	1	2	3	2	2	1	-	2
Subzona 4	1	2	3	2	1	1	-	2
Subzona 5	2	2	2	2	2	1	1	2
Subzona 6	2	1	2	2	2	1	1	2
Subzona 7	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 8	2	2	2	2	2	1	1	2
Subzona 9	1	1	3	2	1	1	1	2
Subzona 10	1	1	3	2	1	1	1	2
Subzona 11	-	1	1	2	1	1	2	-
Subzona 12	-	2	1	2	2	1	2	-
Subzona 13	-	2	1	2	2	1	2	-
Subzona 14	-	2	1	2	3	1	2	-
Subzona 15	-	2	1	2	2	1	2	-
Subzona 16	-	1	1	2	1	1	2	-
Subzona 17	1	1	3	2	1	1	-	-
Subzona 18	1	1	3	2	1	1	-	-
Subzona 19	-	3	1	2	3	1	2	2
Subzona 20	1	2	3	2	2	1	-	2
Subzona 21	2	1	2	2	1	1	-	2
Subzona 22	1	2	3	2	2	1	-	2
Subzona 23	2	2	2	2	2	1	-	2
Subzona 24	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 25	2	3	2	2	3	1	1	2

CÁLCULO D

Subzona	Microrelieve_C	Pendiente_C	Pedregosidad_C	Fragmentos_C	Profundidad_C	Textura_C	Fertilidad_C	Clima_C
Subzona 1	1	1	1	1	1	3	3	2
Subzona 2	1	1	1	1	1	3	3	2
Subzona 3	1	1	1	1	1	2	3	2
Subzona 4	2	3	1	1	1	2	3	2
Subzona 5	3	3	1	1	3	2	2	2
Subzona 6	-	3	1	1	3	1	2	2
Subzona 7	3	3	1	1	3	1	2	2
Subzona 8	3	3	1	1	3	2	2	2
Subzona 9	2	3	1	1	1	1	3	2
Subzona 10	2	3	1	1	1	1	3	2
Subzona 11	3	3	1	1	-	1	1	2
Subzona 12	3	3	1	1	-	2	1	2
Subzona 13	2	3	1	1	-	2	1	2
Subzona 14	1	1	1	1	-	2	1	2
Subzona 15	3	3	1	1	-	2	1	2
Subzona 16	2	3	1	1	-	1	1	2
Subzona 17	1	1	1	1	1	1	3	2
Subzona 18	1	1	1	1	1	1	3	2
Subzona 19	1	1	1	1	-	3	1	2
Subzona 20	2	3	1	1	1	2	3	2
Subzona 21	2	3	1	1	3	1	2	2
Subzona 22	2	3	1	1	1	2	3	2
Subzona 23	2	3	1	1	3	2	2	2
Subzona 24	3	3	1	1	3	1	2	2
Subzona 25	3	3	1	1	3	3	2	2

CÁLCULO D

Subzona	Drenaje_P	Salinidad_P	Inundación_P	Erosión_P	Microrelieve_P	Pendiente_P	Pedregosidad_P	Fragmentos_P
Subzona 1	2	1	-	2	1	1	1	1
Subzona 2	2	1	-	2	1	1	1	1
Subzona 3	2	1	-	2	1	1	1	1
Subzona 4	1	1	-	2	2	3	1	1
Subzona 5	1	1	1	2	3	3	1	1
Subzona 6	2	1	1	2	3	3	1	1
Subzona 7	1	1	1	2	3	3	1	1
Subzona 8	1	1	1	2	3	3	1	1
Subzona 9	1	1	1	2	2	3	1	1
Subzona 10	1	1	1	2	2	3	1	1
Subzona 11	1	1	1	3	3	3	1	1
Subzona 12	1	1	1	3	3	3	1	1
Subzona 13	1	1	1	3	2	3	1	1
Subzona 14	2	1	1	3	1	1	1	1
Subzona 15	1	1	1	3	3	3	1	1
Subzona 16	1	1	1	3	2	3	1	1
Subzona 17	1	1	2	3	1	1	1	1
Subzona 18	1	1	2	3	1	1	1	1
Subzona 19	2	1	1	2	1	1	1	1
Subzona 20	1	1	2	2	2	3	1	1
Subzona 21	1	1	2	2	2	3	1	1
Subzona 22	1	1	2	2	2	3	1	1
Subzona 23	2	1	2	2	2	3	1	1
Subzona 24	1	1	1	2	3	3	1	1
Subzona 25	2	1	1	2	3	3	1	1

CÁLCULO D

Subzona	Profundidad_P	Textura_P	Fertilidad_P	Clima_P	Drenaje_F	Salinidad_F	Inundación_F	Erosión_F
Subzona 1	1	3	3	2	2	1	3	2
Subzona 2	1	3	3	2	2	1	3	2
Subzona 3	1	2	3	2	-	1	3	2
Subzona 4	1	2	3	2	1	1	3	2
Subzona 5	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 6	2	1	2	2	-	1	1	2
Subzona 7	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 8	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 9	1	1	3	2	1	1	1	2
Subzona 10	1	1	3	2	1	1	1	2
Subzona 11	3	1	1	2	1	1	1	3
Subzona 12	3	1	1	2	1	1	1	3
Subzona 13	3	1	1	2	1	1	1	3
Subzona 14	3	1	1	2	2	1	1	3
Subzona 15	3	1	1	2	1	1	1	3
Subzona 16	3	1	1	2	1	1	1	3
Subzona 17	1	1	3	2	1	1	2	3
Subzona 18	1	1	3	2	1	1	2	3
Subzona 19	3	3	1	2	2	1	1	2
Subzona 20	1	1	3	2	1	1	2	2
Subzona 21	2	1	2	2	1	1	2	2
Subzona 22	1	1	3	2	1	1	2	2
Subzona 23	2	2	2	2	-	1	2	2
Subzona 24	2	1	2	2	1	1	1	2
Subzona 25	2	3	2	2	2	1	1	2

CÁLCULO D

Subzona	Microrelieve_F	Pendiente_F	Pedregosidad_F	Fragmentos_F	Profundidad_F	Textura_F	Fertilidad_F	Clima_F
Subzona 1	1	1	1	1	1	1	2	2
Subzona 2	1	1	1	1	1	1	2	2
Subzona 3	1	1	1	1	1	1	2	2
Subzona 4	2	2	1	1	1	1	2	2
Subzona 5	3	2	1	1	2	2	1	2
Subzona 6	3	2	1	1	2	1	1	2
Subzona 7	3	2	1	1	2	1	1	2
Subzona 8	3	2	1	1	2	2	1	2
Subzona 9	2	2	1	1	1	1	2	2
Subzona 10	2	2	1	1	1	1	2	2
Subzona 11	3	2	1	1	3	1	1	2
Subzona 12	3	2	1	1	3	2	1	2
Subzona 13	2	2	1	1	3	2	1	2
Subzona 14	1	1	1	1	3	2	1	2
Subzona 15	3	2	1	1	3	2	1	2
Subzona 16	2	2	1	1	3	1	1	2
Subzona 17	1	1	1	1	1	1	2	2
Subzona 18	1	1	1	1	1	1	2	2
Subzona 19	1	1	1	1	3	1	1	2
Subzona 20	2	2	1	1	1	2	2	2
Subzona 21	2	2	1	1	2	1	1	2
Subzona 22	2	2	1	1	1	2	2	2
Subzona 23	2	2	1	1	2	1	1	2
Subzona 24	3	2	1	1	2	1	1	2
Subzona 25	3	2	1	1	2	1	1	2

CÁLCULO D

Subzona	Clase_A	Clase_C	Clase_P	Clase_F	Grupo_CUM	Clase_CUM	Subclase	CTCUM_final
Subzona 1				3	F	3	i	F3i
Subzona 2				3	F	3	i	F3i
Subzona 3					X			X
Subzona 4				3	F	3	i	F3i
Subzona 5		3	3	3	C	3	se	C3se
Subzona 6			3		P	3	e	P3e
Subzona 7		3	3	3	C	3	se	C3se
Subzona 8		3	3	3	C	3	se	C3se
Subzona 9		3	3	2	C	3	se	C3se
Subzona 10		3	3	2	C	3	se	C3se
Subzona 11			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 12			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 13			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 14			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 15			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 16			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 17			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 18			3	3	P	3	se	P3se
Subzona 19			3	3	P	3	s	P3s
Subzona 20			3	2	P	3	se	P3se
Subzona 21			3	2	P	3	e	P3e
Subzona 22			3	2	P	3	se	P3se
Subzona 23			3		P	3	e	P3e
Subzona 24		3	3	3	C	3	se	C3se
Subzona 25		3	3	3	C	3	sew	C3sew

CÁLCULO D

Subzona	Uso_mayor
Subzona 1	Producción forestal
Subzona 2	Producción forestal
Subzona 3	Protección
Subzona 4	Producción forestal
Subzona 5	Cultivos permanentes
Subzona 6	Pastos
Subzona 7	Cultivos permanentes
Subzona 8	Cultivos permanentes
Subzona 9	Cultivos permanentes
Subzona 10	Cultivos permanentes
Subzona 11	Pastos
Subzona 12	Pastos
Subzona 13	Pastos
Subzona 14	Pastos
Subzona 15	Pastos
Subzona 16	Pastos
Subzona 17	Pastos
Subzona 18	Pastos
Subzona 19	Pastos
Subzona 20	Pastos
Subzona 21	Pastos
Subzona 22	Pastos
Subzona 23	Pastos
Subzona 24	Cultivos permanentes
Subzona 25	Cultivos permanentes

Parámetro	Clase/valor	A	C	P	F	Limitación
Drenaje	Excesivo	3	3	2	-	w
Drenaje	Algo excesivo	2	2	2	-	w
Drenaje	Bueno	1	1	1	1	w
Drenaje	Moderado	2	2	1	1	w
Drenaje	Imperfecto	3	3	2	2	w
Drenaje	Pobre	3	-	3	3	w
Drenaje	Muy pobre	-	-	3	3	w
Salinidad	No salino: CE≤2	1	1	1	1	l
Salinidad	Muy ligera: 2<CE≤4	2	2	1	1	l
Salinidad	Ligera: 4<CE≤8	3	2	2	2	l
Salinidad	Moderada: 8<CE≤16	3	3	3	3	l
Salinidad	Fuerte: CE>16	-	-	-	-	l
Inundación	Sin riesgo	1	1	1	1	i
Inundación	Ligera	2	2	1	1	i
Inundación	Moderada	3	-	2	2	i
Inundación	Severa	-	-	-	3	i
Inundación	Extrema	-	-	-	-	i
Erosión hídrica	Muy ligera	1	1	1	1	e
Erosión hídrica	Ligera	1	1	1	1	e
Erosión hídrica	Moderada	2	2	2	2	e
Erosión hídrica	Severa	-	-	3	3	e
Erosión hídrica	Extrema	-	-	-	-	e
Microrelieve	Plano	1	1	1	1	e
Microrelieve	Ondulado suave	2	2	2	2	e
Microrelieve	Ondulado	3	3	3	3	e
Microrelieve	Microaccidentado	-	-	3	3	e
Pendiente larga	0-2	1	1	1	1	e
Pendiente larga	2-4	1	1	1	1	e
Pendiente larga	4-8	2	1	1	1	e
Pendiente larga	8-15	3	2	2	1	e
Pendiente larga	15-25	-	3	2	2	e
Pendiente larga	25-50	-	3	3	2	e
Pendiente larga	50-75	-	-	-	3	e
Pendiente larga	>75	-	-	-	-	e
Pedregosidad	Libre o ligeramente pedregoso	1	1	1	1	s
Pedregosidad	Moderadamente pedregoso	2	1	1	1	s
Pedregosidad	Pedregoso	-	2	2	2	s
Pedregosidad	Muy pedregoso	-	-	3	3	s
Pedregosidad	Extremadamente pedregoso	-	-	-	-	s
Fragmentos rocosos	Libre	1	1	1	1	s
Fragmentos rocosos	Ligeramente	2	1	1	1	s
Fragmentos rocosos	Moderadamente	3	2	2	1	s
Fragmentos rocosos	Fuertemente	-	3	3	2	s
Fragmentos rocosos	Muy fuertemente	-	-	3	3	s
Profundidad efectiva	≥50 cm	1	1	1	1	s
Profundidad efectiva	25-50 cm	2	3	2	2	s
Profundidad efectiva	<25 cm	-	-	3	3	s
Textura	G	3	3	2	1	s
Textura	MG	2	2	2	1	s
Textura	M	1	1	1	1	s
Textura	MF	2	2	1	2	s
Textura	F	3	3	3	1	s
Fertilidad natural	Alta	1	1	1	1	s
Fertilidad natural	Media	2	2	2	1	s
Fertilidad natural	Baja	3	3	3	2	s
Clima	Valor digitado 1-3	1	2	3	Según dato	c

ANEXO N° V. PARÁMETROS EDÁFICOS Y DE VEGETACIÓN

1. Topografía o relieve

Símbolo	Pendiente corta (%)	Denominación
A	0–4	Plana
B	4–8	Moderada
C	8–15	Inclinada
D	15–25	Empinada
E	25–50	Muy empinada
F	50–75	Muy empinada
G	>75	Extremadamente empinada

Símbolo	Pendiente larga (%)	Denominación
A	0–2	Plana
B	2-4	Ligeramente inclinada
C	4–8	Moderadamente inclinada
D	8–15	Fuertemente inclinada
E	15–25	Moderadamente empinida
F	25–50	Empinada
G	50–75	Muy empinada
	>75	Extremadamente empinada

Microrelieve

Símbolo	Clase	Descripción	Pendiente larga (%)
1	Plano	Sin elevaciones	0-15%
2	Ondulado suave	Elevaciones suaves	15-30%
3	Ondulado	Elevaciones marcadas	30-45%
4	Microaccidentado	Elevaciones fuertes	>45%

2. Profundidad efectiva del suelo

Profundidad (cm)	Clase
<25	Muy superficial
25–50	Superficial
50–100	Moderadamente profundo
100–150	Profundo
>150	Muy profundo

3. Textura

Símbolo	Grupo	Textura
G	Gruesa	Arena (A)
G	Gruesa	Arena franca (AF)
MG	Moderadamente gruesa	Franco arenosa (FA)
M	Media	Franca (F)
M	Media	Franca limosa (FL)
M	Media	Limo (L)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillosa (FAr)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillo arenosa (FArA)
MF	Moderadamente fina	Franco arcillo limosa (FArL)
F	Fina	Arcillo arenosa (ArA)
F	Fina	Arcillo limosa (ArL)
F	Fina	Arcilla (Ar)

4. Fragmentos rocosos

Símbolo	Fragmentos rocosos	Descripción
0	Libre	Contiene menos del 5 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo
1	Ligeramente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene menos del 15 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo
2	Moderadamente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene 15 a 35 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo
3	Fuertemente (gravoso, guijarroso y/o pedregoso)	Contiene 35 a 60 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo
4	Muy fuertemente (gravoso, guijarroso y/o guijarroso)	Contiene más de 60 % de fragmentos rocosos por volumen de suelo.

5. Pedregosidad superficial

Símbolo	Clase	Descripción
0	Libre a ligeramente pedregoso	No interfiere con la labranza. Las piedras o pedrejones cubren entre 0.01 y 0.1 % de la superficie. Las piedras ocasionales se encuentran a distanciamiento mayores a 20 m.
1	Moderadamente Pedregoso	Presencia de piedras que dificultan la labranza. Requieren de labores de despedrego para cultivos transitorios. Las piedras o pedrejones cubren entre 0.1 y 3 % de la superficie. Las piedras se distancian entre 3 y 20 m.
2	Pedregoso	Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir cultivos transitorios, pero permiten la siembra de cultivos perennes. Las piedras o pedrejones cubren entre 3 y 15 % de la superficie. Las piedras se distancian entre 1 y 3 m.
3	Muy Pedregoso	Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir toda posibilidad de cultivo económico, pero permite el pastoreo o extracción de madera. Las piedras o pedrejones cubren entre 15 y 50 % de la superficie. Las piedras se distancian entre 0.5 y 1 m.
4	Extremadamente pedregoso	Presencia de piedras en cantidad suficiente para impedir todo uso económico inclusive ganadero y producción forestal. Las piedras o pedrejones cubren entre 50 y 90 % de la superficie. Las piedras se distancian menos de 0.5 m.

6. Drenaje (w)

Símbolo	Clase de drenaje	Criterio adoptado con Ksat estimada
A	Excesivo	> 5.00 cm/h
B	Algo excesivo	2.00 – 5.00 cm/h
C	Bueno	0.60 – < 2.00 cm/h
D	Moderado	0.30 – < 0.60 cm/h
E	Imperfecto	0.15 – < 0.30 cm/h
F	Pobre	0.05 – < 0.15 cm/h
G	Muy pobre	< 0.05 cm/h

7. pH del suelo

Rango	Clase
<3.5	Ultra ácido
3.6–4.4	Extremadamente ácido
4.5–5.0	Muy ácido
5.1–5.5	Fuertemente ácido
5.6–6.0	Moderadamente ácido
6.1–6.5	Ligeramente ácido
6.6–7.3	Neutro
7.4–7.8	Ligeramente alcalino
7.9–8.4	Moderadamente alcalino
8.5–9.0	Fuertemente alcalino
>9.0	Muy alcalino

8. Erosión hídrica

Grado de erosión	Descripción	Calificación de erosión de suelos 2014
Muy ligera	Se observa síntoma de erosión difusa que se caracter	Muy ligera
Ligera	Se observa síntomas de erosión laminar, caracterizad	Ligera
Moderada	Se observa síntomas de erosión a través de la existen	Moderada: 10–50 t/ha/año
Severa	Presencia abundante de surcos y cárcavas no corregi	Severa o alta: 50–100 t/ha/año
Extrema	Suelos prácticamente destruidos o truncados. Presen	Extrema o muy alta: >100 t/ha/año

9. Salinidad

Símbolo	Clase	CE (dS/m)
0	No salino	<2
1	Muy ligeramente salino	2–4
2	Ligeramente salino	4–8
3	Moderadamente salino	8–16
4	Fuertemente salino	>16

10. Riesgo de inundación

Símbolo	Grado	Descripción
0	Sin riesgo	Eventual
1	Ligera	Corta duración
2	Moderada	Frecuente
3	Severa	Prolongada
4	Extrema	Permanente

11. Fertilidad del suelo

Símbolo	Clase	Descripción	Materia orgánica (%)
1	Fertilidad alta	Cuando todos los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio son altos.	Mayor de 4
2	Fertilidad media	Cuando alguno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es medio, los demás son altos.	De 2 a 4
3	Fertilidad baja	Cuando por lo menos uno de los contenidos de materia orgánica, fósforo y/o potasio es bajo.	Menor de 2

Nivel	Materia orgánica (%)	Fósforo disponible (ppm)	Potasio disponible (ppm)
Bajo	Menor de 2	Menor de 7	Menor de 100
Medio	De 2 a 4	De 7 a 14	100 - 240
Alto	Mayor de 4	Mayor de 14	Mayor de 240

12. Dominancia de vegetación

Área basal (m^2/ha	Valor
<1.0	3
1.0–2.0	2
>2.0	1

13. Clima

Clave	Zona de vida	Tipos climáticos	A	C	P	F	X
1	dd-PT, dd-S, dd-MBS, dd-Tc, ds-T, ds-PT, ds-S, ds-MBS, ds-Tc, dp-PT, dp-S, dp-MBT, dp-MBS, dp-Tc	Árido - Cálido	1(r)	1(r)	-	-	-
2	md-T, md-PT, md-S, md-BT, md-MBS, md-Tc, mte-T, mte-PT, mte-S	Árido - Templado cálido, Semiárido - Templado cálido	1(r)	1(r)	3(t)	-	-
3	da-MT, da-MS, da-MTc, dp-MS, dp-MTc, md-MT, md-MS, md-MTc	Árido - Templado cálido	2(r)	-	3(t)	-	-
4	ee-MBT, ee-MBS	Semiárido - Templado cálido	2(r)	3(r)	2(t)	-	-
5	e-MT, e-MS	Semiárido - Semifrío	3	-	2	-	-
6	ph-SaT, ph-SaS, pmh-SaT, pmh-SaS, pp-SaT, pp-SaS, pps-SaS	Húmedo - Semifrígido	-	-	2	-	-
7	th-AS, th-ATc, tmh-AS, tp-AT, tp-AS, dse-SaS, dse-SaTc, md-SaT, md-SaS, md-SaTc	Húmedo - Frígido	-	-	3	-	-
8	bms-T, bs-PT, bs-S	Subhúmedo - Cálido	1(r)	1(r)	2(t)	-	-
9	bs-MBT, bs-MBS	Subhúmedo - Templado	2(r)	2(r)	2(t)	3	-
10	bh-MT, bh-MS	Húmedo - Semifrío	2	-	1	3	-
11	bs-T, bh-PT, bh-S	Subhúmedo - Cálido	1	1	1	1	-
12	bh-MBT, bh-MBS	Húmedo - Templado	2	2	1	1	-
13	bmh-MT, bmh-MS	Húmedo - Semifrío	3	-	2	2	-
14	bh-T, bmh-PT, bmh-S, bmh-MBT, bmh-MBS	Muy húmedo - Cálido	2	2	2	1	-
15	bp-MBT, bp-MBS, bp-MT, bp-MS, bps-MBS, bps-MS	Muy húmedo - frío	3	-	3	2	-
16	bmh-T, bp-PT, bp-S, bps-S	Muy húmedo - Cálido	3	3	3	2	-

Anexo 6. Hoja de cálculo del número de curva

Cálculo del Número de Curva (CN-II) - Subcuenca San Mateo

Resultado prin	Valor
Área total proce	620.85
CN ponderado c	74.16
Retención poter	88.49
Abstracción inic	17.70

Interpretación	
CN-II corregido	74.16
Rango esperado	74 - 81
Condición	Dentro del rango esperado
Uso recomendado	Usar este valor como CN-II compuesto para AMC/ARC II

Resumen por us	Área (ha)	Participación	Área x CN	medio ponderado
Cultivos permane	125.35	20.19%	9103.92	72.63
Pastos	281.44	45.33%	20754.20	73.74
Producción fores	85.02	13.69%	5800.16	68.22
Protección	129.04	20.78%	10385.75	80.49

Resumen por gr	Área (ha)	Participación	Área x CN	medio ponderado
A	490.96	79.08%	35326.49	71.95
B	119.36	19.23%	9777.89	81.92
C	10.53	1.70%	939.07	89.21
D	0.01	0.00%	0.58	92.00

Cálculo de contr	Valor
Área total (ha)	620.85
Suma área x CN	46044.03
CN control	74.16

Matriz de selección de CN-II adoptada

Uso/CUM en	Clase CN adoptada	Tratamiento o condición	A	B	C	D	Justificación técnica
Protección	Residencial 1/8 acre o menos	65% impermeable / no disponible	77	85	90	92	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
Producción forestal	Cultivos densos / prados	Filas rectas, condición pobre	66	77	85	89	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
Cultivos permanentes	Tierra cultivada general	Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
Pastos	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
0	Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.60	85	50.97	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
1	Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.16	77	12.24	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
2	Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.17	77	13.02	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
3	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.05	81	4.34	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
4	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.74	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
5	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	10.97	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
6	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.26	81	20.76	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
7	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.08	81	6.75	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
8	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	5.06	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
9	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	8.21	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
10	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	7.82	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
11	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.34	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
12	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	8.22	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
13	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	4.75	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
14	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.12	81	9.48	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
15	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.07	81	5.77	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
16	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.10	81	7.83	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
17	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	5.11	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
18	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.15	81	12.38	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
19	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.03	81	2.57	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
20	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	0.09	72	6.55	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
21	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.18	81	14.54	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
22	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.06	81	4.80	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
23	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	1.62	72	116.64	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
24	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.14	81	11.00	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
25	Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.31	85	26.56	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
26	Protección	D (< 1.3 mm/h)	D	0.01	92	0.58	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
27	Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	5.47	85	465.27	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
28	Protección	C (1.3–3.8 mm/h)	C	8.87	90	797.86	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
29	Protección	A (> 7.6 mm/h)	A	48.72	77	3751.15	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
30	Protección	B (3.8–7.6 mm/h)	B	35.41	85	3009.87	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.
31	Producción forestal	C (1.3–3.8 mm/h)	C	0.74	85	63.02	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
32	Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.68	77	360.24	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
33	Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	15.44	66	1018.95	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
34	Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	40.46	66	2670.03	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
35	Producción forestal	C (1.3–3.8 mm/h)	C	0.92	85	78.20	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
36	Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	9.12	77	702.15	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
37	Producción forestal	A (> 7.6 mm/h)	A	13.14	66	867.26	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
38	Producción forestal	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.20	77	15.04	Cultivos densos / prados	Se adoptó una condición intervenida, no bosque bueno, porque la CUM expresa aptitud de uso y en el mapa de uso actual se observa mezcla de cobertura vegetal, pastos y áreas intervenidas. Si se asumiera bosque denso bueno, el CN sería menor y no representaría la generación de escorrentía observada.
39	Protección	A (> 7.6 mm/h)	A	29.66	77	2283.50	Residencial 1/8 acre o menos	Se adoptó la fila residencial de 65% impermeable porque la clase Protección incluye área urbana consolidada y/o superficies con limitada infiltración efectiva. Es coherente con sectores con viviendas, veredas, pavimentos y patios endurecidos.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
40	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	21.16	72	1523.51	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
41	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.18	81	176.86	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
42	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	13.66	72	983.65	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
43	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.93	81	237.44	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
44	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	13.43	72	967.08	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
45	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	11.74	72	845.31	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
46	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	21.63	72	1557.49	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
47	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	12.67	81	1026.66	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
48	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	14.01	72	1008.45	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
49	Cultivos permanentes	B (3.8–7.6 mm/h)	B	3.12	81	253.05	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
50	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	25.57	72	1841.23	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
51	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	2.50	81	202.43	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
52	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	13.80	72	993.53	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
53	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.84	81	391.69	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
54	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	22.36	72	1609.86	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
55	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	0.21	81	17.02	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
56	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.69	72	913.43	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
57	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.32	72	887.34	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
58	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	31.78	72	2288.41	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
59	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	30.69	72	2209.52	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
60	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	11.11	72	800.10	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
61	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	34.04	72	2450.63	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
62	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	7.98	81	646.73	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
63	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	6.14	72	442.31	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
64	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	11.27	81	913.15	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
65	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	20.92	72	1506.39	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
66	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	4.16	81	337.05	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
67	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	12.39	72	891.86	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
68	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	2.11	72	152.19	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.

Cálculo corregido por subárea

FID	Uso/CUM	Grupo hidrológico	HSG	Área (ha)	CN	Área x CN	Criterio de selección	Justificación
69	Cultivos permanentes	A (> 7.6 mm/h)	A	10.06	72	724.22	Tierra cultivada general	Se seleccionó tierra cultivada general sin conservación por corresponder a áreas agrícolas/permanentes sin evidencia cartográfica de prácticas conservacionistas generalizadas.
70	Pastos	A (> 7.6 mm/h)	A	0.22	72	15.88	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
71	Pastos	B (3.8–7.6 mm/h)	B	9.22	81	746.99	Agrícola-pastizal / pastizal intervenido	Se evitó usar pastizal bueno porque el mapa de uso actual muestra mosaicos agrícola-pastizal y pastos intervenidos. Se adoptó el valor de tierra cultivada general sin conservación como criterio conservador para reflejar compactación, cobertura discontinua y mayor escorrentía.
			TOTAL / CN ponderado	**620.85**		**46044.03**		

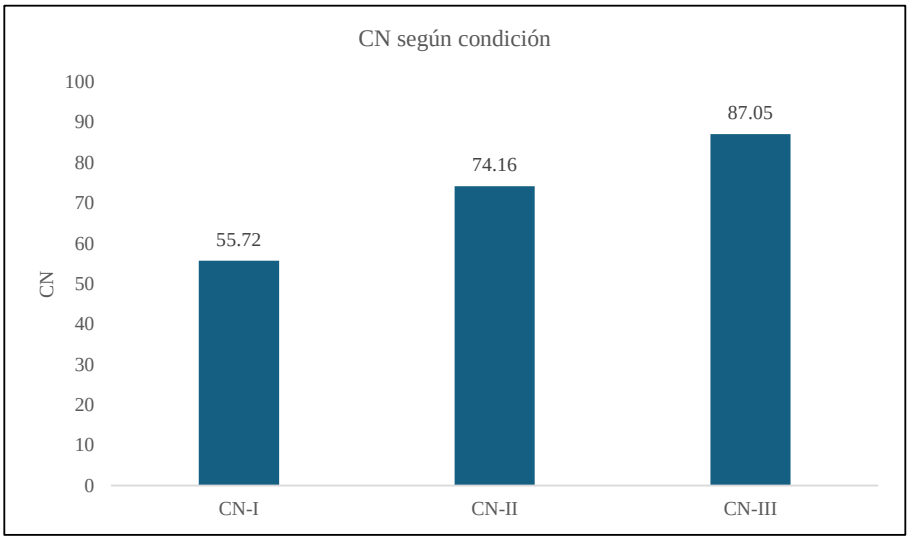
cálculo original y cálculo corregido

Escenario	CN ponderado	S (mm)	Ia=0.2S (mm)
CN ponderado	74.16	88.49	17.70

FID	Uso/CUM	HSG	CN corregido
0	Protección	B	85
1	Producción forestal	B	77
2	Producción forestal	B	77
3	Cultivos permanentes	B	81
4	Cultivos permanentes	B	81
5	Pastos	B	81
6	Pastos	B	81
7	Cultivos permanentes	B	81
8	Pastos	B	81
9	Pastos	B	81
10	Pastos	B	81
11	Cultivos permanentes	B	81
12	Pastos	B	81
13	Pastos	B	81
14	Pastos	B	81
15	Pastos	B	81
16	Pastos	B	81
17	Cultivos permanentes	B	81
18	Pastos	B	81
19	Pastos	B	81
20	Pastos	A	72
21	Pastos	B	81
22	Pastos	B	81
23	Pastos	A	72
24	Pastos	B	81
25	Protección	B	85
26	Protección	D	92
27	Protección	B	85
28	Protección	C	90
29	Protección	A	77
30	Protección	B	85
31	Producción forestal	C	85
32	Producción forestal	B	77
33	Producción forestal	A	66
34	Producción forestal	A	66
35	Producción forestal	C	85
36	Producción forestal	B	77
37	Producción forestal	A	66
38	Producción forestal	B	77
39	Protección	A	77
40	Cultivos permanentes	A	72
41	Cultivos permanentes	B	81
42	Cultivos permanentes	A	72
43	Cultivos permanentes	B	81
44	Cultivos permanentes	A	72
45	Pastos	A	72

46	Cultivos permanentes	A	72
47	Pastos	B	81
48	Pastos	A	72
49	Cultivos permanentes	B	81
50	Cultivos permanentes	A	72
51	Pastos	B	81
52	Pastos	A	72
53	Pastos	B	81
54	Pastos	A	72
55	Pastos	B	81
56	Pastos	A	72
57	Pastos	A	72
58	Pastos	A	72
59	Pastos	A	72
60	Cultivos permanentes	A	72
61	Pastos	A	72
62	Pastos	B	81
63	Pastos	A	72
64	Pastos	B	81
65	Pastos	A	72
66	Pastos	B	81
67	Pastos	A	72
68	Pastos	A	72
69	Cultivos permanentes	A	72
70	Pastos	A	72
71	Pastos	B	81

Condición antecedente	**Descripción**	**CN**	**Interpretación**
CN-I	Condición seca	55.72	Menor generación de escorrentía
CN-II	Condición promedio	74.16	Condición promedio adoptada
CN-III	Condición húmeda	87.05	Mayor generación de escorrentía



Tablas del número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
Barbecho	CR	Pobre	76	85	90	93
Barbecho	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineado	R	Pobre	72	81	88	91
Cultivos alineado	R	Buena	67	78	85	89
Cultivos alineado	R + CR	Pobre	71	80	87	90
Cultivos alineado	R + CR	Buena	64	75	82	85
Cultivos alineado	C	Pobre	70	79	84	88
Cultivos alineado	C	Buena	65	75	82	86
Cultivos alineado	C + CR	Pobre	69	78	83	87
Cultivos alineado	C + CR	Buena	64	74	81	85
Cultivos alineado	C + T	Pobre	66	74	80	82
Cultivos alineado	C + T	Buena	62	71	78	81
Cultivos alineado	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
Cultivos alineado	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
Cultivos no aline	R	Pobre	65	76	84	88
Cultivos no aline	R	Buena	63	75	83	87
Cultivos no aline	R + CR	Pobre	64	75	83	86
Cultivos no aline	R + CR	Buena	60	72	80	84
Cultivos no aline	C	Pobre	63	74	82	85
Cultivos no aline	C	Buena	61	73	81	84
Cultivos no aline	C + CR	Pobre	62	73	81	84
Cultivos no aline	C + CR	Buena	60	72	80	83
Cultivos no aline	C + T	Pobre	61	72	79	82
Cultivos no aline	C + T	Buena	59	70	78	81
Cultivos no aline	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
Cultivos no aline	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
Cultivos densos	R	Pobre	66	77	85	89
Cultivos densos	R	Buena	58	72	81	85
Cultivos densos	C	Pobre	64	75	83	85
Cultivos densos	C	Buena	55	69	78	83
Cultivos densos	C + T	Pobre	63	73	80	83
Cultivos densos	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o past	-	Pobres	68	79	86	89
Pastizales o past	-	Regulares	49	69	79	84
Pastizales o past	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
Pastizales	C	Regulares	25	59	75	83
Pastizales	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permaner	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbaz	-	Pobres	48	67	77	83
Matorral-herbaz	-	Regulares	35	56	70	77
Matorral-herbaz	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación arl	-	Pobres	57	73	82	86
Combinación arl	-	Regulares	43	65	76	82
Combinación arl	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con past	-	Pobres	45	66	77	83
Montes con past	-	Regulares	36	60	73	79
Montes con past	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	Muy pobre	56	75	86	91
Bosques	-	Pobre	46	68	78	84
Bosques	-	Regular	36	60	70	76

Tablas del número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	A	B	C	D
Bosques	-	Buena	26	52	63	69
Bosques	-	Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierr	-	-	72	82	87	89
Caminos con firr	-	-	74	84	90	92

Nota. Tablas del número de curva (Martínez et al., 2026). https://www.oasification.com/tablasden.htm?utm_source=

Números de curva de escorrentía para usos selectos en suelos agrícolas, urbanos y suburbanos. Condiciones antecedentes de humedad AMC II, Ia = 0.2 S

Descripción del uso de la tierra	Detalles de la descripción	Tratamiento o uso	Condición hidrológica	A	B	C	D
Tierra cultivada	baldío	filas rectas	no aplicable	77	86	91	94
	general	sin tratamientos de conservación	no disponible	72	81	88	91
	cultivos en filas	filas rectas	pobre	72	81	88	91
			bueno	67	78	85	89
		en contorno	pobre	70	79	84	88
			bueno	65	75	82	86
		en contorno y terraza	pobre	66	74	80	82
			bueno	62	71	78	81
	general	con tratamientos de conservación	no disponible	62	71	78	81
	granos pequeños	filas rectas	pobre	65	76	84	88
			bueno	63	75	83	87
		en contorno	pobre	63	74	82	85
			bueno	61	73	81	84
		en contorno y terraza	pobre	61	72	79	82
			bueno	59	70	78	81
	grano cerrado	filas rectas	pobre	66	77	85	89
			bueno	58	72	81	85
	grano cerrado: legumbres o praderas de rotación	en contorno	pobre	64	75	83	85
			bueno	55	69	78	83
		en contorno y terraza	pobre	63	73	80	83
			bueno	51	67	76	80
Pastizales o campo de animales	—	—	pobre	68	79	86	89
	—	—	aceptable	49	69	79	84
	—	—	bueno	39	61	74	80
	—	en contorno	pobre	47	67	81	88
	—		aceptable	25	59	75	83
	—		bueno	6	35	70	79
Vegas de ríos y praderas	—	—	bueno	30	58	71	78

Tablas del número de curva

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición hidrológica	A	B	C	D	
Bosques	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	—	pobre	45	66	77	83
	—	—	aceptable	36	60	73	79
	—	—	bueno	25	55	70	77
Haciendas	—	—	—	59	74	82	86
Calles y carreteras	—	pavimentados con cunetas y alcantarillados[1]	no disponible	95	95	95	95
	—	superficie dura	no disponible	74	84	90	92
	—	grava	no disponible	76	85	89	91
	—	tierra	no disponible	72	82	87	89
Áreas abiertas	césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	—	Bueno, cubierto de pasto 75%+	39	61	74	80
Áreas abiertas		—	aceptable, cubierto de pasto 50%-75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios	—	85% impermeables	no disponible	89	92	94	95
Distritos industriales	—	72% impermeables	no disponible	81	88	91	93
Residencial	1/8 acre o menos	65% impermeable	no disponible	77	85	90	92
	1/4 acre	38% impermeable	no disponible	61	75	83	87
	1/3 acre	30% impermeable	no disponible	57	72	81	86
	1/2 acre	25% impermeable	no disponible	54	70	80	85
	1 acre	20% impermeable	no disponible	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.	—	—	no disponible	95	95	95	95

Nota. Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233 (Cahuana y Yugar, 2009).

Anexo 7. Análisis de precipitaciones y caudales de la subcuenca

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

ESTACIÓN: CHOTA

Ubicación Política:

Región : Cajamarca
Distrito : Chota
Periodo : 1973-2025
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 32' 49.6"
Longitud: 78° 38' 55.06"
Altitud : 2468 msnm

Precipitación Máxima en 24 Horas (mm).

Nº REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1	1973	16	17.2	11.7	24.6	30.3	15.7	36	23.3	36.6	24.2	19.4	24.7	36.6
2	1974	15.6	30.2	19.8	15	10	16.7	3.2	15.2	14.6	13.6	16.8	16.9	30.2
3	1975	18.7	9.5	19.1	21	15.5	13.2	7.4	7	62	16	44.4	6.7	62
4	1976	36.5	27	41	14	9.8	34.5	3	6	2.5	28	21	22.5	41
5	1977	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	8.6	3.4	6.8	3.3	34	27.7	23	34
6	1978	19.1	11.3	8.1	22.7	11.7	0.4	6.7	3.3	31.3	23.3	47.2	21	47.2
7	1979	16.4	13.3	34.8	25.5	32.5	2.6	14.2	20.3	32.7	23.3	26.5	11.3	34.8
8	1980	14.8	11.6	14.9	12	12.2	6	S/D	S/D	30.2	S/D	17.2	24	30.2
9	1981	16	34.2	35	24	17.3	19.9	9.2	11	0.4	22	23	22.4	35
10	1982	10	19.5	27.5	16.5	21.3	6.6	S/D	S/D	18.5	11.1	11.6	17.8	27.5
11	1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	15	3	S/D	7.5	10	32.5	18.5	32.5
12	1995	4.5	23.4	17	19.8	9.3	11.7	7	27.8	36	0	12	32	36
13	1996	7.8	17.6	19.5	18.5	14.5	23.6	S/D	28.3	24.6	23.2	22.5	16.1	28.3
14	1997	17.1	34.7	45.2	24.6	23.7	8.6	S/D	S/D	11.8	15.9	16.3	30.6	45.2
15	1998	11.4	74.3	21	28.3	30	2.6	0.7	13.9	13.3	32	13.1	18.6	74.3
16	1999	38.4	48.2	28.4	24.7	34	23.7	4.3	2.6	15	20.4	39.4	27.5	48.2
17	2000	26.2	30.8	7.7	32.2	23.7	24.3	5.4	3.3	35.6	11.4	32.1	26	35.6
18	2001	24.3	17.6	26.8	32.8	14.4	8.8	3.4	S/D	17.4	16	30.6	35.9	35.9
19	2002	14	20.3	46.7	47	30.7	3.9	5.1	1.2	16.4	29.3	39	22.8	47
20	2003	26.3	60.7	25.2	29.7	6.7	21.9	1	4.7	28.5	19.7	28	31	60.7
21	2004	25.6	16	30.8	16.6	38.6	0.5	17.1	0.8	18.7	57	52.5	16.7	57
22	2005	8.6	S/D	38.3	25	8.4	14.9	0.8	4.2	17.8	32.9	28.2	23.8	38.3
23	2006	61.8	28	33.1	29.8	6.4	16.9	16.2	14.9	31.2	22.5	27.4	32.7	61.8
24	2007	21.5	11.1	33.7	32.7	26.6	0.7	16.6	9.7	6	20.4	24.4	19.8	33.7
25	2008	26.3	59.1	38.4	25.2	26.2	10.6	4.4	8.2	30.9	26	19.9	24.2	59.1
26	2009	S/D	34.2	49	38.1	36.5	13.4	2.7	0.8	16.7	21.6	24	33.3	49
27	2010	21.6	51.9	47.1	54.2	28.7	14.8	13.9	7.2	10.8	44	15.7	24.1	54.2
28	2011	17	18.1	26.2	23.2	15.7	0.7	13.6	8	27.9	31.4	14.9	23.4	31.4
29	2012	36.7	19.7	21.3	32.5	19.4	8.5	S/D	1	3.9	21.8	44.1	15.9	44.1
30	2013	40.2	23	33.2	19.2	29.4	7.4	1.2	24.6	4.4	33.1	17.1	24.4	40.2
31	2014	10.1	34.6	46.8	17.3	25.9	4.2	7.2	8.6	33.6	13.1	27	25.9	46.8
32	2015	24.1	26.5	39	37.2	24.1	2	9.1	2	5.3	19.3	19.2	6.7	39
33	2016	22.8	17.4	35.9	37.8	13.2	4.9	2.5	1.3	21.5	8.3	15.8	18.6	37.8
34	2017	13.2	21.5	41.4	21.5	33.3	10.3	1.7	41.4	16.9	26.9	19.2	18.8	41.4
35	2018	25.8	22.4	15.9	38.1	28.6	6.5	4.5	0.2	44.4	52.7	44.9	10.9	52.7
36	2019	14.4	35.8	22	35	11.9	11.8	5.2	0.3	2.3	25.9	22.6	23.8	35.8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

ESTACIÓN: CHOTA

Ubicación Política:

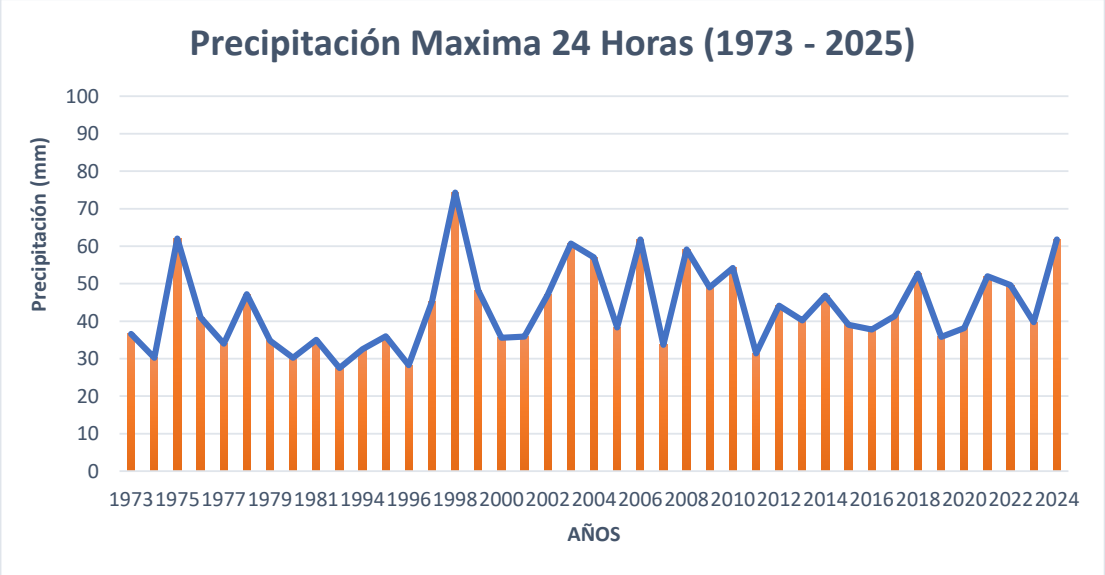
Región : Cajamarca
Distrito : Chota
Periodo : 1973-2025
Provincia : Chota

Ubicación Geográfica:

Latitud: 6° 32' 49.6"
Longitud: 78° 38' 55.06"
Altitud : 2468 msnm

37	2020	15.7	15.8	32.5	36.3	29.2	38.2	22.8	3.7	25.8	9.6	38.2	38.2	38.2
38	2021	23.4	44	28.1	35.7	26	21.5	3.5	22.5	8.7	52	24.1	20.7	52
39	2022	12.4	35.5	49.6	27.7	14.9	28.4	19.1	10.6	16.8	27.1	18.5	23.6	49.6
40	2023	36.3	21.4	39.5	33.2	24.9	10.3	5.5	7.2	21.6	18.3	39.7	32	39.7
41	2024	34	39.9	29.3	61.8	24.5	18.6	5.7	24.6	12.3	30.5	15	24.2	61.8
42	2025	23.8	39.1	54.2	35	12.9	22.7	4.2	SN	SN	SN	SN	SN	54.2

74.3



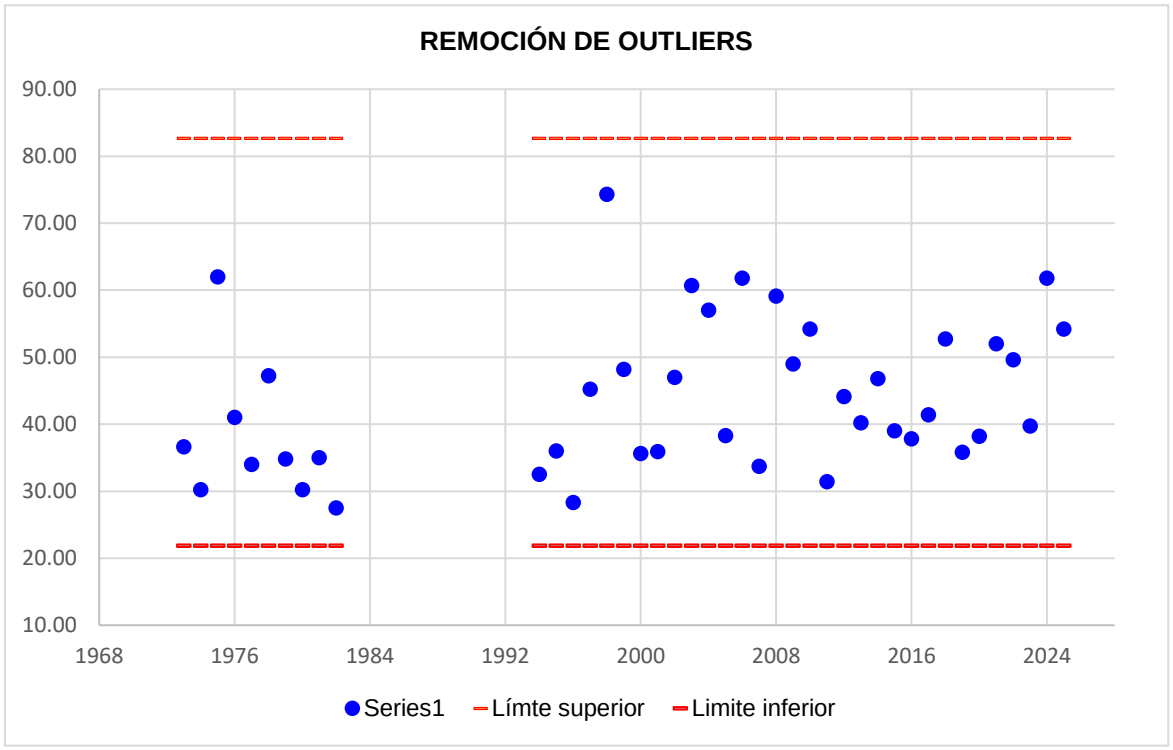
PRUEBA DE DATOS DUDOSOS

Año	Precipitación Histórica máx 24h	Log
1973	36.60	1.56
1974	30.20	1.48
1975	62.00	1.79
1976	41.00	1.61
1977	34.00	1.53
1978	47.20	1.67
1979	34.80	1.54
1980	30.20	1.48
1981	35.00	1.54
1982	27.50	1.44
1994	32.50	1.51
1995	36.00	1.56
1996	28.30	1.45
1997	45.20	1.66
1998	74.30	1.87
1999	48.20	1.68
2000	35.60	1.55
2001	35.90	1.56
2002	47.00	1.67
2003	60.70	1.78
2004	57.00	1.76
2005	38.30	1.58
2006	61.80	1.79
2007	33.70	1.53
2008	59.10	1.77
2009	49.00	1.69
2010	54.20	1.73
2011	31.40	1.50
2012	44.10	1.64
2013	40.20	1.60
2014	46.80	1.67
2015	39.00	1.59
2016	37.80	1.58
2017	41.40	1.62
2018	52.70	1.72
2019	35.80	1.55
2020	38.20	1.58
2021	52.00	1.72
2022	49.60	1.70
2023	39.70	1.60
2024	61.80	1.79
2025	54.20	1.73

82.6	21.9	1.9	1.3
82.6	21.9	1.9	1.3
82.6	21.9	1.9	1.3

ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS (OUTLIERS)

Para el registro de precipitaciones máximas en 24 horas en la estación Chota se ha evaluado la consistencia mediante la prueba de datos dudosos (Outliers), recomendado por Water Resources Council.



ESTA FORMULA ES DE UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE 5%

Número de registros	42	
Precipitación media	43.81	
Precipitación máx	74.30	
Precipitación mínima	27.50	
Desviación estándar de la muestra	11.11	
Media de logaritmos de registros	1.63	
Desviación estándar de logaritmos de registros	0.11	
Coeficiente al nivel de significación de 5% (Kn)	2.70	
Logaritmo del límite superior	1.92	
Logaritmo de límite inferior	1.34	
Limite superior	82.64	**Ok**
Límite inferior	21.870	**Ok**

CORRECCIÓN DE PRECIPITACIÓN

Precipitación máxima de 24 horas (mm)

Factor correción : 1.13

	Año	Precipitación Histórica máx 24h	Pmáx 24 horas corregido
1	1973	36.60	41.36
2	1974	30.20	34.13
3	1975	62.00	70.06
4	1976	41.00	46.33
5	1977	34.00	38.42
6	1978	47.20	53.34
7	1979	34.80	39.32
8	1980	30.20	34.13
9	1981	35.00	39.55
10	1982	27.50	31.08
11	1994	32.50	36.73
12	1995	36.00	40.68
13	1996	28.30	31.98
14	1997	45.20	51.08
15	1998	74.30	83.96
16	1999	48.20	54.47
17	2000	35.60	40.23
18	2001	35.90	40.57
19	2002	47.00	53.11
20	2003	60.70	68.59
21	2004	57.00	64.41
22	2005	38.30	43.28
23	2006	61.80	69.83
24	2007	33.70	38.08
25	2008	59.10	66.78
26	2009	49.00	55.37
27	2010	54.20	61.25
28	2011	31.40	35.48
29	2012	44.10	49.83
30	2013	40.20	45.43
31	2014	46.80	52.88
32	2015	39.00	44.07
33	2016	37.80	42.71
34	2017	41.40	46.78
35	2018	52.70	59.55
36	2019	35.80	40.45
37	2020	38.20	43.17
38	2021	52.00	58.76
39	2022	49.60	56.05
40	2023	39.70	44.86
41	2024	61.80	69.83
42	2025	54.20	61.25

Resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov a un nivel de significancia de 5%

Estación: Chota

Distribución teórica de probabilidades	Estimación de parámetros		
	Párametros Ordinarios		
	Δ teorico	Δ tabular	Se ajustan los datos?
Normal	0.1207	0.2099	SÍ
Log-Normal de 2 parámetros	0.0828	0.2099	SÍ
Log-Normal de 3 parámetros	0.077	0.2099	SÍ
Gamma (2 parámetros)	0.0947	0.2099	SÍ
Gamma generalizado (3 parámetros)	0.7725	0.2099	NO
Log-Pearson tipo III	0.0697	0.2099	SÍ
Gumbel	0.0747	0.2099	SÍ
Log-Gumbel	0.1069	0.2099	SÍ

Fuente: Hidroesta 2

Δ teorico		
Max	**0.7725**	
Min	**0.0697**	**Log-Pearson tipo III**

Log-Pearson tipo III

Analisis de frecuencia a un nivel de confianza de 5%

Estación: Chota		
Periodo de retorno T (años)	Propabilidad de excedencia q	Precipitación correspondiente XT (mm)
2	0.500	50.71
5	0.200	58.87
10	0.1	66.25
20	0.050	73.27
30	0.033	77.30
50	0.020	82.35
80	0.013	87.00
100	0.010	89.21
140	0.007	92.55
175	0.006	94.78
200	0.005	96.08
500	0.005	105.27

Precipitación máxima de 24 horas (mm), para diferentes Tr

Subcuenca: **San Mateo**

Periodo de retorno T (años)	P Máx
2	50.7
5	58.9
10	66.3
20	73.3
30	77.3
50	82.4
80	87.0
100	89.2
140	92.6
175	94.8
200	96.1
500	105.3

CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS SUBCUENCA SAN MATEO

Método Racional Modificado

Para realizar el cálculo de los caudales punta se utiliza el Metodo Racional Modificado, al cual se aplica las variaciones propuestas por J.R Témez (MTC, 2014)

El limite de aplicación de este metodo es impuesto por el tiempo de concentración (Tc) entre 0.25 y 24 horas, y la superficie de estudio de la cuenca con área menor de 770 km2.

Para la aplicación del método se a difinido y evaluado los siguientes parametros básicos

a). Caracteristicas fisicas de a cuenca:

Área de la Cuenca	6.21	Km2
Longitud del Curso Principal	6.58	Km
Pendiente del Curso Principal	0.08	m/m

b). Tiempo de Concentración :

$$t_c = 0.3\left(\frac{L}{J^{1/4}}\right)^{0.76}$$ 2.05 horas

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración (horas).
L : Longitud del curso principal (km).
J : Pendiente media del curso principal (m/m).

c). Coeficiente de Uniformidad :

$$K = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25}+14} =$$ 1.149

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración (horas).

c). Coeficiente de Similitud :

$$K_a = 1 - \frac{\log A}{15} =$$ 0.947

Dónde:
A : Área de la Cuenca (Km2) .

d). Precipitación máxima corregida de direfentes periodo de retorno sobre la cuenca :

$$P_d' = P_d * K_a =$$

Donde:
Ka : Factor reductor

CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS SUBCUENCA SAN MATEO

Pd : Precipitación máxima (mm).
P'd : Precipitación máxima modificada en (mm).

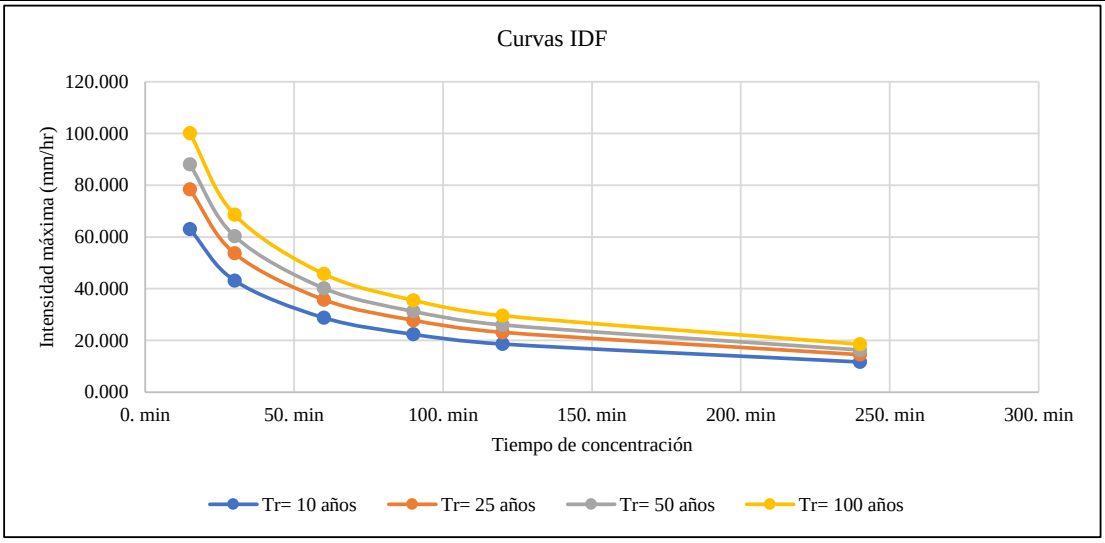
Periodo de Retorno T(años)	Probabilidad de no excedencia (P)	Pmax (mm), en Hidroesta 2, D. Normal	P'd .max (mm), Corregidas
10	0.90	66.25	62.75
50	0.98	82.35	78.00
140	0.99	92.55	87.66
500	0.998	105.27	99.70

e). Intensidad de Precipitación

$$I = \frac{P'd}{24} * (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:
P'd : Precipitación máxima modificada en (mm)
Tc: Tiempo de concentración (horas).

Periodo de Retorno T(años)	Intensidades Máximas (mm/h) para Duración en Minutos					
	15. min	30. min	60. min	90. min	120. min	240. min
10	63.048	43.165	28.759	22.377	18.611	11.673
50	78.370	53.655	35.748	27.815	23.134	14.510
140	88.077	60.300	40.176	31.261	25.999	16.307
500	100.182	68.588	45.698	35.557	29.573	18.549



f). Coeficiente de escorentia

$$C = \frac{(P_d - P_o)*(P_d + 23*P_o)}{(p_d + 11*P_o)^2}$$

Intensidades máx para Tc = 2.051 horas

Tr	Imáx
10	18.308
50	22.757
140	25.575
500	29.090

CÁLCULO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS SUBCUENCA SAN MATEO

Donde:

Pd : Precipitación máxima diaria (mm)

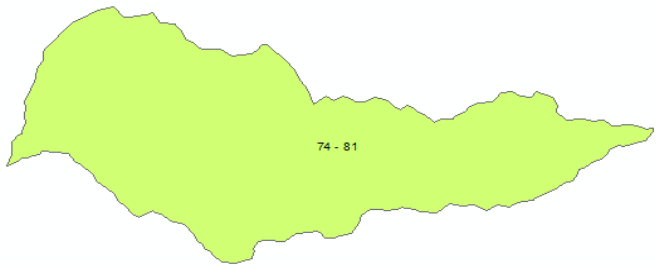
P0 : Umbral de escorentia $= \left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN : Número de curva

La subcuenca de estudio se encuentra en dos CN

	CN	Área Km2
A1=	74-81	6.21

(MTC,2014)



CN ponderado	74.2

Precipitación máxima diaria (mm) de la estacion.

Pd : 62.75 mm

Umbral de escorentia

$$P_o = \left(\frac{5000}{CN}\right) - 50 \quad 17.42$$

Coficiente de escorentia	**C**
Cprom	0.325

g). Caudales para diferentes tiempos de retorno

$$Q = \frac{CIA}{3.6} K =$$

Donde:

Q= Caudal para un periodod de retorno (m3/s)

C= Coficiente de escorentia

I= Imax horaria (mm/h)

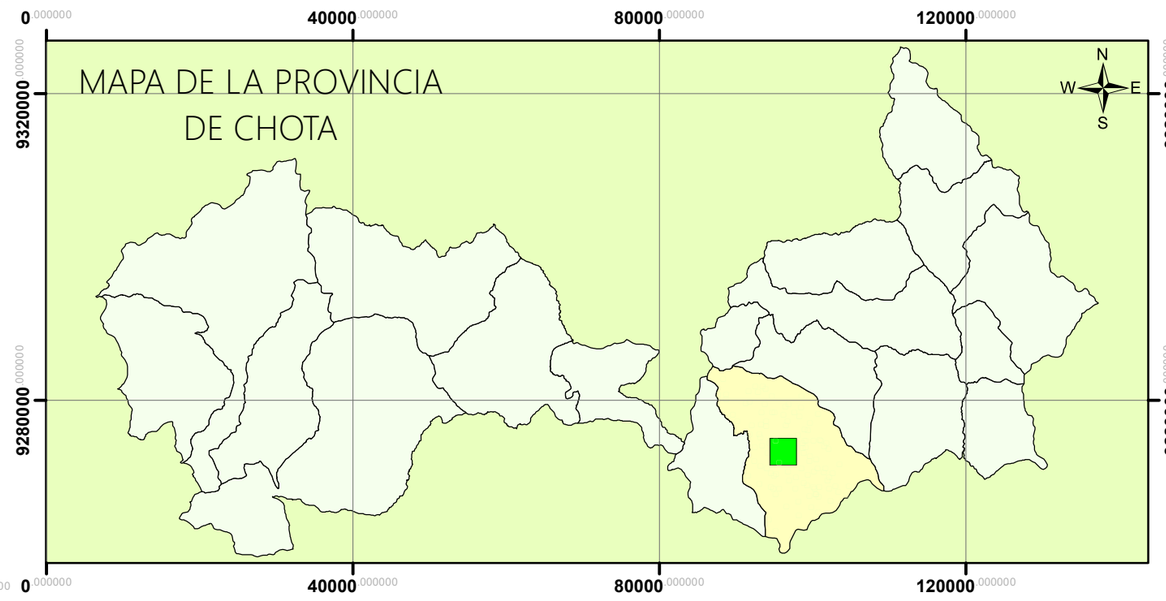
A= Área de la cuenca en (Km2)

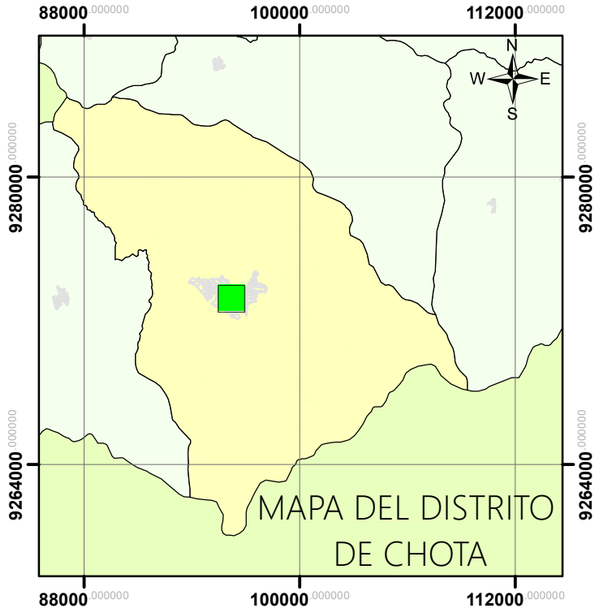
K= Coeficiente de uniformidad

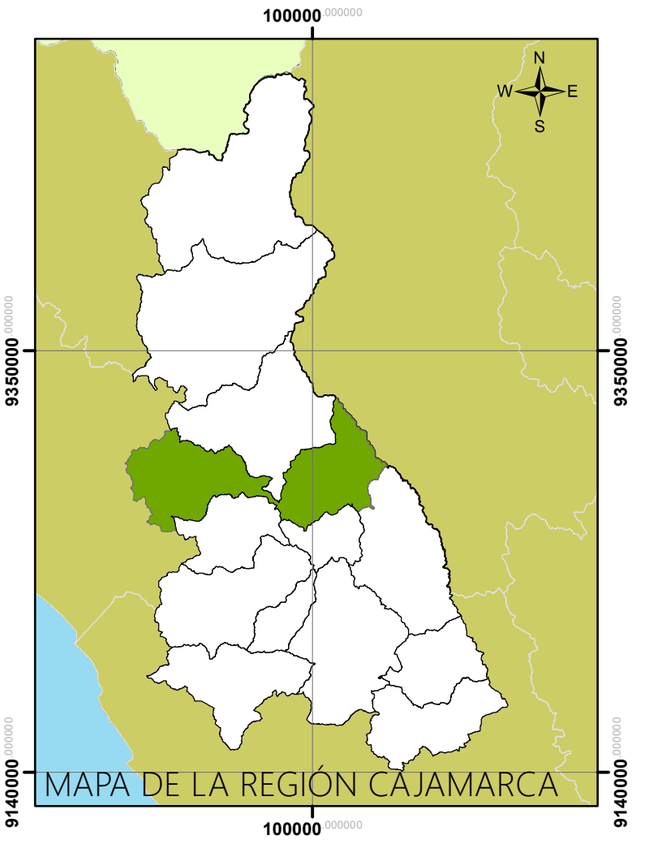
Tr	Q (m3/s)
10	11.78
50	14.64
140	16.45
500	18.71

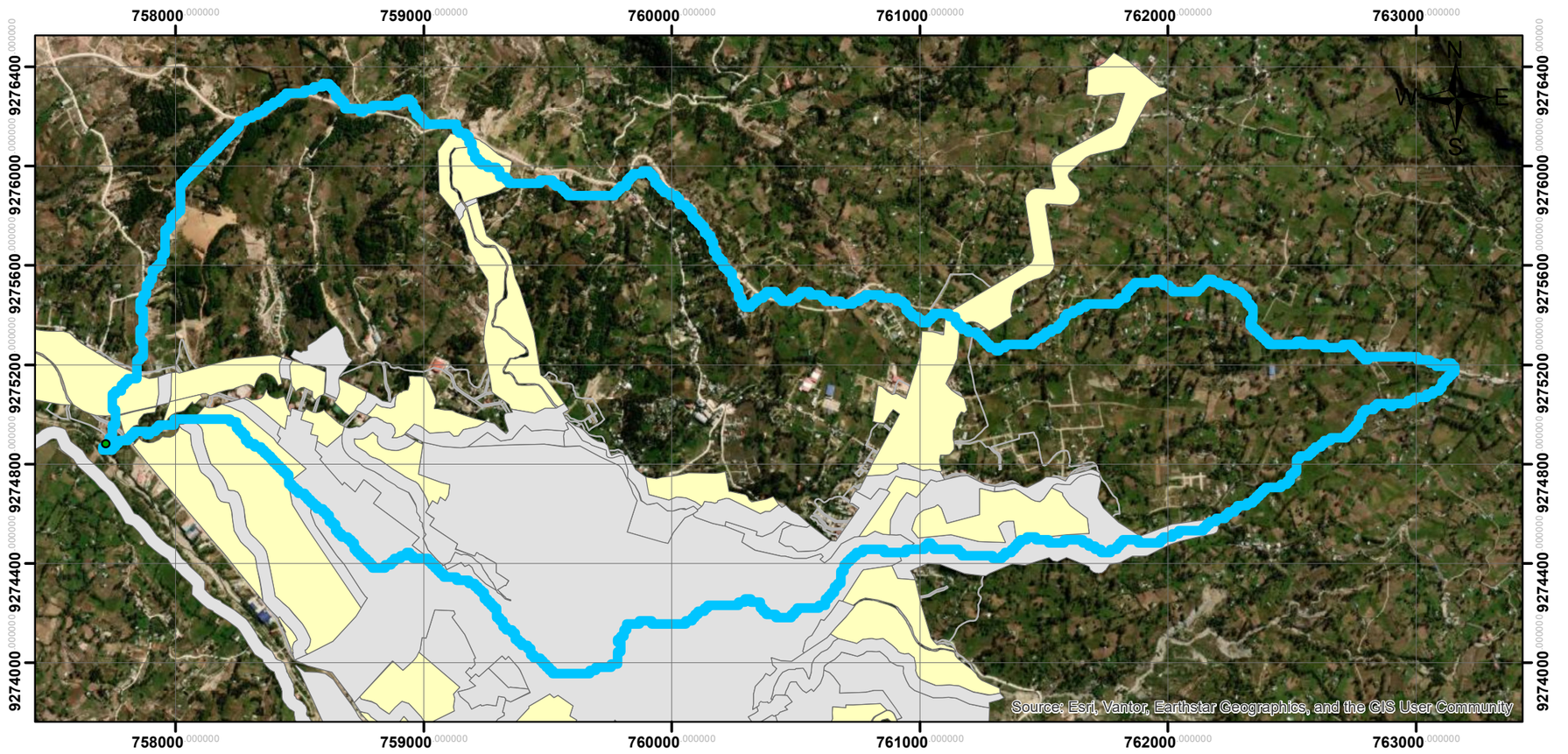
Anexo 8. Mapas











UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

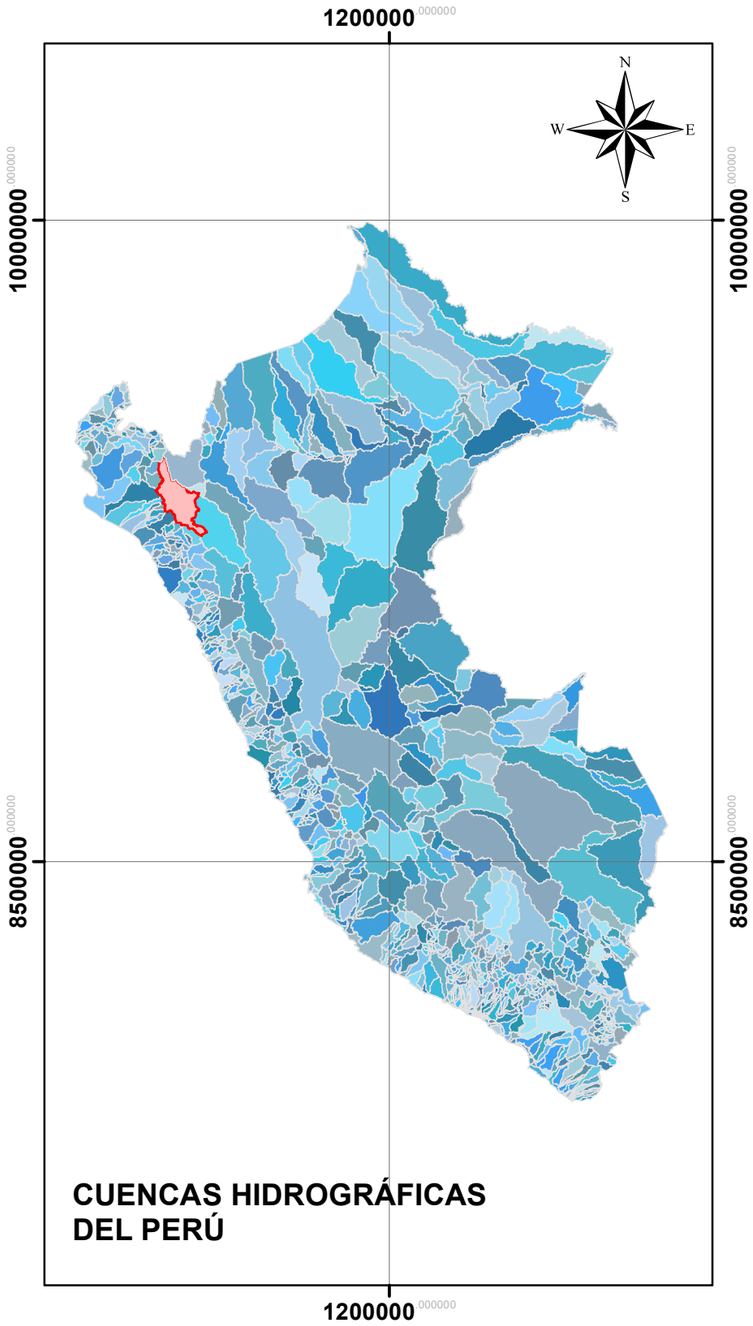
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

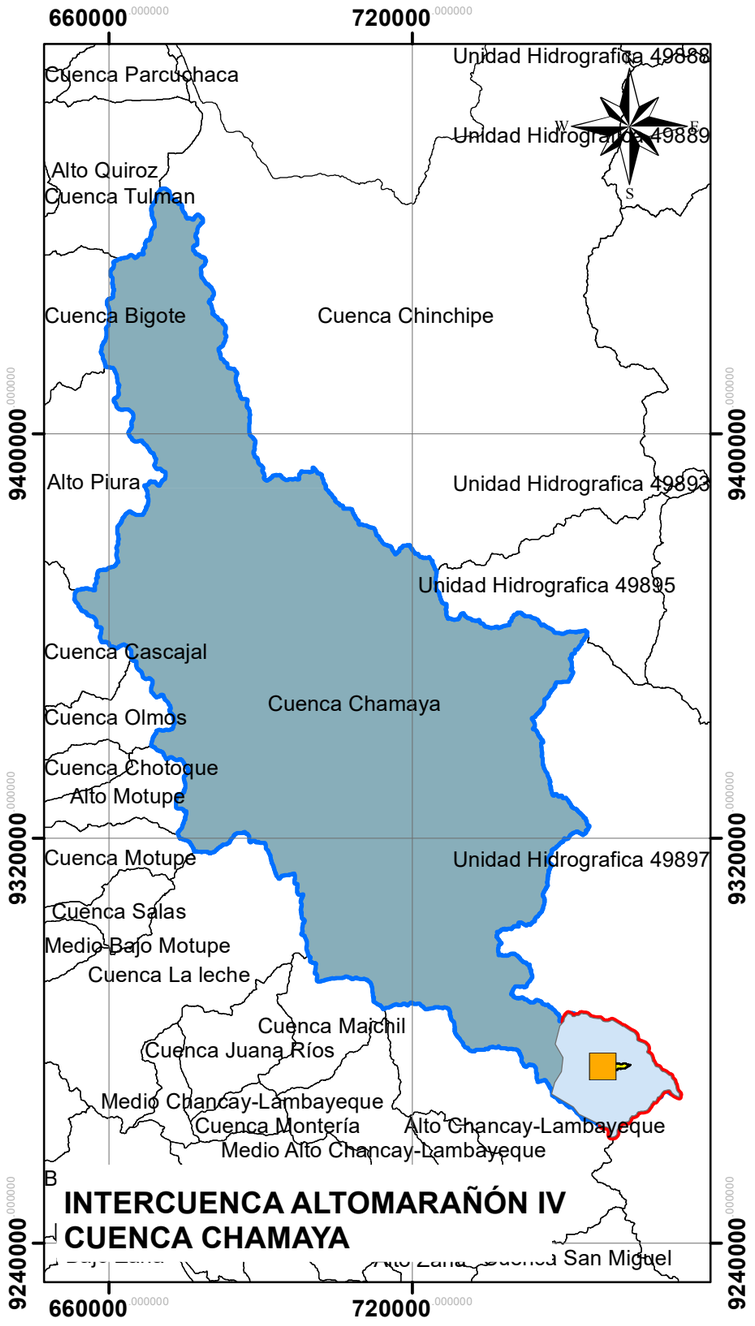
Plano: **PLANO DE UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA SAN MATEO**

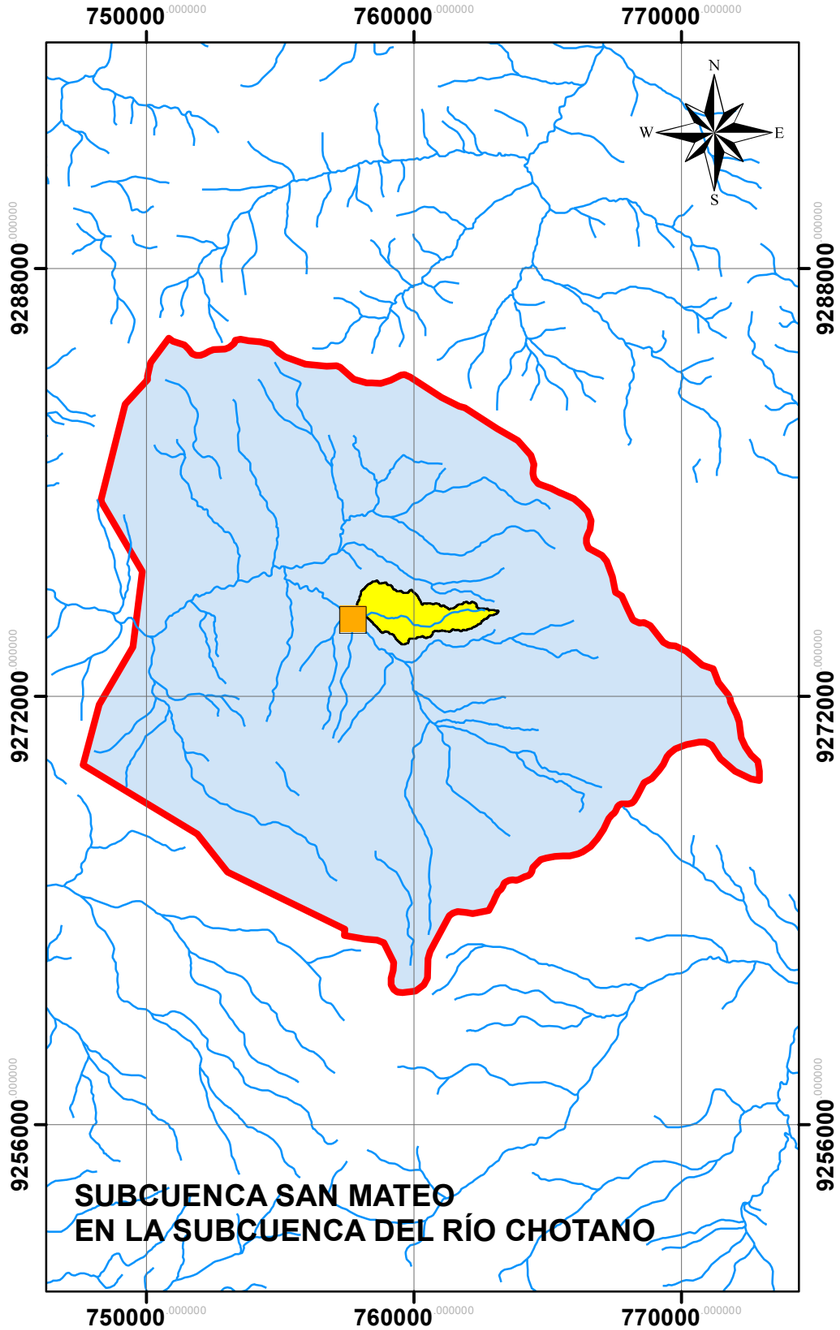
Fecha: Febrero, 2026
Escala: 1:21,648

0 0.125 0.25 0.5 0.75 1 km

Mapa: **U-1**







UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

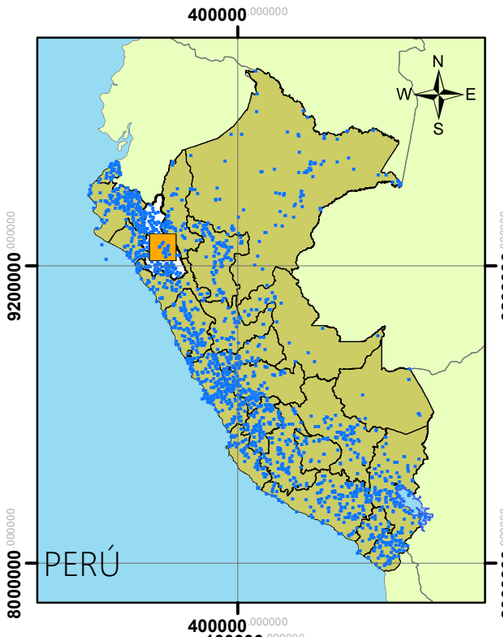
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

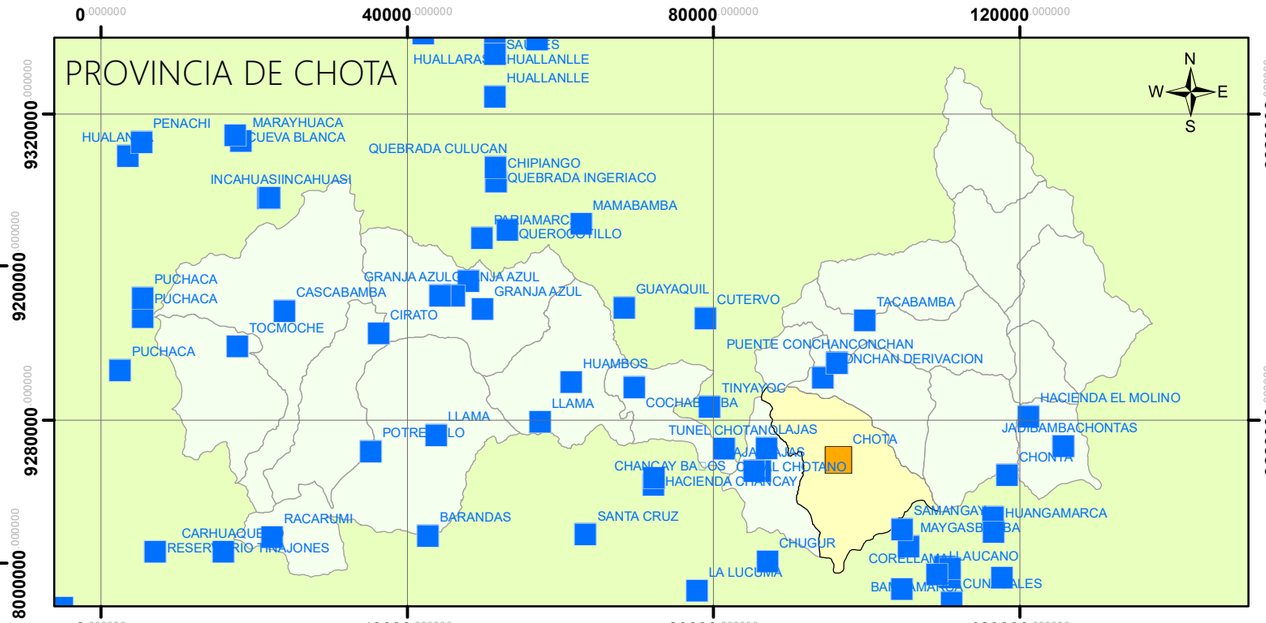
Plano: **PLANO DE UBICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LA SUBCUENCA SAN MATEO**

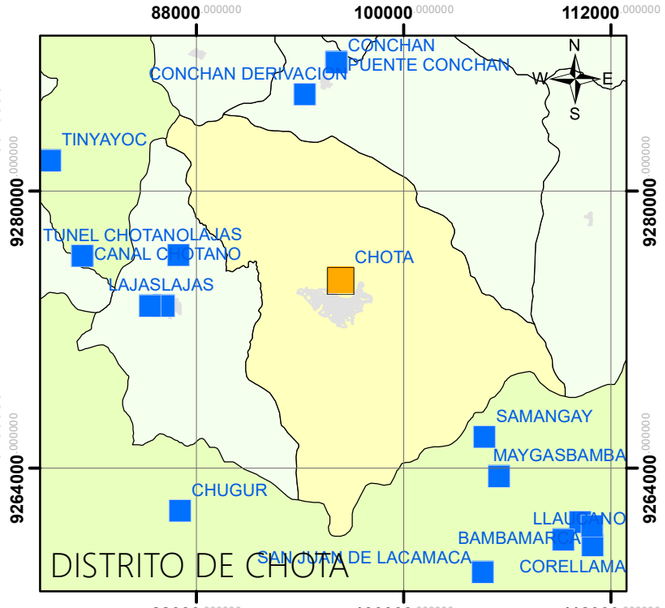
Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:1,214,137

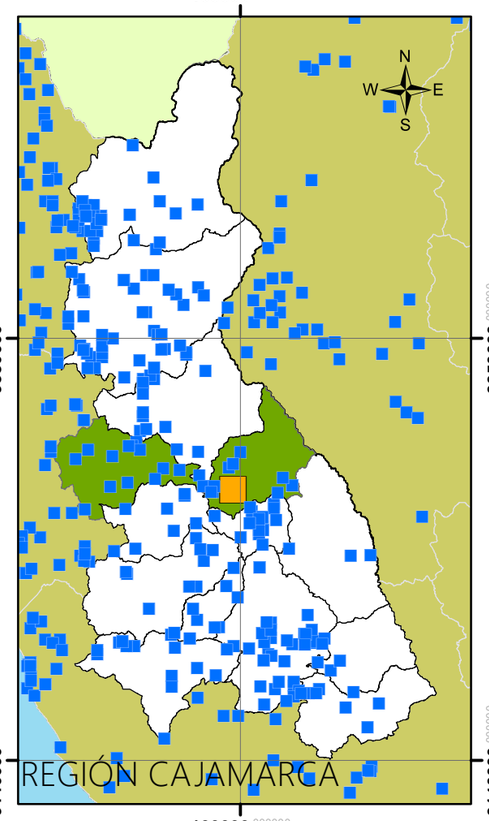
0 5 10 20 30 40 km

Mapa: **U-2**











UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

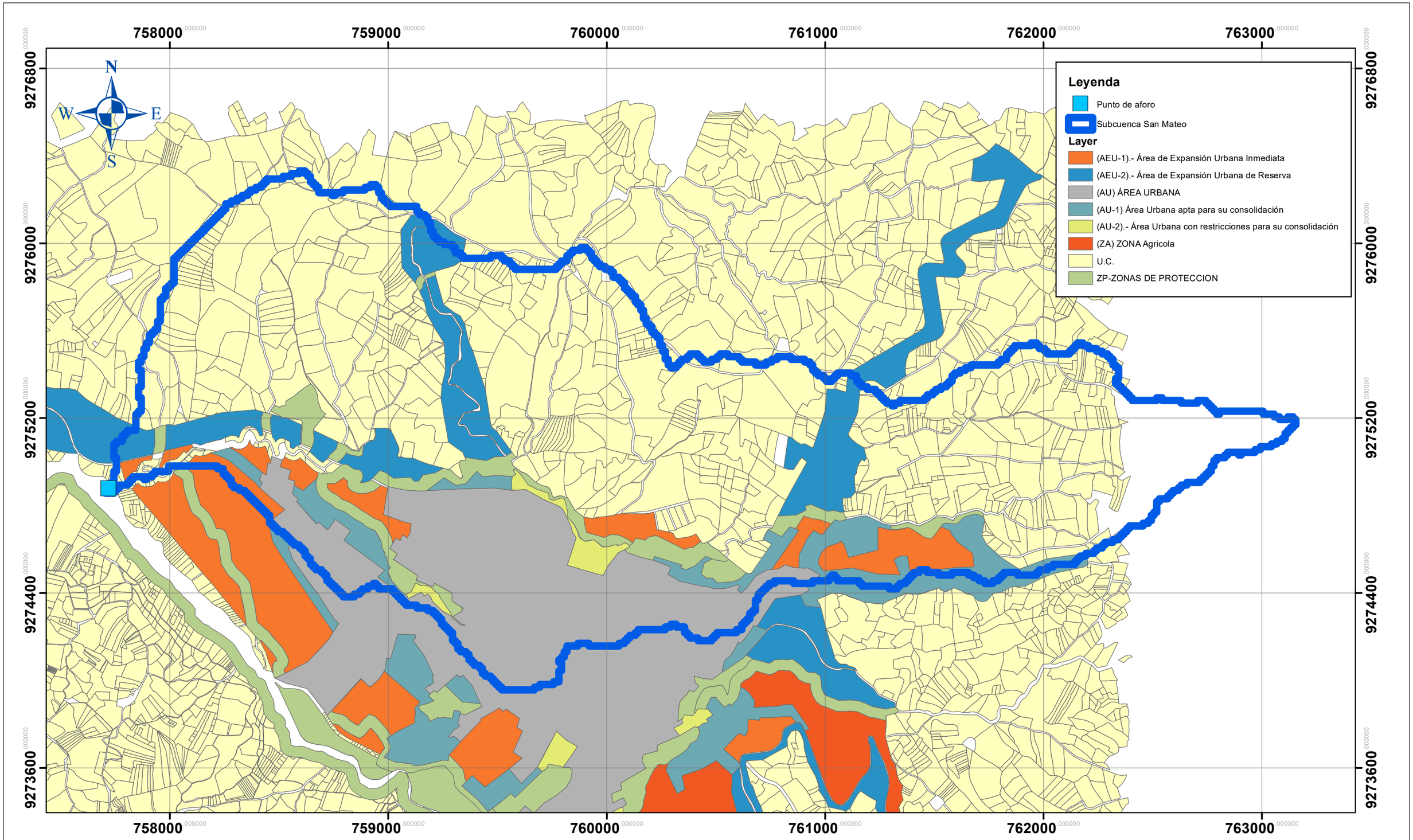
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **PLANO DE UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CHOTA**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:355,158

0 2 4 8 12 16 km

Mapa: **U-3**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

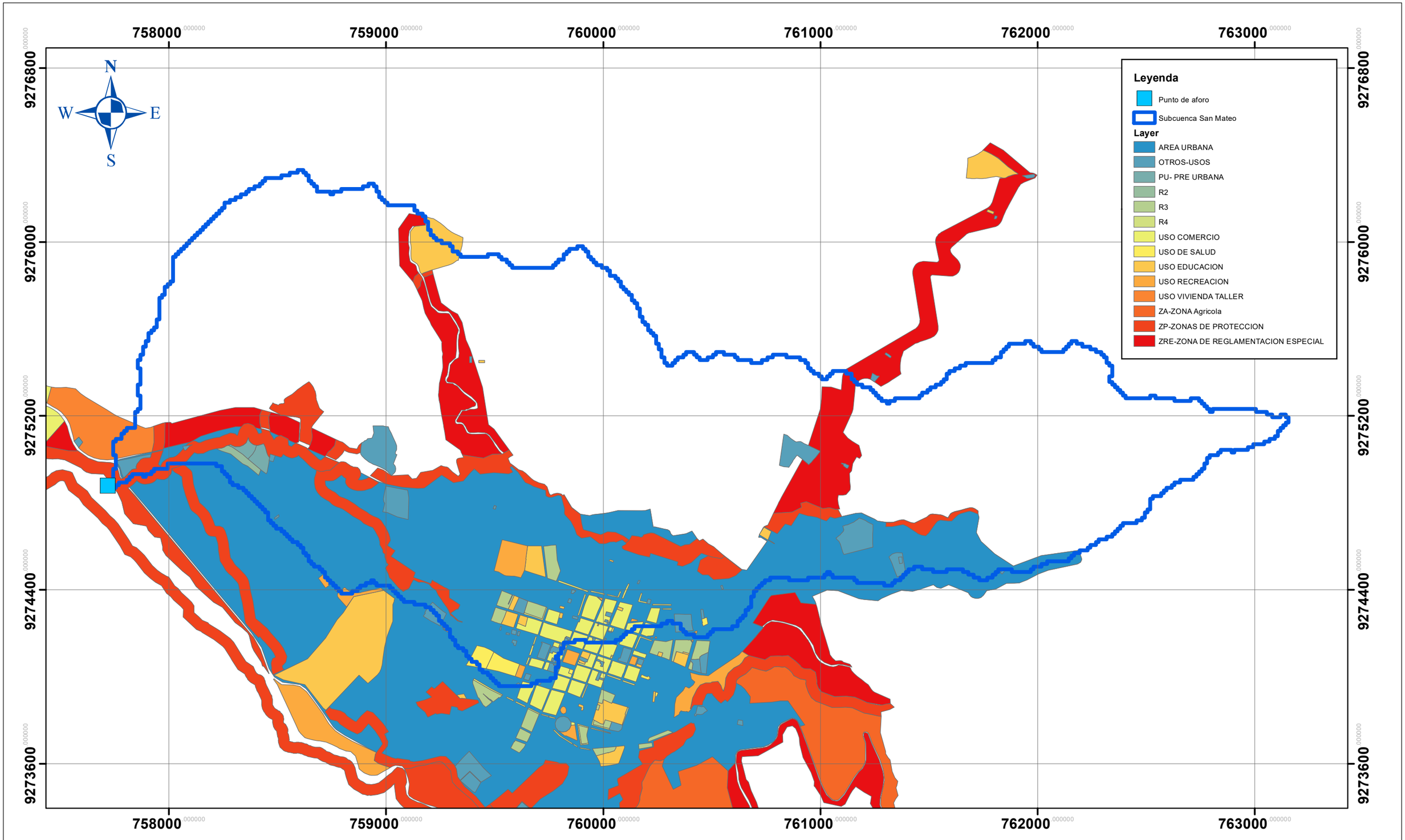
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **MAPA PU_2_PDU CHOTA ACONDICIONAMIENTO TERRITORIAL**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **PU-2**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

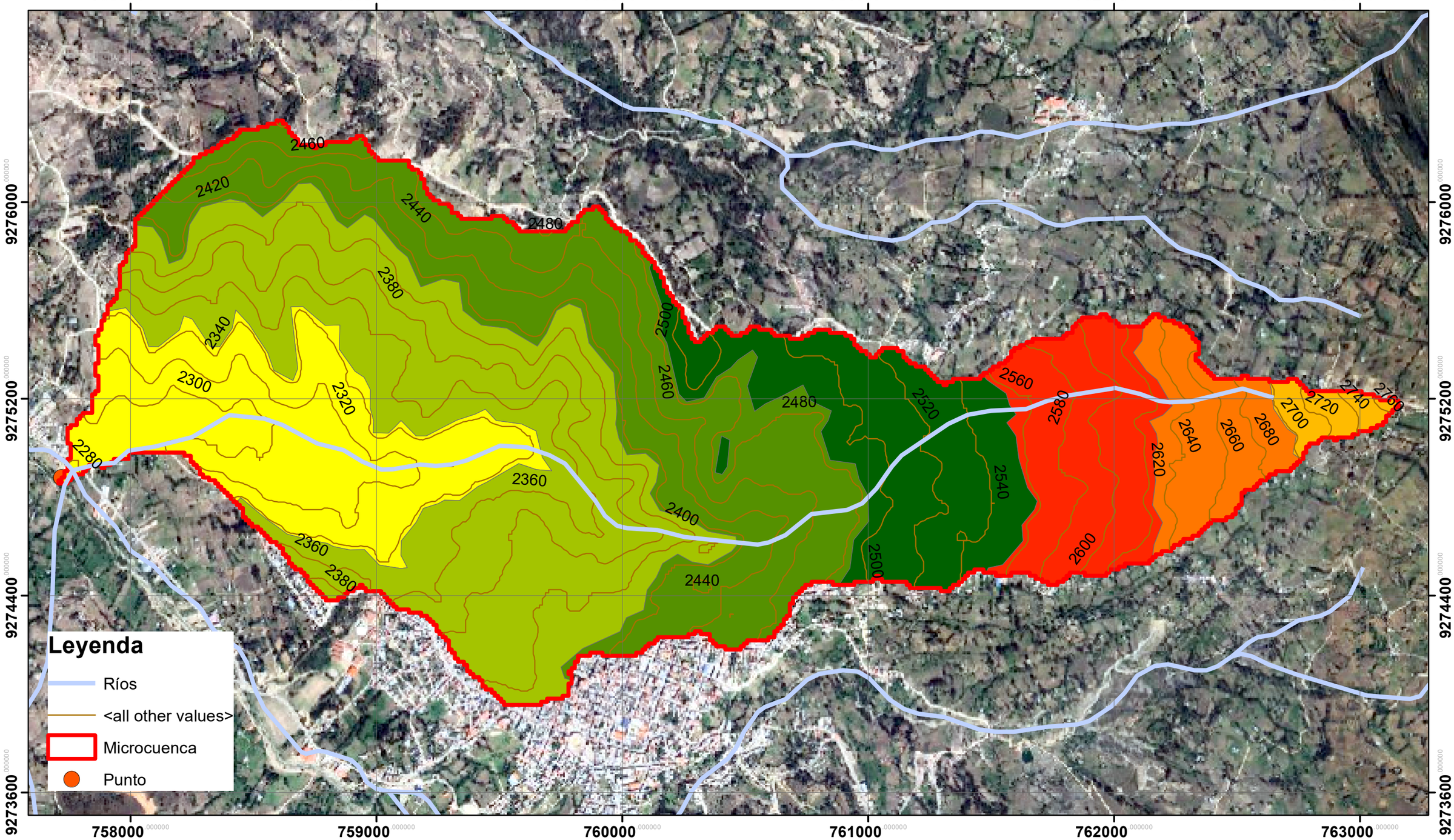
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **MAPA PU_4_PDU CHOTA ZONIFICACIÓN URBANA**

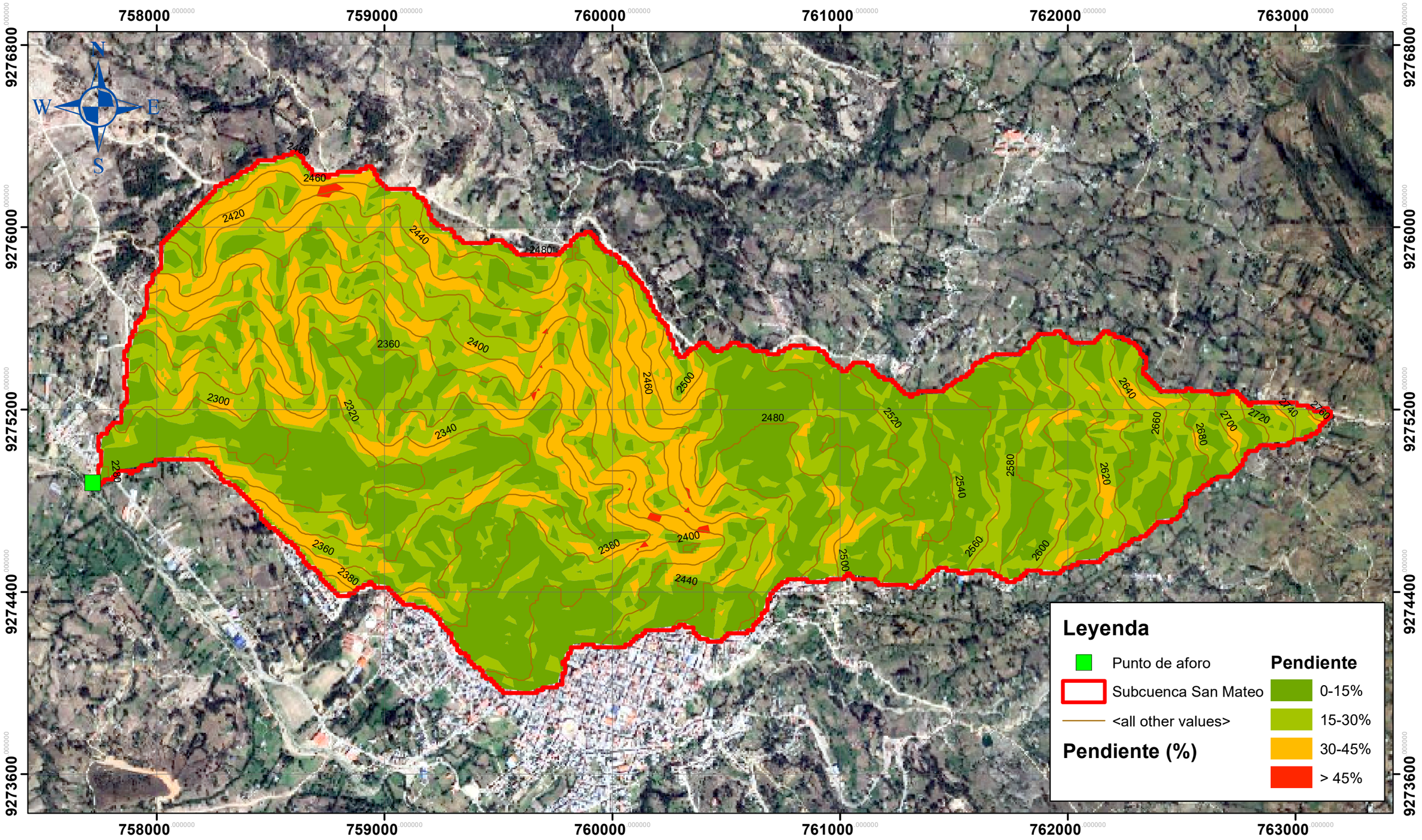
Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **PU-4**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	**Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025**	Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
	Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo José Leandro Vásquez Idrogo Asesor: Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro	Fecha: Marzo, 2026 Escala: 1:15,121 0 0.075 0.15 0.3 0.45 0.6 km
		Mapa: **C-1**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

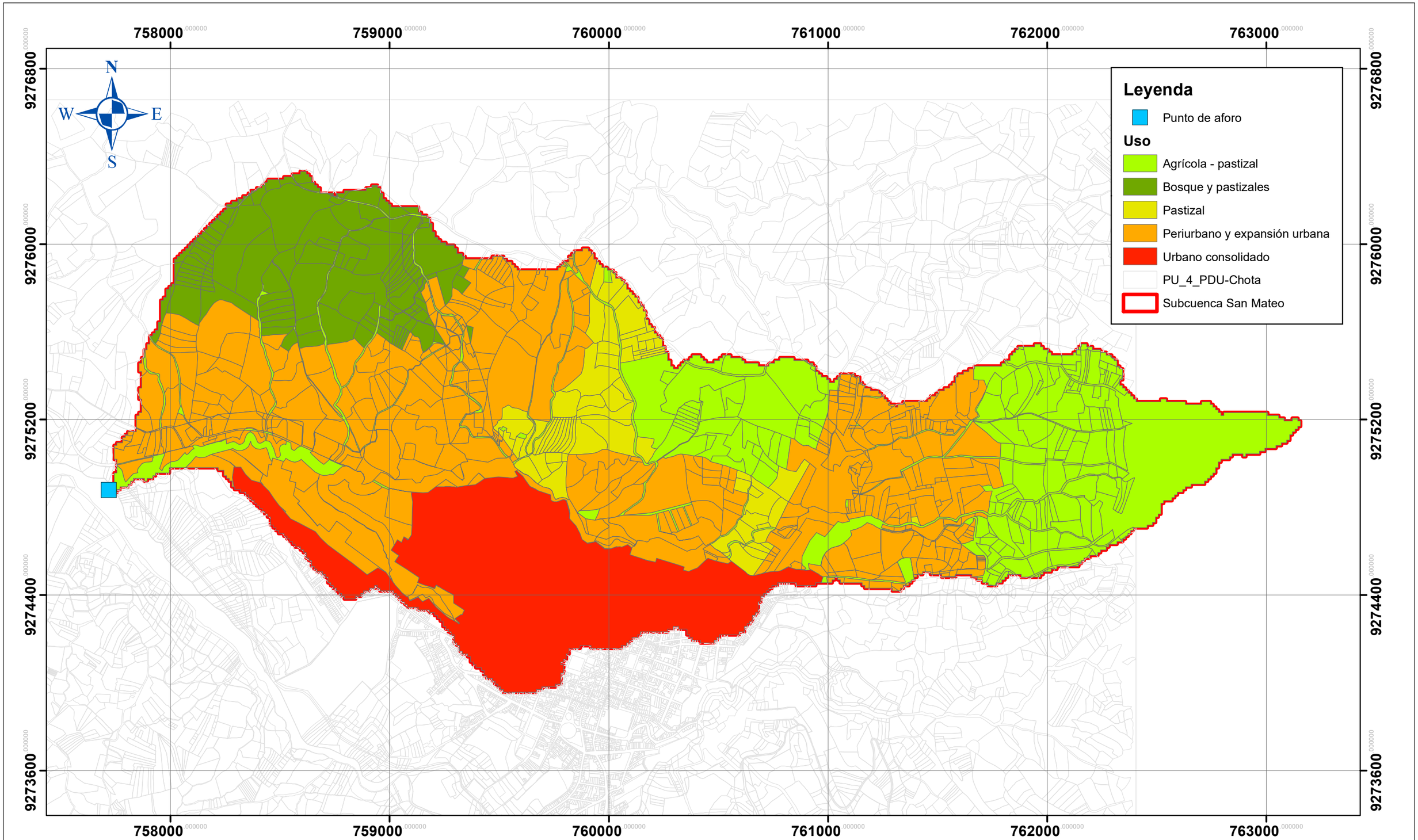
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO MAPA DE PENDIENTE**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-1**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

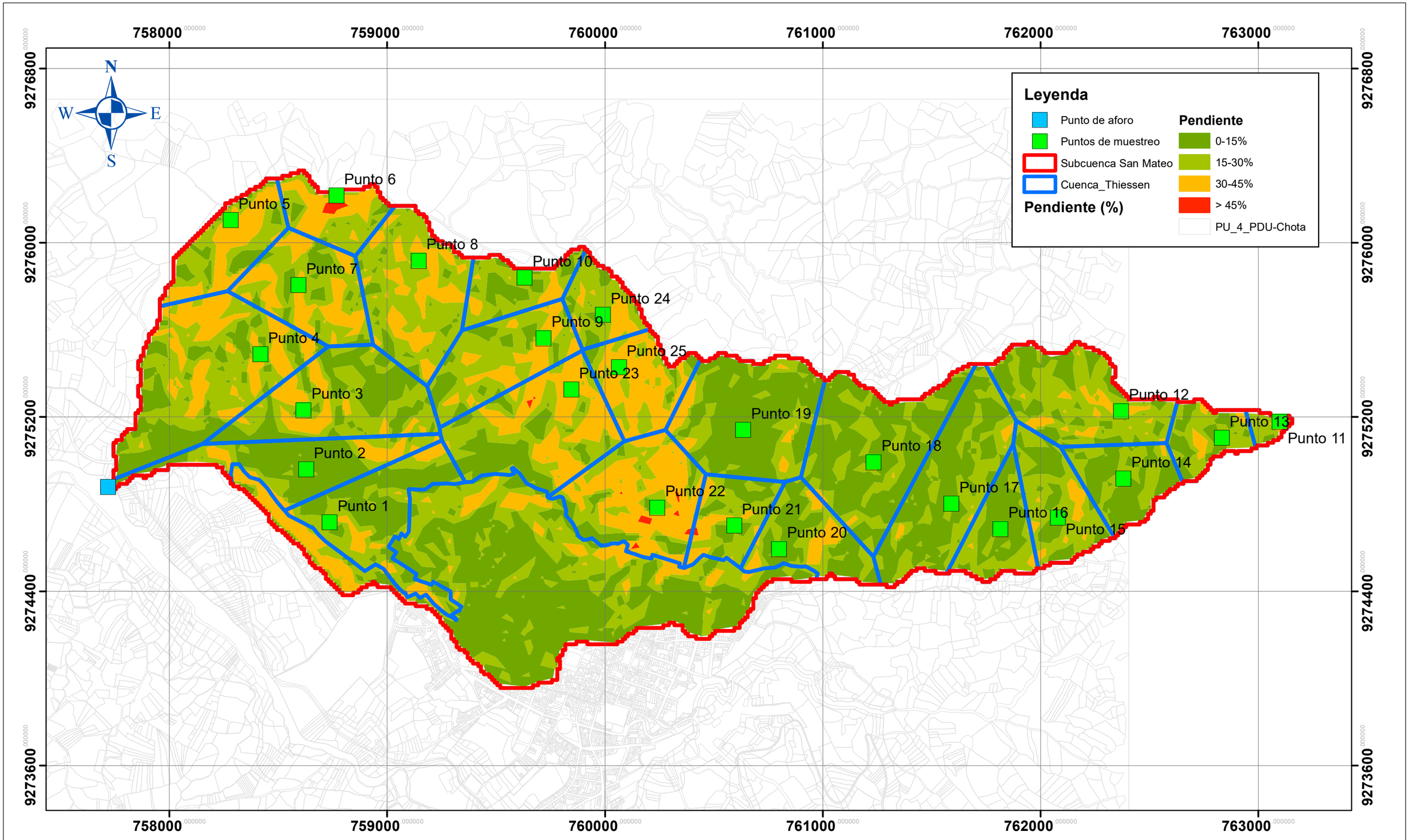
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE USO DEL SUELO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-2**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

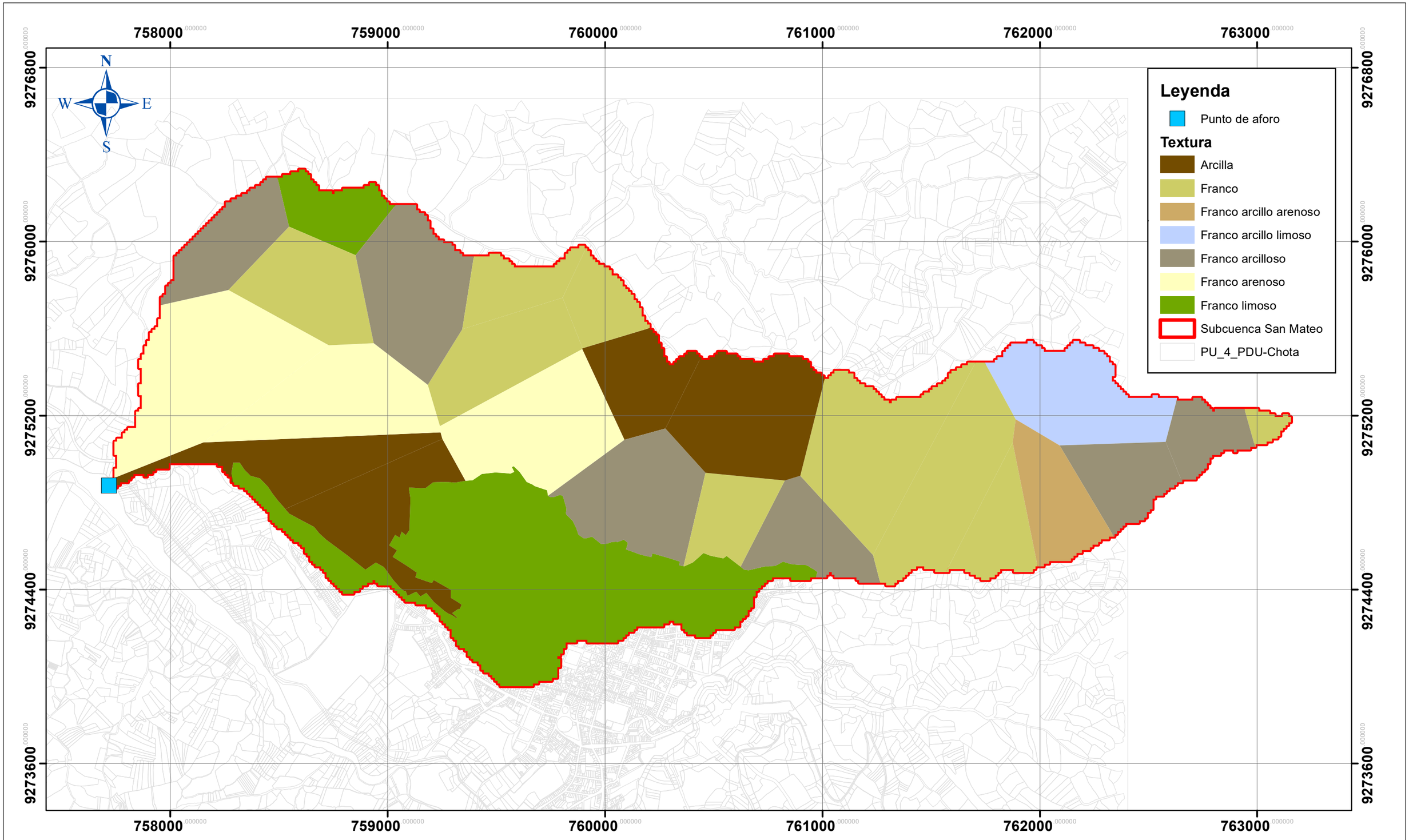
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE SUBZONAS FISIOGRÁFICAS

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-3**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

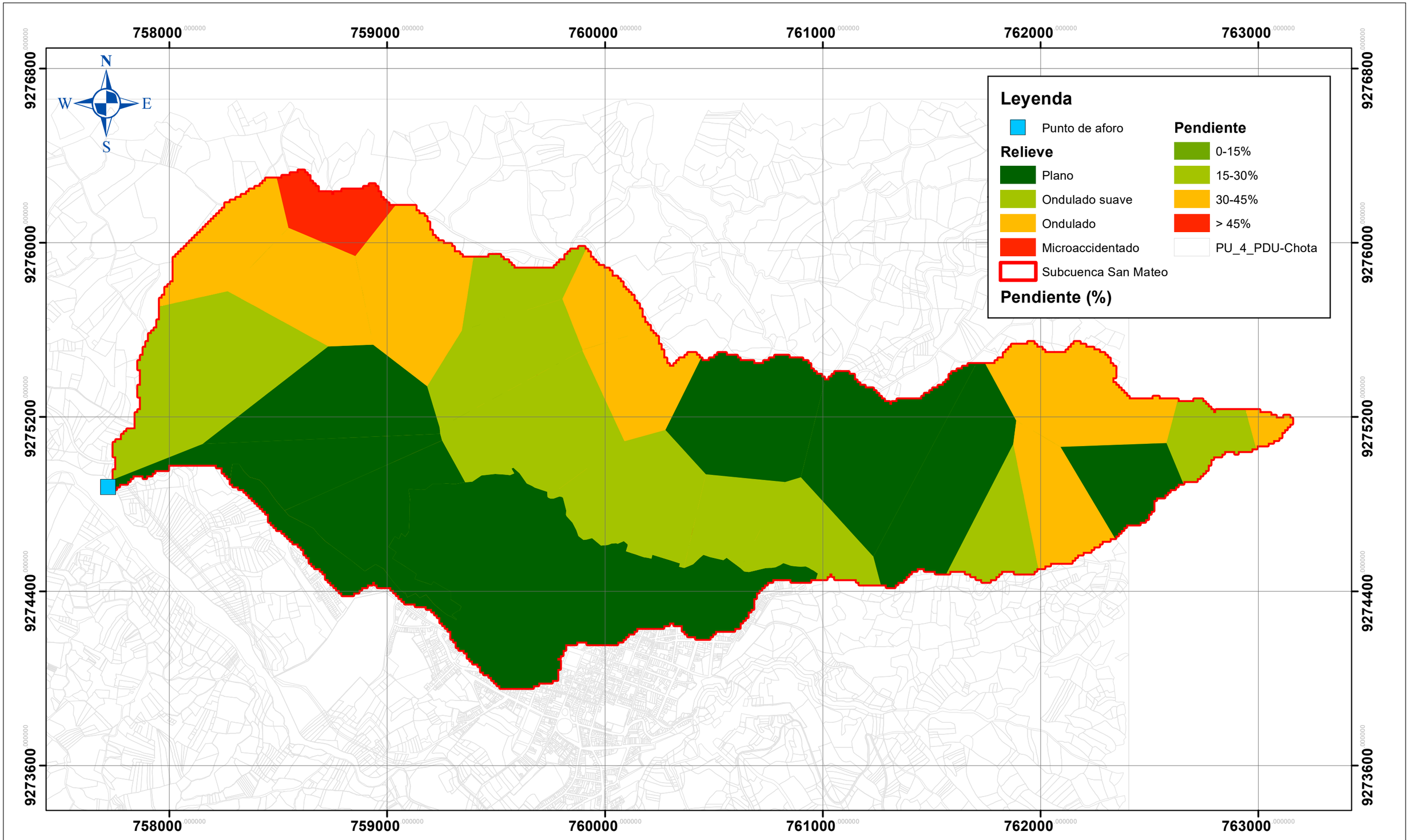
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE TEXTURA DEL SUELO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-4**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

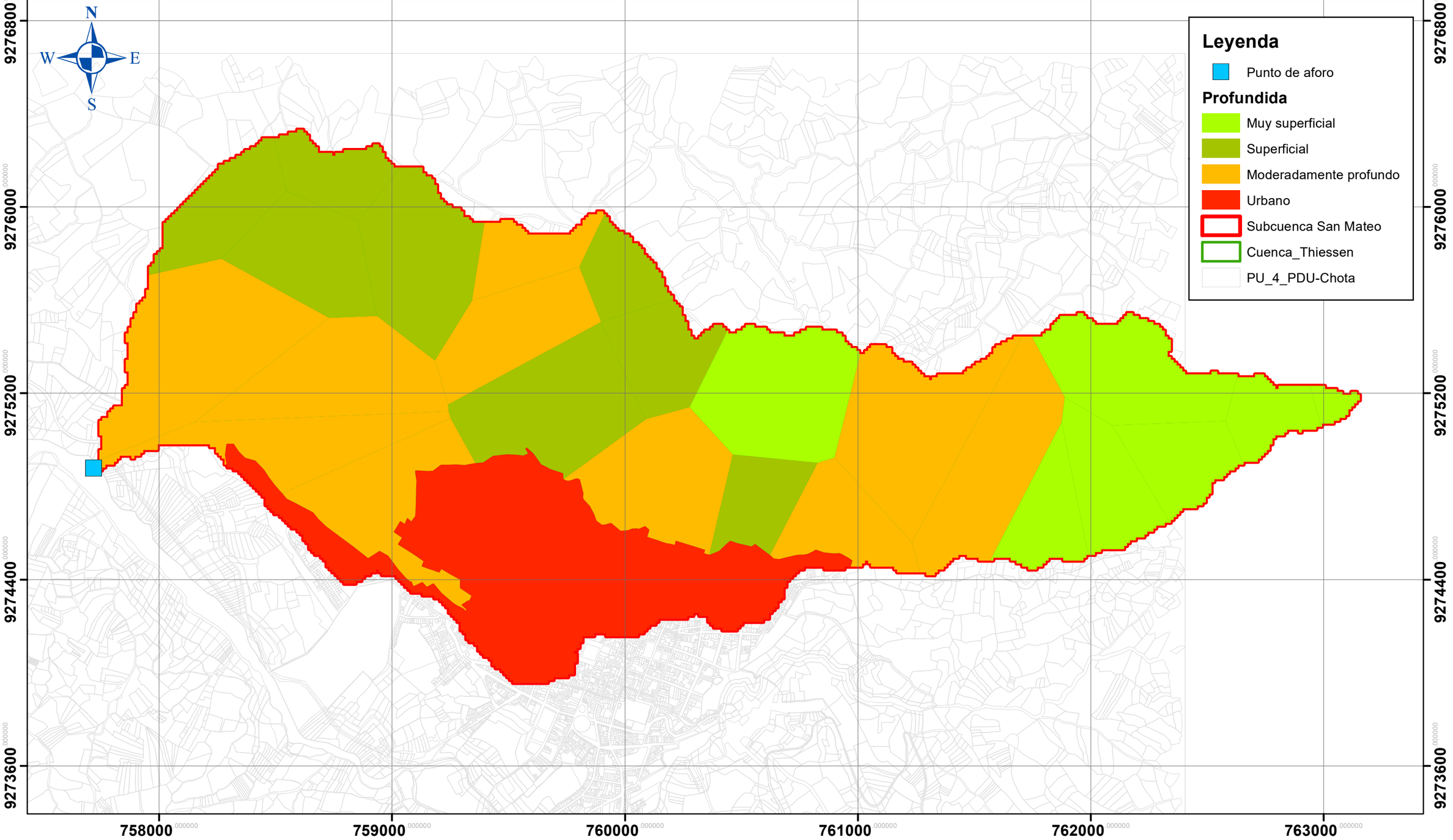
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO MAPA DE MICRORELIEVE**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-5**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

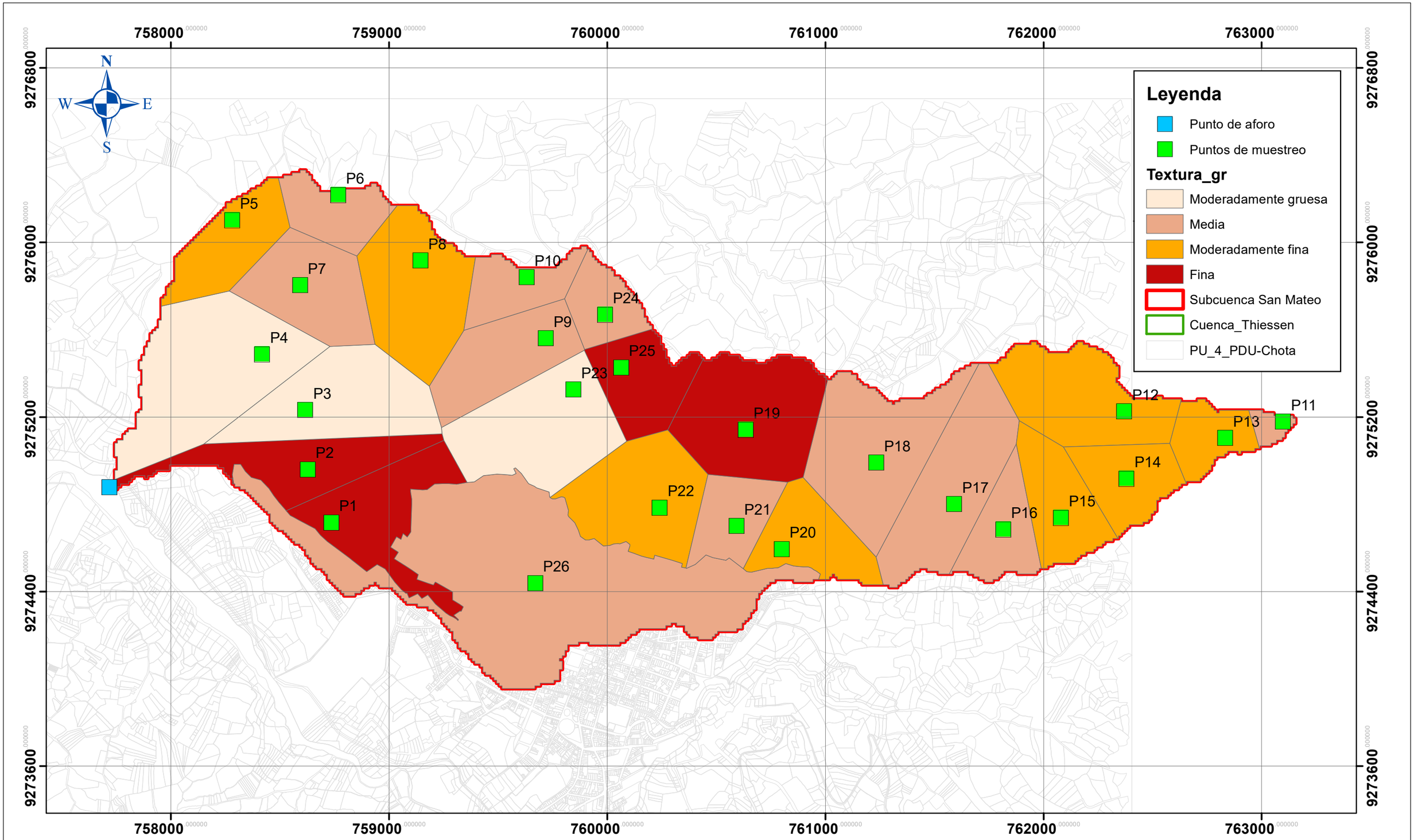
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE PROFUNDIDAD DEL SUELO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-6**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

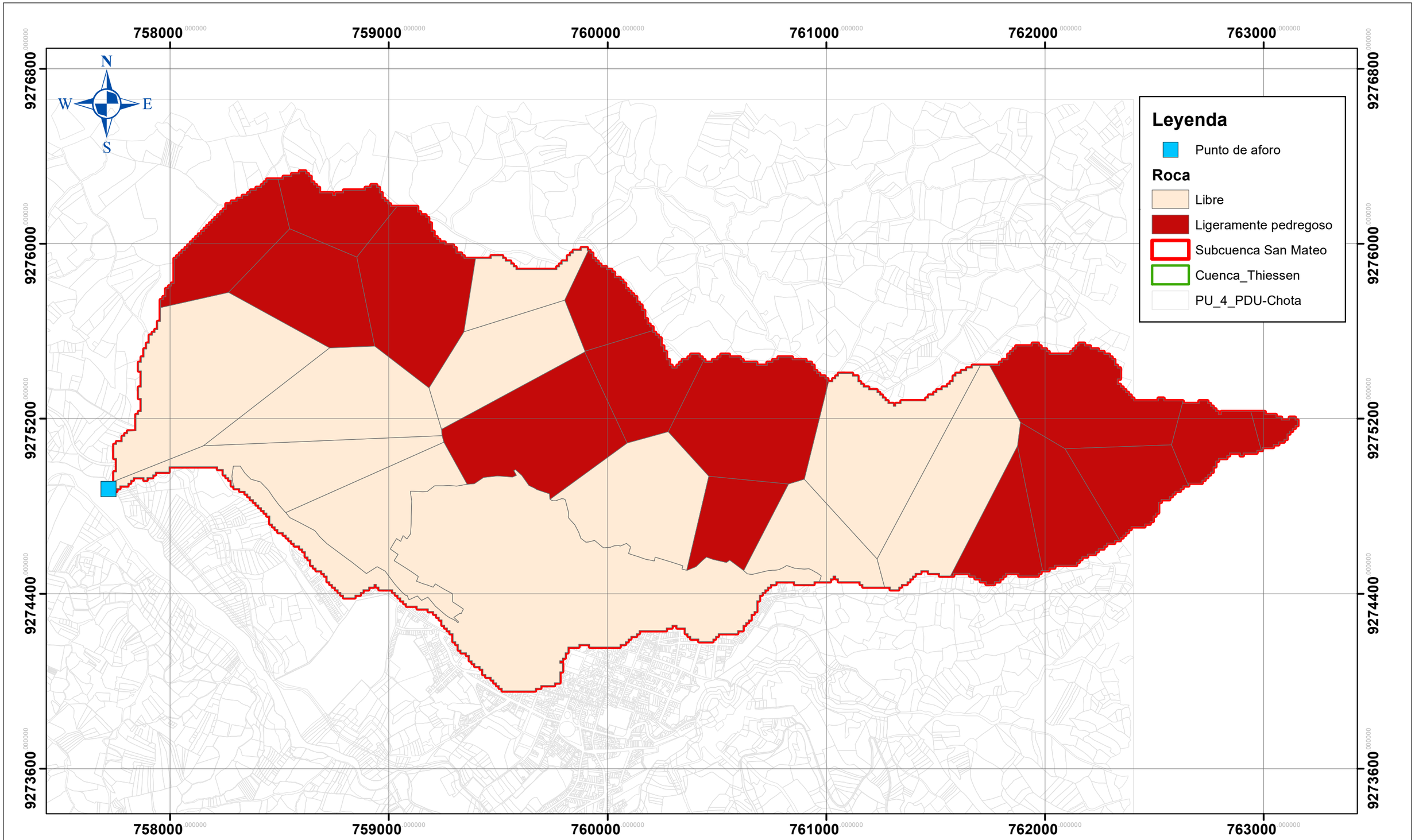
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE GRUPO DE TEXTURA

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-7**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

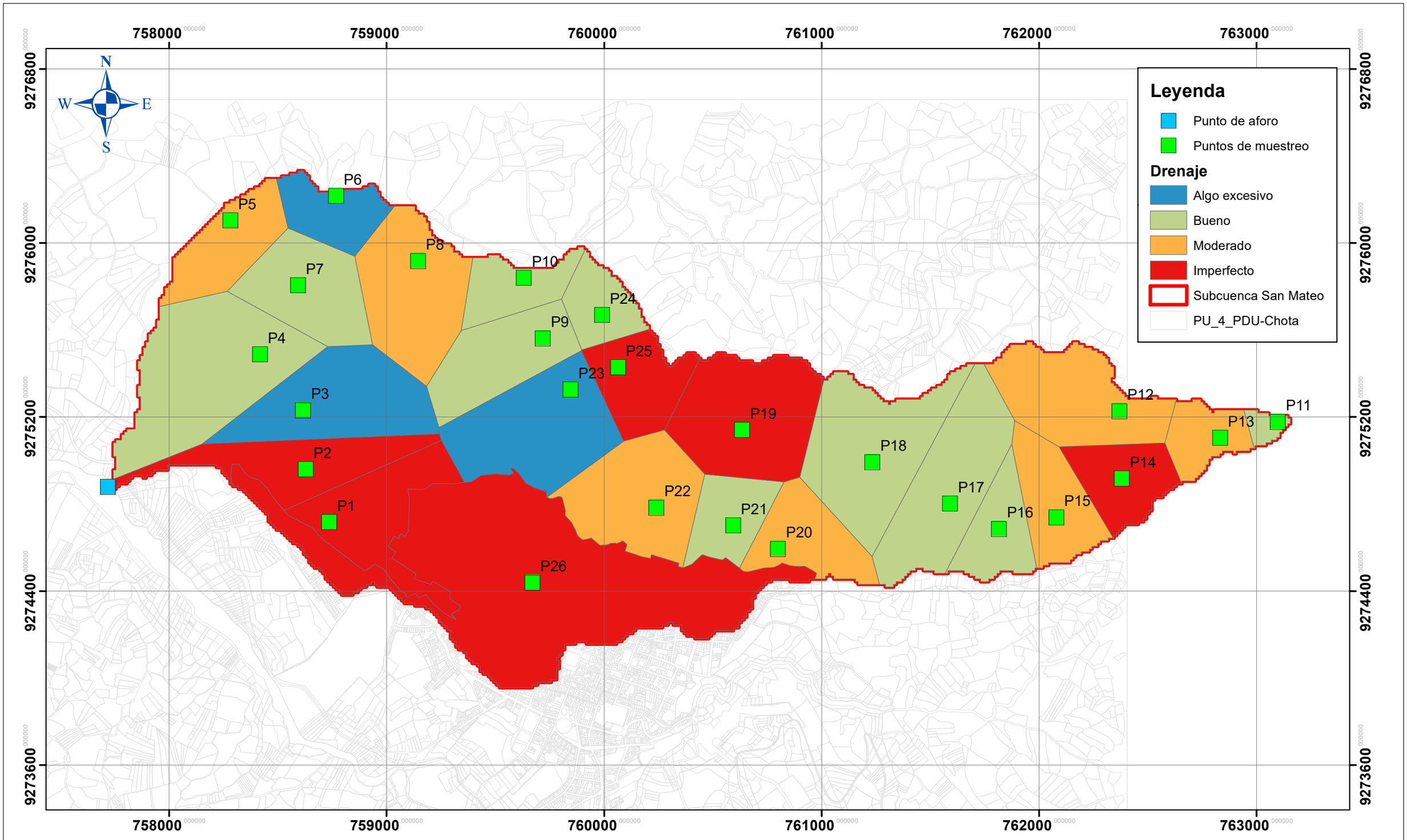
Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE FRAGMENTOS ROCOSOS

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa:

SB-8



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

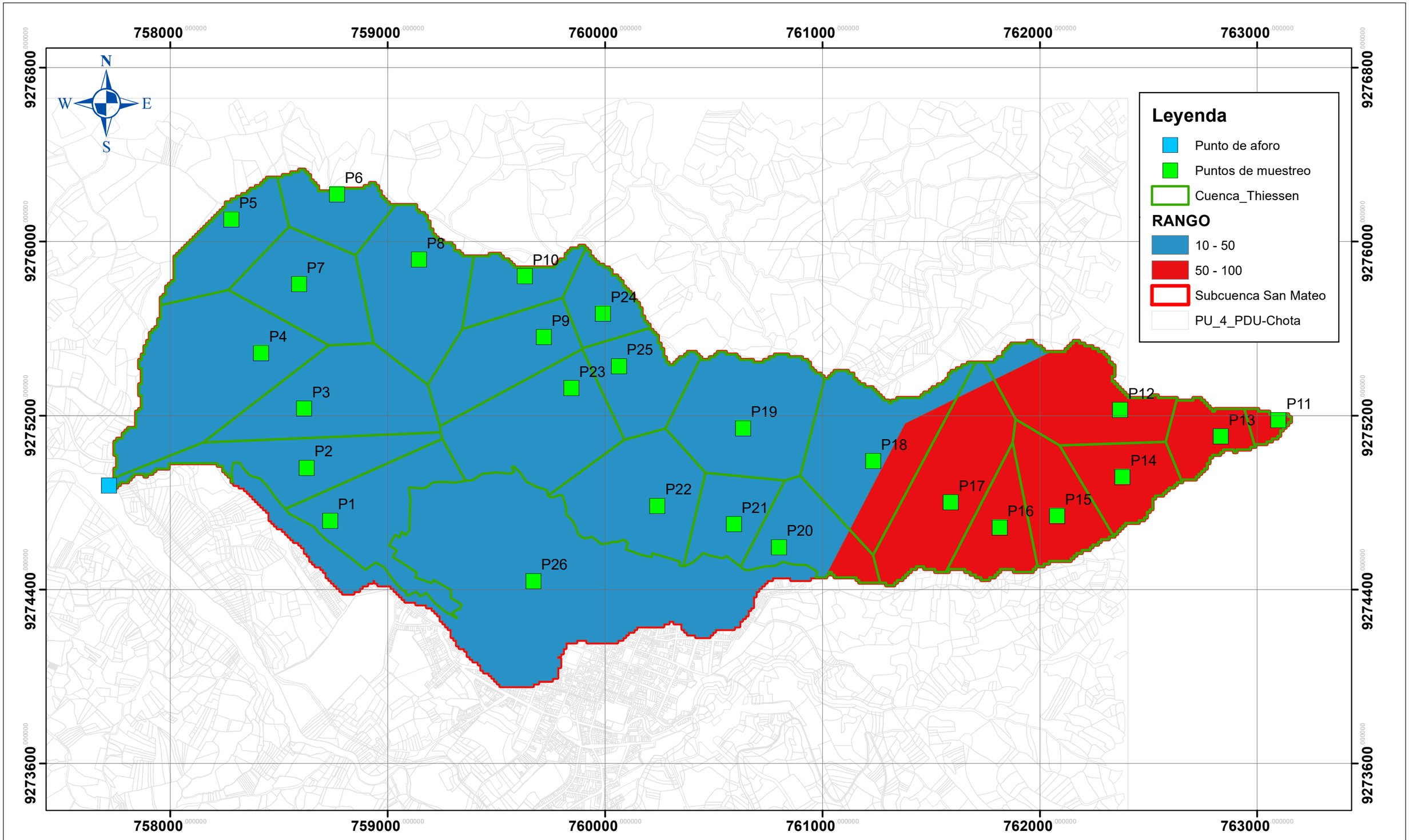
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO MAPA DE DRENAJE**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-9**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

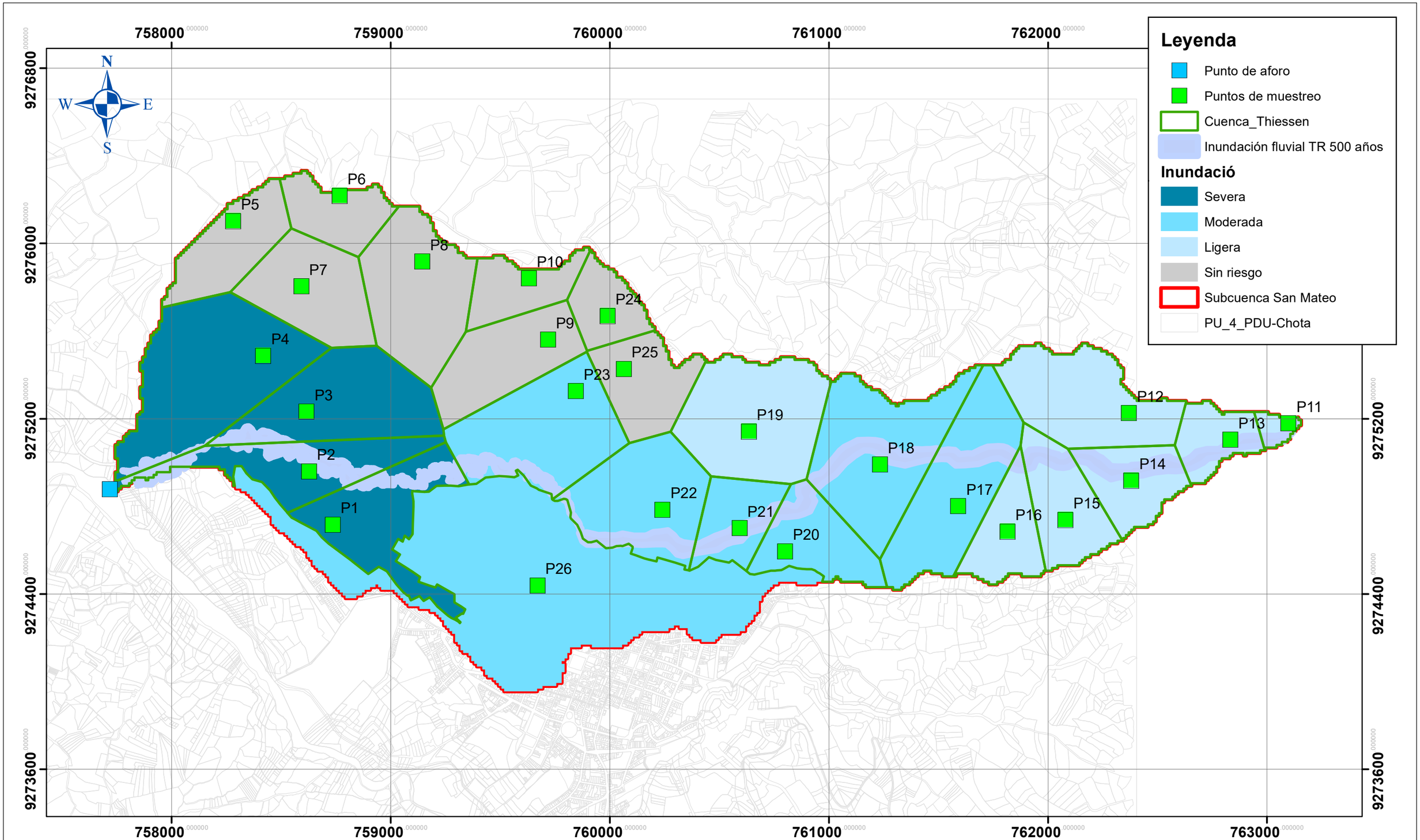
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE EROSIÓN HÍDRICA

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-10**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

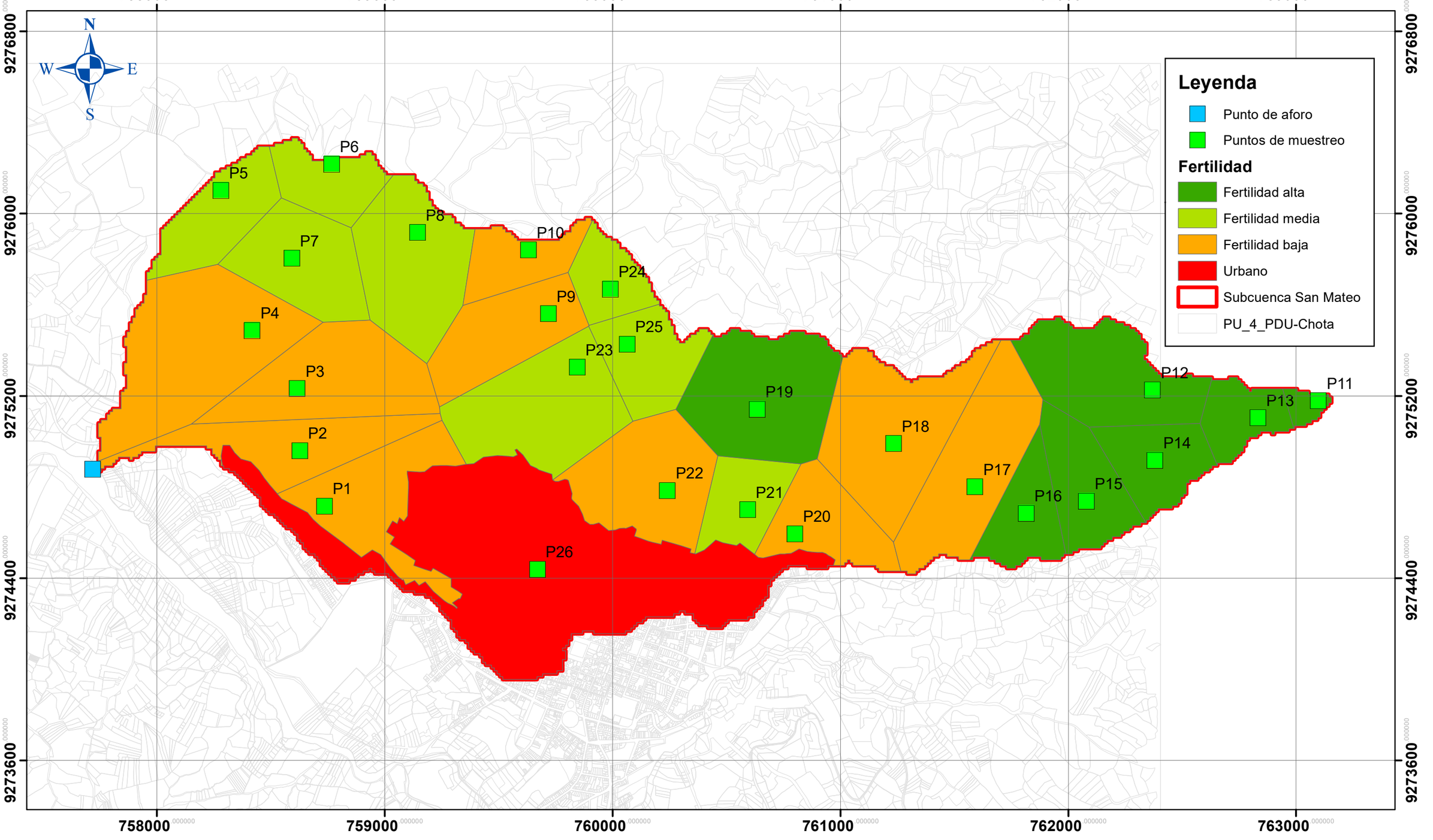
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO MAPA DE INUNDACIÓN**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-11**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

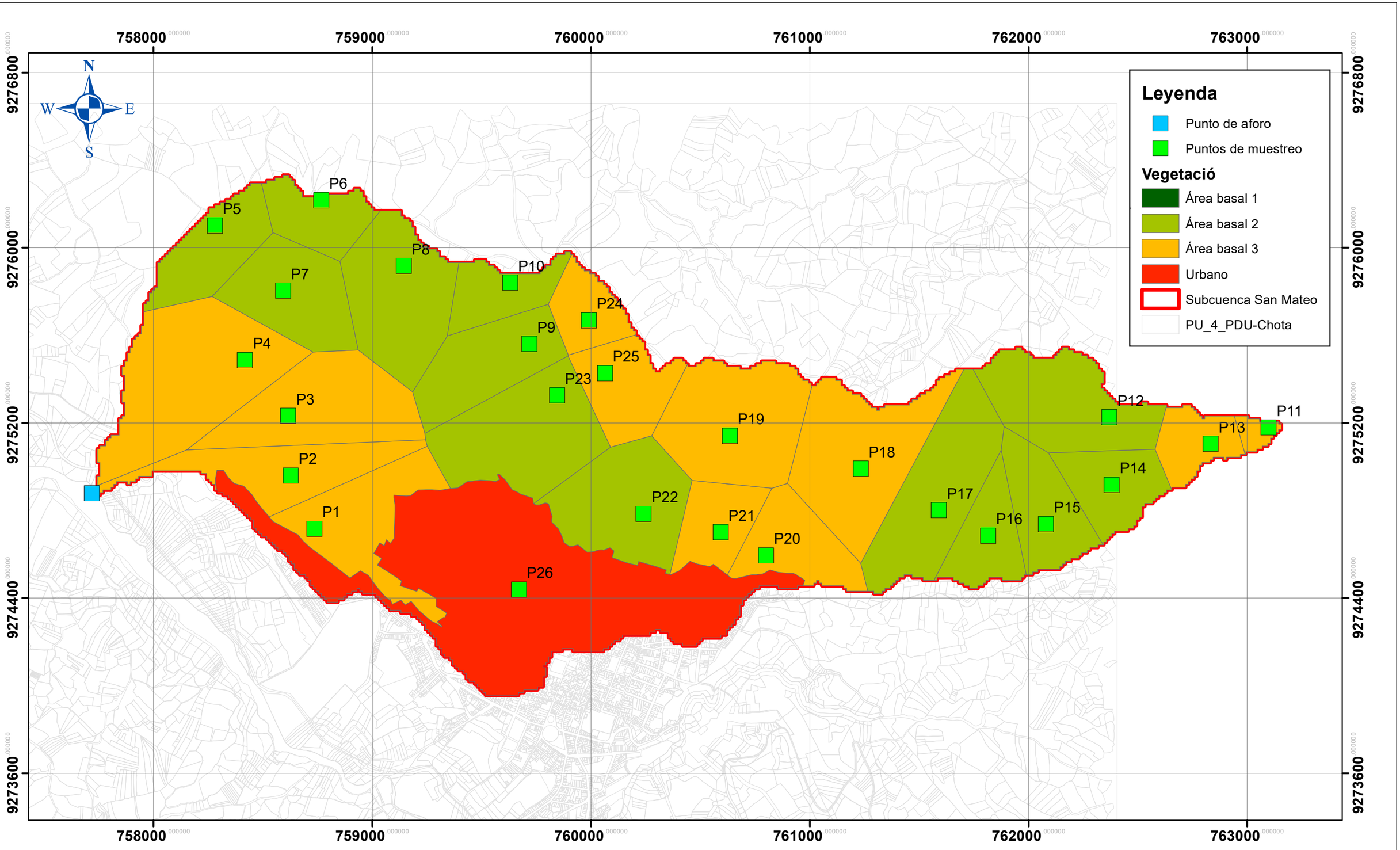
Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA DE FERTILIDAD DEL SUELO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa:

SB-12



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

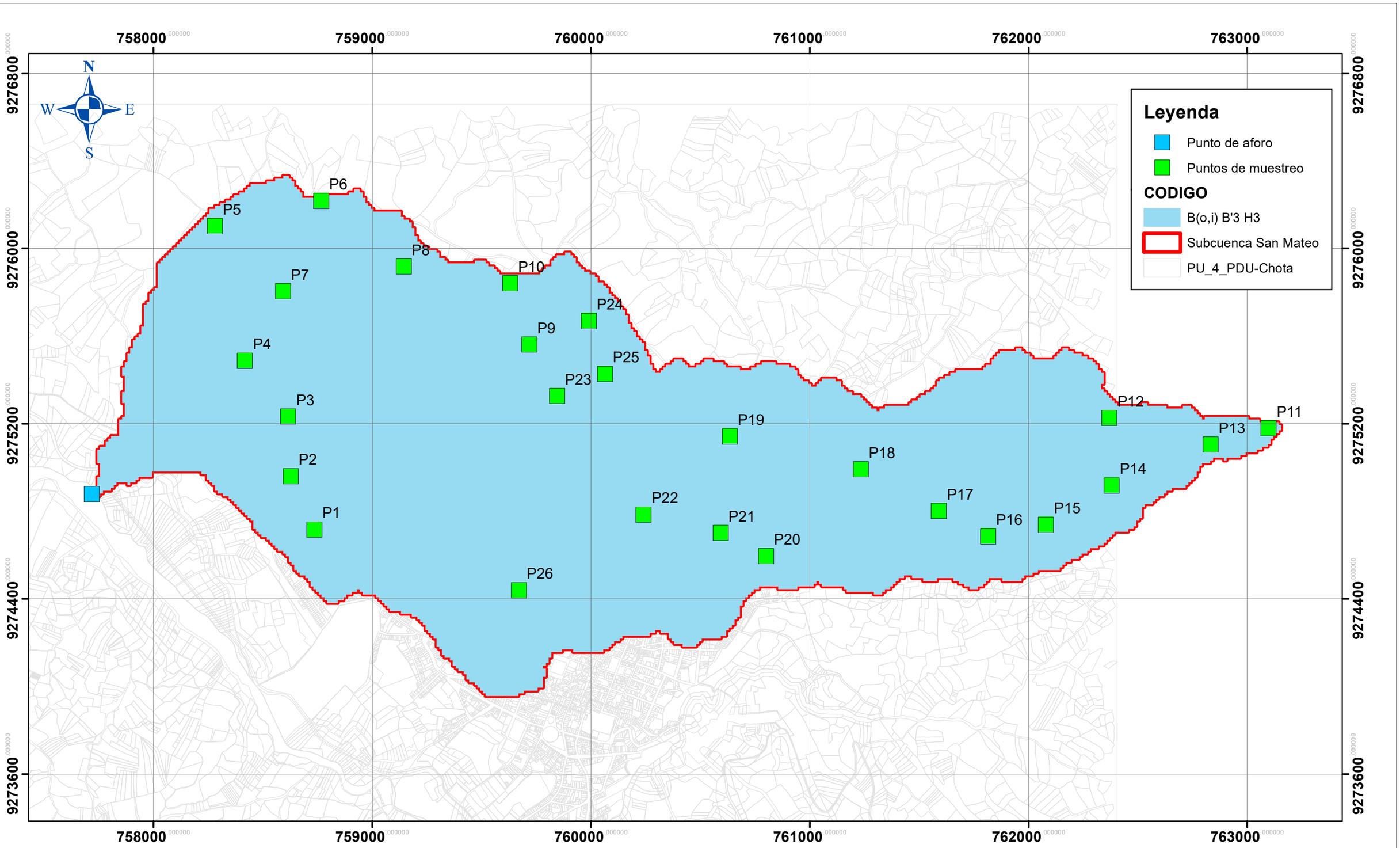
Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
VEGETACIÓN D.S. N.° 005-2022-MIDAGRI

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa:

SB-13



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

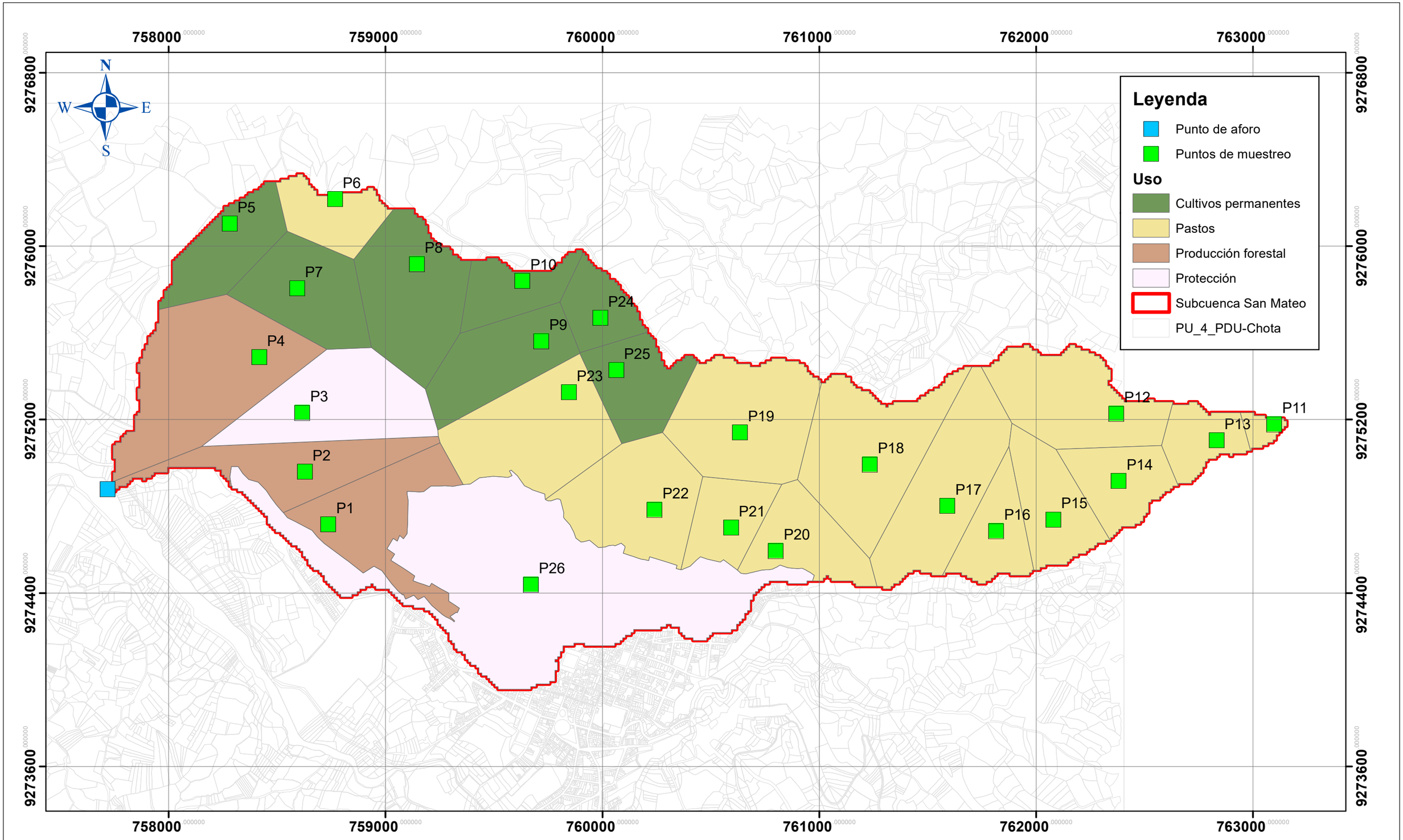
Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
MAPA CLIMATOLÓGICO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,135

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa:

SB-14



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

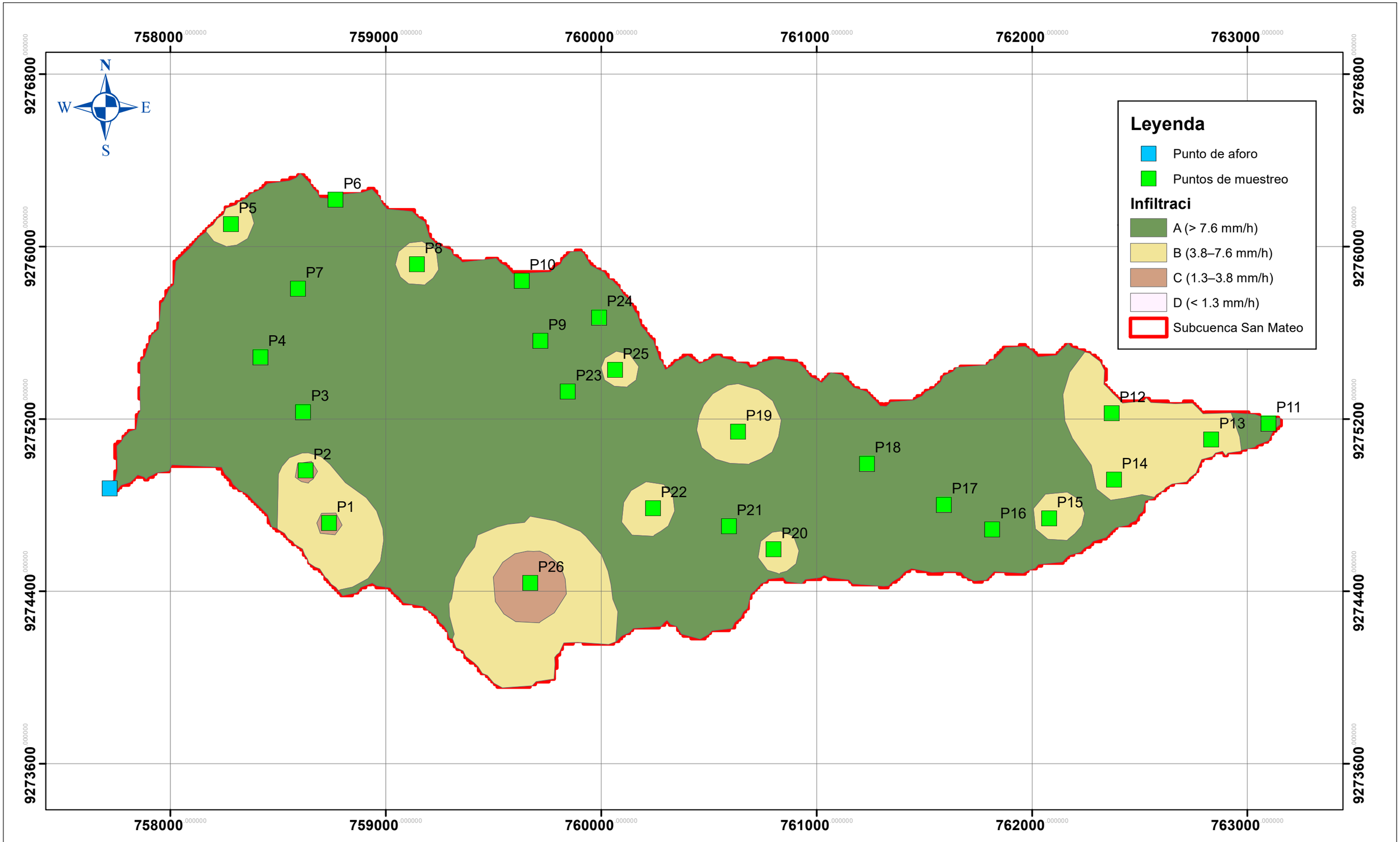
Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
USO DEL SUELO D.S. N.° 005-2022-MIDAGRI

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,107

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa:

SB-15



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

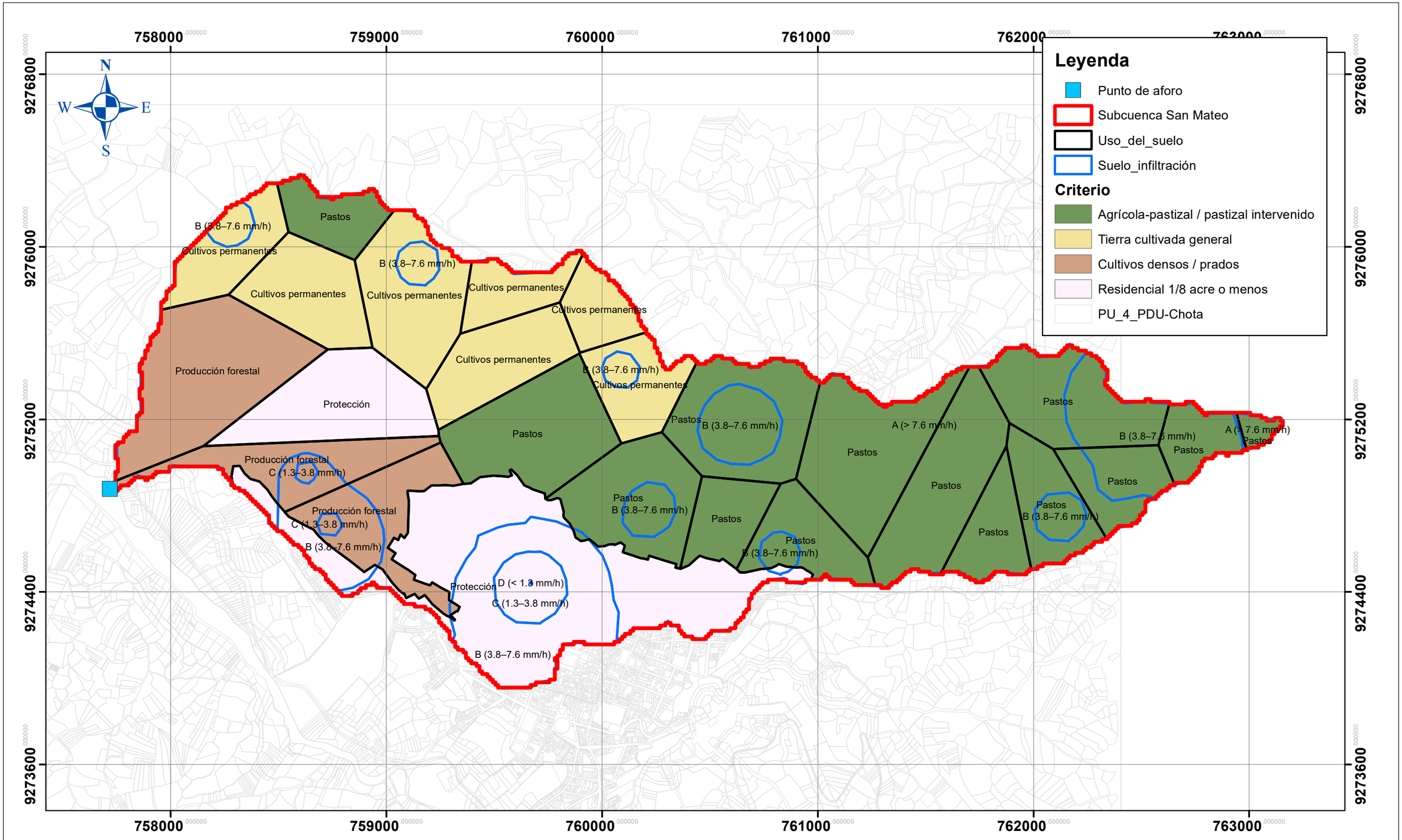
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO GRUPO HIDROLÓGICO**

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,182

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-16**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

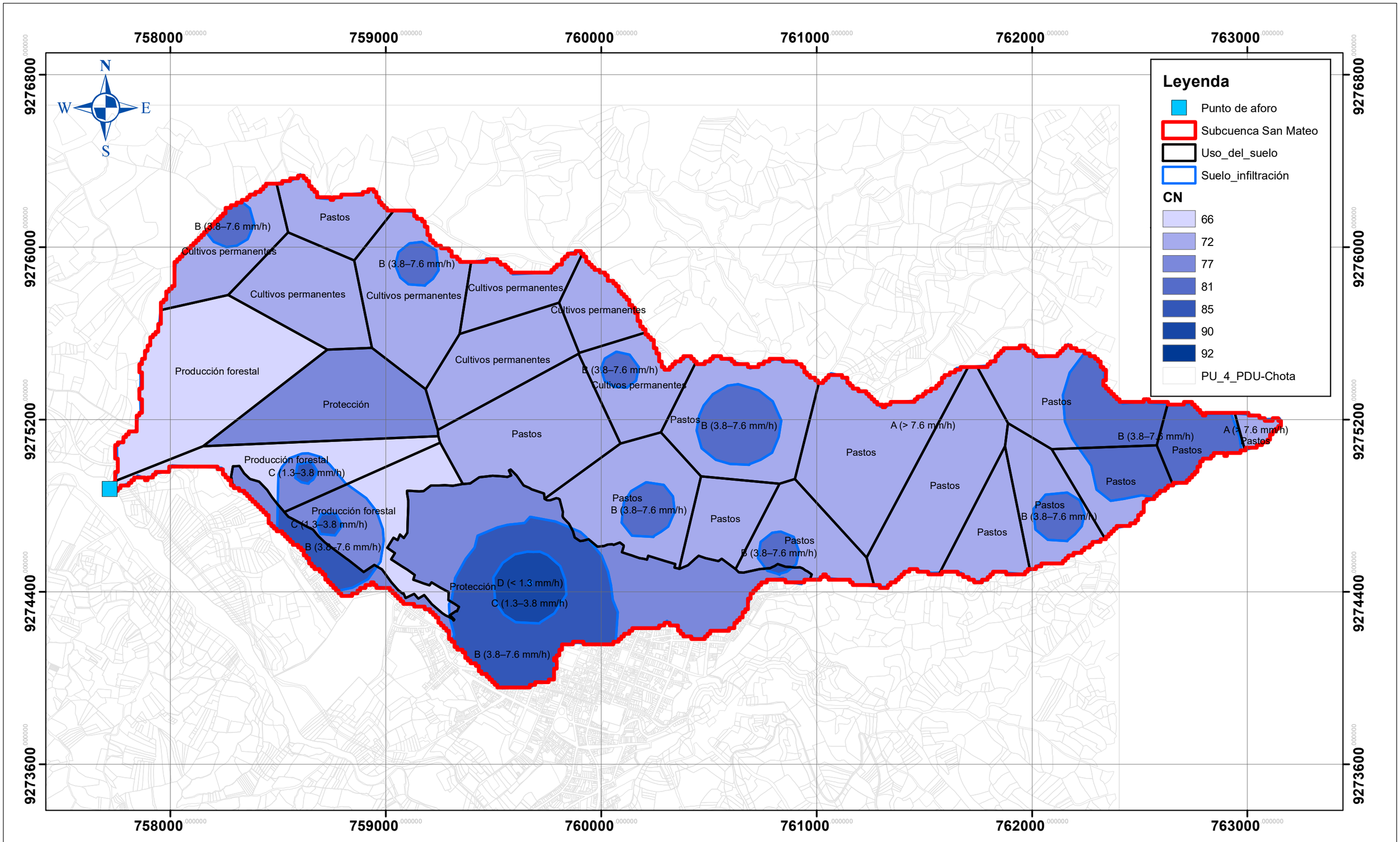
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
SUBÁREAS PARA CURVA NÚMERO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,182

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-17**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

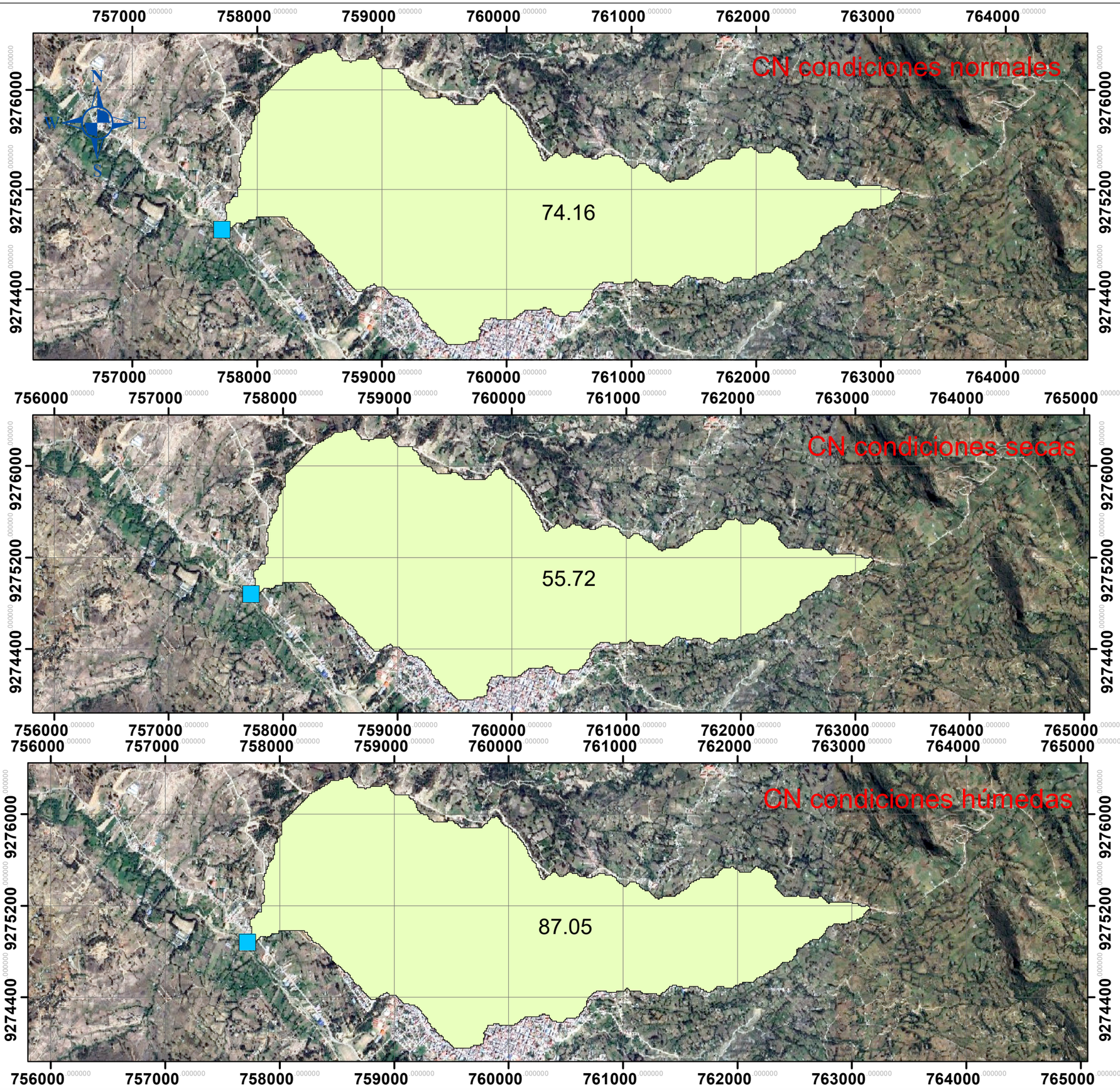
Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
CÁLCULO DE CURVA NÚMERO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:16,182

0 0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 km

Mapa: **SB-18**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Plano: **SUBCUENCA SAN MATEO**
CÁLCULO DE CURVA NÚMERO

Fecha: Marzo, 2026
Escala: 1:30,887

0 0.175 0.35 0.7 1.05 1.4 km

Caracterización hidrológica de suelos en la subcuenca san mateo y su adaptabilidad al método curva número (CN), Chota, 2025

Presentado por: Jorge Anderson Fernández Saucedo
José Leandro Vásquez Idrogo

Asesor:
Dr. Ing. Luis Alberto Orbegoso Navarro



Leyenda

- Punto de aforo
- Subcuenca San Mateo

Mapa: **SB-19**