

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA
COMUNIDAD SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA**

**ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EL PLANTEAMIENTO DE
ALTERNATIVAS DE MANEJO DE EXCRETAS EN LA COMUNIDAD
DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ

david.cajas@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO

gissela.vilana@epn.edu.ec

Quito, septiembre 2022

CERTIFICACIONES

Yo, DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ, bajo mi supervisión.

GISELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO

DIRECTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ

GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
RESUMEN.....	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco Teórico.....	3
1.4.1 Aguas Residuales: Concepto.....	3
1.4.2 Manejo de Aguas Residuales y Excretas en Ecuador.....	4
1.4.3 Parámetros Físicos del Suelo	6
1.4.3.1 Textura	6
1.4.3.2 Estabilidad	8
1.4.3.3 Permeabilidad.....	10
1.4.4 Valoración de Impactos Ambientales: Matriz de Leopold.....	13
2 METODOLOGÍA.....	15
2.1 Estudio Descriptivo	15
2.1.1 Investigación Bibliográfica	15
2.1.2 Investigación en campo.....	16
2.2 Estudio Socioeconómico.....	17
2.2.1 Aplicación de Encuestas.....	17
2.2.1.1 Determinación del tamaño de la muestra	17
2.2.1.2 Estructura de la Encuesta: Estratificación	19

2.3	Estudio Técnico	20
2.3.1	Obtención de la muestra de suelo	20
2.3.2	Ensayos de Mecánica de Suelos en Laboratorio	23
2.3.2.1	Ensayo Clasificación SUCS	23
2.3.2.2	Ensayo Triaxial UU	24
2.3.2.3	Ensayo de Permeabilidad con carga Constante.....	26
2.4	Estudio Ambiental.....	29
2.4.1	Identificación de Impactos Ambientales Actuales	29
2.4.2	Valoración de Impactos Ambientales: Matriz de Leopold	30
3	RESULTADOS	35
3.1	Análisis de Resultados: Estudio Descriptivo	35
3.1.1	Información general.....	35
3.1.2	Ubicación geográfica	35
3.1.3	Condiciones Climáticas	37
3.1.3.1	Precipitación	37
3.1.3.2	Temperatura	39
3.1.4	Condiciones Físicas	40
3.1.4.1	Relieve.....	40
3.1.4.2	Cobertura Vegetal del suelo.....	41
3.1.4.3	Hidrografía	41
3.1.5	Situación Actual del Manejo de Excretas en la Comunidad San Rafael	42
3.2	Análisis de Resultados: Estudio Socioeconómico	44
3.2.1	Características de la Vivienda	44
3.2.2	Acceso a la Tecnología	45
3.2.3	Posesión de Bienes	45
3.2.4	Hábitos de Consumo	46

3.2.5	Nivel de Educación	46
3.2.6	Actividad económica del Hogar	46
3.2.7	Índice del Nivel Socioeconómico	47
3.3	Análisis de Resultados: Estudio Técnico	48
3.3.1	Relación de los parámetros físicos del suelo y el manejo de excretas	48
3.3.1.1	Textura	48
3.3.1.2	Estabilidad	49
3.3.1.3	Permeabilidad	49
3.4	Análisis de Resultados: Estudio Ambiental	50
3.4.1	Impactos Ambientales en Componentes Naturales	51
3.4.1.1	Componente Abiótico	51
3.4.1.2	Componente Biótico	51
3.4.1.3	Componente Antrópico	52
3.4.2	Impactos Ambientales por Actividades del proyecto	53
3.4.2.1	Fase de Construcción	53
3.4.2.2	Fase de Operación	54
3.4.2.3	Fase de Cierre y abandono	55
4	CONCLUSIONES	56
5	RECOMENDACIONES	57
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
7	ANEXOS	63
	Anexo I. Encuesta de Condiciones Actuales de Manejo de Excretas	64
	Anexo II. Encuesta Nivel Socioeconómico	67
	Anexo III. Plan de Muestreo	72
	Anexo IV. Resultado de Laboratorio: Clasificación SUCS	77
	Anexo V. Resultado de Laboratorio: Ensayo Triaxial UU	79

Anexo VI. Resultado de Laboratorio: Permeabilidad con Carga Constante	86
Anexo VII. Matriz de Leopold	90

RESUMEN

El presente proyecto de integración curricular tuvo como objeto desarrollar estudios preliminares para el planteamiento de alternativas de manejo de excretas con enfoque en el componente suelo, dentro de la Comunidad rural San Rafael en la Parroquia de Checa, ubicada en el nororiente de la Ciudad de Quito.

Los estudios fueron principalmente cuatro: Estudio Descriptivo, Estudio Socioeconómico, Estudio Técnico y Estudio Ambiental.

Para el desarrollo del Estudio Descriptivo, se inició con la determinación de la información básica del área de estudio como su ubicación, clima, topografía, hidrografía, población, entre otros, mediante la recopilación de datos bibliográficos y de campo. Así mismo, para el Estudio Socioeconómico, con la aplicación de 17 encuestas, se determinó el nivel socioeconómico de los habitantes de la Comunidad.

En el Estudio Técnico, se realizaron 3 ensayos de laboratorio del componente suelo, los cuales fueron: Ensayo de Clasificación SUCS para determinar el tipo de suelo, Ensayo Triaxial UU para determinar la estabilidad y Ensayo de Permeabilidad, a fin de determinar el comportamiento del suelo con el almacenamiento de excretas humanas en este sector.

Para el Estudio Ambiental, se planteó realizar la identificación y valoración de los impactos ambientales generados por el actual sistema de manejo de las excretas en la Comunidad San Rafael mediante la investigación de campo, encuestas y el uso de la Matriz de Leopold.

La información recopilada en el presente documento servirá para que los habitantes de la Comunidad San Rafael puedan optar por alternativas de manejo de excretas que se adapten mejor a sus condiciones físicas, ambientales, técnicas y socioeconómicas.

PALABRAS CLAVE: rural, excretas, socioeconómico, ensayos, impactos, alternativas.

ABSTRACT

The purpose of this curricular integration project was to develop preliminary studies for the proposal of excreta management alternatives with a focus on the soil component, within the rural community of San Rafael in the Parish of Checa, located in the northeast of the City of Quito.

The studies were mainly four: Descriptive Study, Socioeconomic Study, Technical Study and Environmental Study.

For the development of the Descriptive Study, we began with the determination of the basic information of the study area such as its location, climate, topography, hydrography, population, among others, through the collection of bibliographic and field data. Likewise, for the Socioeconomic Study, with the application of 17 surveys, the socioeconomic level of the inhabitants of the Community was determined.

In the Technical Study, 3 laboratory trials of the soil component were carried out: SUCS Classification Test to determine the type of soil, Triaxial UU Test to determine stability and Permeability Test, to determine the behavior of the soil with the storage of human excreta in this sector.

For the Environmental Study, it was proposed to identify and evaluate the environmental impacts generated by the current excreta management system in the San Rafael Community through field research, surveys and the use of the Leopold Matrix.

The information gathered in this document will help the inhabitants of the San Rafael Community to choose excreta management alternatives that are better adapted to their physical, environmental, technical and socioeconomic conditions.

KEYWORDS: rural, excreta, socioeconomic, trials, impacts, alternatives.

1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de integración curricular se refiere a Estudios Preliminares previos al planteamiento de alternativas de manejo de excretas en comunidades rurales.

La característica principal de los sistemas de manejo de excretas utilizados actualmente es la falta de planificación antes de la construcción de los mismos, lo cual conlleva a problemas posteriores durante la operación e incluso el abandono.

Los habitantes de las comunidades rurales optan por construir sistemas de manejo de excretas y aguas residuales que, en la mayoría de casos, no cumplen con las condiciones básicas necesarias para su correcto funcionamiento.

Para analizar esta problemática es necesario conocer las causas que llevan a los habitantes de las comunidades rurales a construir sistemas de manejo de excretas deficientes, las cuales pueden ser: falta de recursos económicos, condiciones físicas y ambientales de la zona e incluso el desconocimiento de otras alternativas de manejo de excretas.

El desarrollo de Estudios Preliminares se realizó por el interés de conocer específicamente las condiciones físicas, ambientales, socioeconómicas y técnicas de la Comunidad Rural San Rafael y dar paso al planteamiento de alternativas de manejo de excretas que se adapten a su realidad.

En el ámbito profesional, como Ingeniero Ambiental, el interés de realizar este tipo de estudios se enfocó en realizar un análisis integral de los problemas socioeconómicos, ambientales y técnicos que se pueden generar por el manejo inadecuado de excretas en comunidades rurales dentro del territorio ecuatoriano y dar paso al planteamiento de soluciones efectivas.

Dentro de la metodología aplicada para alcanzar los objetivos propuestos se presenta la investigación bibliográfica, investigación de campo, análisis de laboratorio de suelo, identificación y valoración de impactos ambientales.

Lo anterior se establecerá en los siguientes estudios:

- Estudio Descriptivo, donde se presentará la información básica de la zona de estudio obtenida mediante investigación bibliográfica y de campo.
- Estudio Socioeconómico, donde se presentará el nivel socioeconómico mediante investigación de campo realizando entrevistas y encuestas.

- Estudio Técnico, donde se analizarán parámetros físicos del suelo mediante ensayos de mecánica de suelos en Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas de la Escuela Politécnica Nacional.
- Estudio Ambiental, donde se identificarán y valorarán los impactos ambientales del actual sistema de manejo de excretas mediante investigación de campo, encuestas, entrevistas y aplicación de la Matriz de Leopold.

1.1 Objetivo general

Desarrollar estudios preliminares para el planteamiento de alternativas de manejo adecuado de excretas en la Comunidad San Rafael, Parroquia Checa.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar la información básica de la localidad y el nivel socio-económico de los habitantes del área de estudio mediante recopilación bibliográfica y aplicación de encuestas.
- Analizar los parámetros de textura, estabilidad y permeabilidad de una muestra inalterada de suelo mediante ensayos en el Laboratorio de Ensayos de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas (LEMSUR) de la Escuela Politécnica Nacional.
- Identificar los impactos ambientales generados por el actual manejo de excretas en la Comunidad para valorarlos con la Matriz de Leopold.

1.3 Alcance

El desarrollo de los estudios preliminares parte del antecedente de que la mayoría de comunidades rurales en Ecuador carecen de servicio de alcantarillado o de sistemas adecuados para el manejo y eliminación de excretas.

El manejo de excretas y aguas residuales en zonas rurales se realiza de manera rudimentaria con pozos ciegos o con descargas directas a cuerpos de agua cercanos, sin las debidas especificaciones técnicas requeridas o por falta conocimiento de la existencia de otras alternativas.

El objetivo principal del presente trabajo de integración curricular es dar a conocer a la Comunidad San Rafael las condiciones físicas, ambientales, técnicas y socioeconómicas

de sus habitantes mediante el desarrollo de estudios preliminares que ayuden al planteamiento de alternativas adecuadas de manejo de excretas.

Para alcanzar el objetivo se determinó que es necesaria la aplicación de 17 encuestas para determinar el nivel socioeconómico de las familias, la obtención de una muestra inalterada de suelo para analizar parámetros físicos del suelo como su permeabilidad, estabilidad y textura y la investigación bibliográfica sobre las condiciones físicas y climáticas de la zona.

De la misma manera, se plantea identificar y valorar los impactos ambientales generados por el actual sistema de manejo de excretas utilizado en la comunidad, mediante la matriz de Leopold.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Aguas Residuales: Concepto

Las aguas residuales son el producto de la combinación de fluidos con residuos sólidos, que son transportados mediante el agua. Dependiendo de su origen se pueden clasificar en aguas residuales domésticas, industriales, pluviales, entre otros (Rivas, 1998).

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades rutinarias del ser humano que provienen de residencias, edificios o instituciones y que pueden ser recolectadas por el sistema de alcantarillado o vertidas directamente en el ambiente, dependiendo de las condiciones de vida de las poblaciones que las generen (Castañeda & Flores, 2014).

Las aguas residuales domésticas están compuestas por 99% agua y 1% de sólidos en suspensión. Los sólidos pueden ser orgánicos como proteínas, ureas, aminoácidos; e inorgánicos como nitrógeno, fósforo, carbonatos; y en casos puntuales, metales pesados como el cobre, cromo, cadmio, plomo y zinc (Rivas, 1998).

En general, sus componentes provienen de desechos humanos eliminados por los desagües de las instalaciones del hogar como el baño, cocina o lavandería (Rivas, 1998).

Se debe considerar que las aguas residuales domésticas tienen características específicas debido a sus componentes. Algunas características son más evidentes que otras, se pueden destacar el olor, color, sólidos en suspensión o en solución, grasas, aceites, materia fecal, sustancias tensoactivas, entre otros.

La materia fecal es un componente de las aguas residuales domésticas al cual se le debe prestar mayor atención debido a las complicaciones ambientales y de salubridad que se

derivan por su inadecuada gestión. Este componente es especial debido a que contiene microorganismos patógenos que, al ser depositados directamente en el ambiente, provocarían problemas serios en el entorno y en la salud de los seres vivos. Las aguas residuales con excretas se denominan aguas negras (Castañeda & Flores, 2014).

Es por esta razón es importante la gestión de las aguas residuales domésticas en todas sus fases, desde la generación, recolección, transporte hasta su tratamiento. El ejemplo más común de gestión de aguas residuales domésticas es el sistema de alcantarillado que recolecta y transporta las aguas residuales desde las viviendas hasta las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales conocidas como PTAR (Meirlaen, 2002).

Sin embargo, no todas las poblaciones pueden recurrir a sistemas de alcantarillado para la gestión de sus aguas residuales domésticas, debido a su ubicación geográfica, nivel socioeconómico o por la falta de proyectos por parte de la administración pública; por lo que se ven obligados a desarrollar otras alternativas de manejo de aguas residuales (Piza de la Hoz, 2020).

1.4.2 Manejo de Aguas Residuales y Excretas en Ecuador

En el territorio ecuatoriano, el manejo de aguas residuales domésticas varía en cada región, provincia, municipio, parroquia, barrio y comunidad, por la diversidad socioeconómica y geográfica que posee el país (Peña, Mayorga, & Montoya, 2018).

Ecuador se divide en 221 municipios de los cuales, 112 cuentan con alcantarillado diferenciado, 102 municipios con alcantarillado combinado y 7 municipios no cuentan con alcantarillado (INEC, 2021). Entiéndase como alcantarillado diferenciado aquel en donde se gestiona el alcantarillado sanitario separado del alcantarillado pluvial; y como alcantarillado combinado aquel en donde se gestionan ambos alcantarillados en conjunto (INEC, 2021).

Cada municipio tiene una división territorial en parroquias urbanas y rurales, cada parroquia, a su vez, en barrios y comunidades.

Los barrios y comunidades rurales son la división territorial más pequeña del Ecuador y es aquí en donde se centra el objetivo del presente Trabajo de Integración, debido a que estos sectores son los que menos cuentan con servicios de saneamiento seguro (INEC, 2021).

En 2020, el porcentaje de la población ecuatoriana que utiliza servicios de saneamiento seguros fue del 42%, es decir, 7'400 000 habitantes aproximadamente, la mayoría de ellos ubicados en ciudades principales y capitales de provincias (Banco Mundial, 2020).

Según el Environmental Performance Index 2022 de la Universidad de Yale, considerando como indicadores el acceso al saneamiento gestionado de forma segura y el acceso seguro a agua de consumo humano, Ecuador se encuentra en el puesto número 81 de 179 países de todo el mundo, con un porcentaje del 50.3%. El puesto número 1 lo ocupa Finlandia y en el puesto número 179 se ubica Chad (Yale College, 2022).

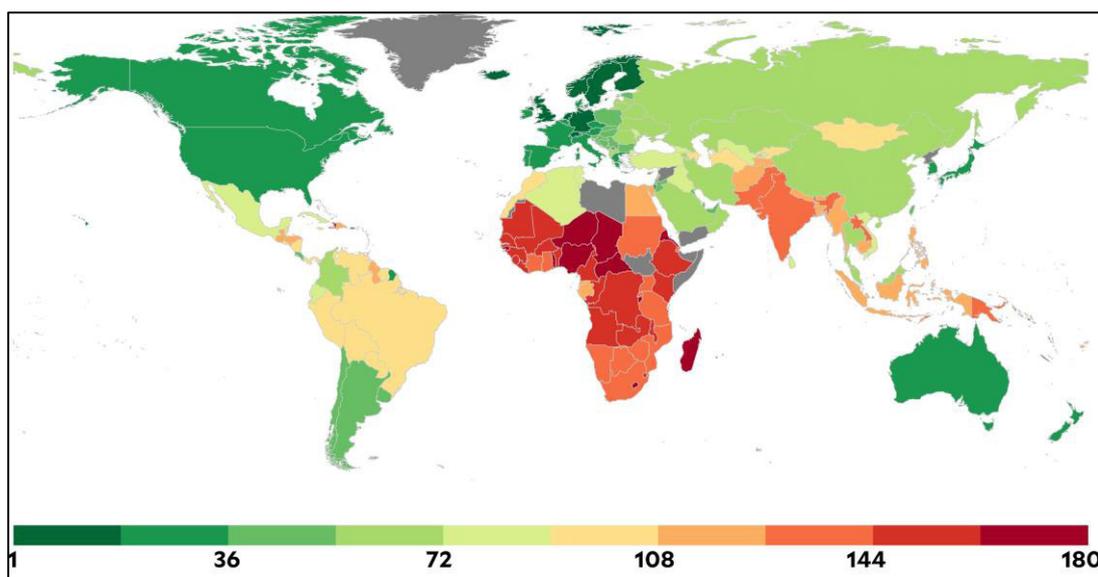


Figura 1. Rango mundial de Saneamiento y Agua segura de consumo.

Fuente: (Yale College, 2022)

En el mismo ranking, a nivel regional, es decir, en América Latina, Ecuador se ubica en el puesto 10. Uruguay es el país de la región con mayor puntaje y Haití se encuentra en el último puesto (Yale College, 2022). Es decir, en América Latina, Uruguay es el país con mayor porcentaje de gestión segura de saneamiento. Ecuador tiene proyectos de saneamiento, sin embargo, no cubren la demanda de toda la población por lo que su porcentaje dentro del ranking no es alto.

Organismos internacionales, fundaciones, sector privado y administración pública han sido los encargados de llevar a cabo proyectos de desarrollo de saneamiento y agua potable para consumo humano dentro de las comunidades rurales a lo largo del territorio ecuatoriano (Nolasco, 2004).

Sin embargo, hasta el presente año, aún existen comunidades rurales que no cuentan con sistemas de agua potable ni con sistemas de gestión adecuada de aguas residuales domésticas, lo cual es preocupante por los problemas de salud que todo esto implica.

Los habitantes de las comunidades rurales se ven obligados a implementar técnicas e infraestructuras rudimentarias que les permitan disponer de sus aguas residuales, como lo son los pozos ciegos. Esto es importante porque de alguna manera se evita que las aguas contaminadas con materia fecal terminen en cuerpos de agua dulce, lo cuales sirven como fuentes de agua de consumo.

Al ser infraestructuras rudimentarias, no cuentan con criterios técnicos para evitar que las aguas residuales contaminen los suelos y el agua subterránea por infiltración, o desestabilicen la estructura del suelo. También puede haber la presencia de malos olores o de vectores biológicos cuando los pozos mencionados anteriormente no funcionan bien (Anderson, Cornwell, & Trahan, 2006).

1.4.3 Parámetros Físicos del Suelo

El suelo es un componente fundamental para todo tipo de proyectos porque es la base donde se construyen los mismos. Las características de cada tipo de suelo determinarán el mejor uso que se le pueda dar a cada uno de ellos, como su capacidad de retener humedad, la cantidad de minerales y materia orgánica que posean, entre otras características (Cañar, 2017).

Se debe correlacionar parámetros para facilitar el desarrollo de tecnologías ingenieriles y que puedan ser usados de manera confiable en el diseño de alternativas adecuadas para el manejo de excretas (González, De Barcia, Sulbaran, & Ucar Navarro, 2014)

El Código Práctica Ecuatoriano (CPE) INEN 5 Parte 9.2:1997 determina que, para implementar sistemas de disposición de excretas en zonas rurales, se debe considerar como parte de la información básica, las características físicas del suelo en cuanto a estabilidad y capacidad de infiltración (SSA, 1997).

1.4.3.1 Textura

De manera general, para clasificar los suelos se utiliza la textura, la cual es una característica física que está relacionada con la facilidad de retener agua y aire, además con la velocidad con la que el agua penetra y atraviesa el suelo (FAO, 2021).

La textura, en otras palabras, es la característica física visible y palpable del suelo que debido a la diversidad de partículas tanto orgánicas como inorgánicas que lo conforman, varían sus propiedades y otras características como la elasticidad.

Es importante conocer que el agua y el aire ocupan parcial o totalmente los poros entre las partículas sólidas del suelo, es decir, el suelo puede almacenar agua y su capacidad de retención dependerá del porcentaje de humedad y de saturación que estén presentes en el suelo (Gómez, 2015).

La textura del suelo muestra el contenido porcentual de partículas de distinto tamaño como la arena, arcilla y limo.

Arenas. – Los suelos arenosos son aquellos compuestos por partículas de tamaño granular entre 1 y 0.05 mm, es decir, las partículas que componen los suelos arenosos, son las partículas de mayor tamaño dentro la clasificación de suelos, sin llegar a ser gravas (FAO, 2021).

Las arenas suelen tener velocidades de infiltración muy altas y capacidades de retención de agua muy pequeñas (Gómez, 2015).

Limos. – Los suelos limosos están conformados por partículas de tamaño granular entre 0.05 y 0.005 mm. Son fácilmente transportados por el agua o el viento (FAO, 2021).

La composición de los suelos limosos contribuye a que el agua se filtre con gran facilidad, es decir, la velocidad de infiltración es alta y su capacidad de retención de agua es media (Gómez, 2015).

Arcillas. – Las medidas de las partículas de las arcillas, de acuerdo a la Norma Asociación Americana de Ensayos de Materiales (ASTM) D422, son menores a 0.005 mm, es decir, las arcillas son conformadas por las partículas más pequeñas.

La porosidad y humedad de las arcillas pueden modificarse por el incremento de la saturación, pueden pasar fácilmente de estado sólido a líquido por la disminución brusca de las fuerzas de cohesión (Cañar, 2017).

En realidad, el suelo no se compone únicamente de partículas de un solo tamaño, sino que es el producto de la combinación de partículas de diferentes tamaños, por esta razón, existe una diversidad grande de tipos de suelo debido a su textura.

Mediante la norma ASTM 2487-17 se ha determinado la clasificación de los suelos de acuerdo a su textura, tomando en cuenta parámetros como humedad, índice de plasticidad y granulometría, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de Suelos por su textura

Símbolo	Grupo	Símbolo	Grupo
GW	Grava bien graduada	CL	Arcilla magra
GP	Grava mal graduada	ML	Limo
GM	Grava limosa	OL	Arcilla orgánica
GC	Grava arcillosa	CH	Arcilla gruesa
SW	Arena bien graduada	MH	Limo elástico
SP	Arena mal graduada	OH	Limo orgánico
SM	Arena limosa	PT	Turba
SC	Arena arcillosa		

Fuente: (ASTM, 2020)

1.4.3.2 Estabilidad

La estabilidad es una propiedad de los suelos que depende de su compresibilidad, resistencia al esfuerzo cortante y permeabilidad. La presencia de materia orgánica también aumenta la estabilidad en los suelos (FAO, 2009).

La compresibilidad del suelo se refiere a la disminución de volumen cuando actúan fuerzas externas y la resistencia al esfuerzo cortante se refiere a la resistencia interna que el suelo ofrece para evitar la falla y el deslizamiento (FAO, 2009).

Por otro lado, la estabilidad estructural es la resistencia que los suelos ofrecen a los agentes externos disgregantes, los cuales pueden ser el agua, viento, alteraciones mecánicas, entre otras (Calderón, 2020).

De manera general, los suelos varían en dependencia a fuerzas externas que lo puedan destruir, por lo tanto, medir la estabilidad sirve para conocer la vulnerabilidad que tienen los agregados al ser sometidos a procesos potencialmente destructivos (UNLP, 2019).

El agua es un factor importante debido a que con sus fuerzas destructoras y al humedecer los agregados del suelo, puede causar su colapso. Las sustancias cementantes del suelo se debilitan o disuelven en el agua a medida que el tiempo de contacto incrementa (UNLP, 2019).

En el caso del manejo de excretas, se debe determinar la estabilidad del suelo en húmedo, esto quiere decir, que se debe medir la resistencia del suelo a la acción del contacto del agua. A mayor estabilidad, menor es la destrucción de la estructura del suelo, en

conclusión, los agregados son más resistentes a las fuerzas externas que actúan sobre el suelo (Calderón, 2020).

La estabilidad del suelo depende de sus propiedades intrínsecas como el ángulo de fricción interna, cohesión, el índice de densidad y el índice de huecos que posee la masa de suelo. Es importante vincular estas propiedades por que ayudarán en la evaluación de la capacidad de soporte y seguridad al no deslizamiento de tierra (González, De Barcia, Sulbaran, & Ucar Navarro, 2014).

En el contexto de la gestión de aguas residuales con excretas, se debe considerar que el agua sirve como lubricante entre partículas y promueve el desplazamiento de las mismas. Es por esta razón es importante relacionar el contenido de humedad presente en el suelo y la resistencia al corte, debido a que la resistencia disminuye cuando la humedad aumenta (González, De Barcia, Sulbaran, & Ucar Navarro, 2014).

La resistencia al corte es un parámetro involucrado directamente con la estabilidad. Su medición puede realizarse por diversas técnicas.

El método del Ensayo Triaxial UU o en inglés conocido como Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test, determina la resistencia y la relación entre la tensión y deformación de una muestra cilíndrica de suelo intacto. Es una prueba donde la muestra de suelo no es consolidada, tampoco es drenada (Mánica, 2021).

Obtenidos los valores de cohesión, densidad y el ángulo de fricción, se procede a calcular la capacidad de carga que posee el suelo para soportar pesos de estructuras construidas sobre. Esto nos servirá para tener indicios de factibilidad a la hora de elegir una alternativa de manejo de excretas en la cual sea necesario construir una caseta encima de la letrina o pozo.

La capacidad de carga se refiere a la capacidad que tiene el suelo para soportar una carga aplicada sobre el sin llegar a deformarse. Esto es útil conocer antes de construir algún tipo de cimentación.

La capacidad de carga se encuentra relacionada directamente con la estabilidad del suelo por lo que para una cimentación cuadrada se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Capacidad de carga

$$q_u = 1.3 * c * N_c + q * N_q + 0.4 * \gamma * N_\gamma$$

Donde:

q_u : capacidad de carga [kg/cm^2]

c : cohesión [kg/cm^2]

q : $D_f \cdot \gamma$

D_f : profundidad de desplante de cimentación [cm]

γ : densidad del suelo [kg/cm^3]

N_c , N_q y N_γ : factores de capacidad de carga [adimensionales], se encuentran en función del ángulo de carga como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de capacidad de carga

Ángulo de fricción φ [°]	N_c	N_q	N_γ
28	31.61	17.81	13.70
29	34.24	19.98	16.18
30	37.16	22.46	19.13
31	40.41	25.28	22.65
32	44.04	28.52	26.87

Fuente: (Cahuaya, 2018)

1.4.3.3 Permeabilidad

El suelo es un sistema complejo con muchas variables relacionadas entre sí, características y propiedades. Una propiedad importante del suelo es la permeabilidad, la cual depende de la continuidad del espacio poroso en los suelos (Loyola, Rivas, & Gacitúa, 2015).

La permeabilidad es la capacidad que tienen los suelos para que un fluido, sea este líquido o gaseoso, atraviese su estructura sin alterarla debido a que posee vacíos interconectados (Balbín, 2019).

Existen distintos métodos para medir la permeabilidad, los cuales pueden ser en campo (in situ), o en laboratorio. Uno de los ensayos de laboratorio para determinar la permeabilidad de los suelos de textura gruesa como arenas o limos, es la prueba de permeabilidad con carga constante.

Esta prueba es sencilla y permite determinar el coeficiente de permeabilidad de manera rápida, sin embargo, para suelos poco permeables, el tiempo puede llegar a ser tan largo que no sería práctico utilizar este método (Balbín, 2019).

En el ensayo de permeabilidad con carga constante, se obtienen como resultados la cantidad de agua (Q) que atraviesa por la muestra de suelo en un determinado tiempo (t) y la variación de la carga hidráulica (h) desde el inicio hasta la finalización del ensayo, como se muestra en la Figura 2.

Previamente, se debe medir el área transversal (A) y la longitud (L) de la muestra de suelo.

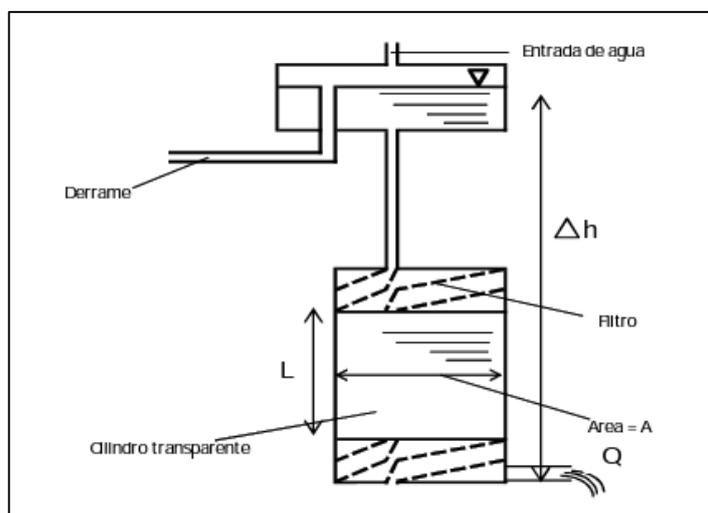


Figura 2. Esquema aplicación de ensayo de permeabilidad con carga constante
Fuente: (Carrero & Ventanas, 2008)

Darcy en 1856 descubrió experimentalmente las características del flujo de agua a través de material térreo y determinó la siguiente relación:

Ecuación 2. Coeficiente de permeabilidad

$$K = \frac{V * L}{H * A * t}$$

Donde:

V: volumen de agua que atraviesa la muestra de suelo [cm³]

L= longitud de la muestra [cm]

t: tiempo que tarda el agua en atravesar la muestra [s]

K: coeficiente de permeabilidad [cm/s]

H: Carga constante [cm]

A: área transversal de la muestra de suelo [cm²]

El coeficiente de permeabilidad se expresa en unidades de longitud por tiempo, es decir, en metros por segundo [m/s], o en centímetros por segundo [cm/s] (Barazarte, 2018).

Adicionalmente, debido a la variación de la viscosidad del agua por la temperatura se debe corregir el coeficiente de permeabilidad a 20 °C de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Corrección del coeficiente de permeabilidad

$$K_{20} = K_T \frac{n_T}{n_{20}}$$

Donde:

K₂₀: coeficiente de permeabilidad a 20 °C. [cm/s]

K_T: coeficiente de permeabilidad a temperatura real del ensayo. [cm/s]

n_T: viscosidad dinámica del agua a temperatura real del ensayo. [kg/m*s]

n₂₀: viscosidad dinámica del agua a 20 °C. [kg/m*s]

En la Tabla 3, se presenta valores de viscosidad del agua a temperaturas cercanas a la temperatura de corrección de 20 °C.

Tabla 3. Viscosidad dinámica del agua a diferentes temperaturas

Temperatura [°C]	Viscosidad dinámica [kg/m*s]
17	0.001081
18	0.001054
19	0.001028
20	0.001003
21	0.000979
22	0.000955
23	0.000933

Fuente: (White, 2004)

Luego de ser corregido, el coeficiente de permeabilidad se puede relacionar con los distintos tipos de suelos, clasificados por su textura como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Relación tipo de suelo vs. Coeficiente de permeabilidad

Tipo de suelo	Coeficiente de permeabilidad K [cm/s]
Grava media a gruesa	$>10^{-1}$
Arena gruesa a fina	$10^{-1} - 10^{-3}$
Arena fina, arena limosa	$10^{-3} - 10^{-5}$
Limo, limo arcilloso, arcilla limosa	$10^{-4} - 10^{-6}$
Arcillas	$<10^{-7}$

Fuente: (Barazarte, 2018)

Elaboración: Cajas, 2022

En la Tabla 5, se presentan los valores del coeficiente de permeabilidad relacionándolos con las condiciones de drenaje, relación que servirá como criterio de evaluación para determinar si el suelo es apto para la gestión de aguas residuales con excretas en comunidades rurales.

Tabla 5. Grado de drenaje en el suelo en función a su coeficiente de permeabilidad

Drenaje	Coeficiente de permeabilidad k [cm/s]
Bueno	$10^2 - 10^{-4}$
Malo	$10^{-4} - 10^{-6}$
Prácticamente impermeable	$<10^{-6}$

Fuente: (Angelone, Garibay, & Cauhapé, 2006)

Elaboración: Cajas, 2022

Para los ensayos de mecánica de suelos es primordial que la muestra de suelo permanezca inalterada, es decir, una muestra en donde se mantengan invariables el contenido de agua, su composición, estructura, características de esfuerzo-deformación y sufra el menor cambio posible de vacíos al momento de la extracción (Bertram, 1961).

1.4.4 Valoración de Impactos Ambientales: Matriz de Leopold

Se denomina como impacto ambiental a la alteración, modificación o cambio de un parámetro ambiental o a los procesos naturales que se desarrollan en el ambiente generalmente, provocada por una acción humana (Sánchez, 2011).

Existen algunos métodos para valorar los impactos ambientales de un proyecto, el más conocido es el método de la Matriz de Leopold.

La matriz de Leopold es una herramienta simple que fue diseñada en 1971 como respuesta de la Política Ambiental de 1969 de Estados Unidos. Esta matriz establece un sistema para el análisis cualitativo de impactos ambientales producto de la relación entre las actividades de un proyecto en sus diferentes fases y los componentes ambientales involucrados (Ponce, 2011).

Esta matriz de doble entrada tiene en el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental, separadas en cada fase de desarrollo del proyecto, las cuales son: Construcción, Operación y Cierre; en el eje vertical se colocan los componentes ambientales que pueden ser afectados (Ponce, 2011).

En cada casilla de interacción entre los factores del eje vertical y los factores del eje horizontal, se colocan valores de Magnitud (entre 1 y 10, según su grado de afectación tanto negativa como positiva) e Importancia (entre 1 y 10), que se multiplicarán entre sí para dar el valor al impacto en esa interacción. Finalmente, se hará una suma algebraica de todas las interacciones para obtener el valor del impacto total (Ponce, 2011).

			ACTIVIDADES			# POSITIVOS	# NEGATIVOS
			Fase de construcción				
Componente	Subcomponente	Factor ambiental	D e s e r v i c i o n	E x c a v a c i o n	M o d i f i c a c i o n		
Abiótico	Agua	Calidad del agua superficial					
		Hidrología del área					
		Calidad del agua subterránea					
		Generación de residuos líquidos					

Figura 3. Ejemplo de una Matriz de Leopold

Elaboración: Cajas, 2022

La Matriz de Leopold es una manera sencilla de jerarquizar los impactos ambientales, dando la importancia requerida a aquellos que se consideran mayores, sin embargo, es una herramienta que puede dejar cierto margen para la subjetividad del evaluador, al asignar valores importancia a cada interacción (Ponce, 2011).

2 METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos en el desarrollo de Estudios Preliminares, como primer paso, se procedió a recopilar información bibliográfica y de campo con visitas al área de estudio, aplicación de encuestas y entrevistas a los habitantes. Se recopiló información sobre las condiciones de vida, entorno físico y nivel socioeconómico de los pobladores.

Se determinó un punto de muestreo de suelo ubicado en la propiedad de la señora Carmen Caticuago, con la finalidad de obtener una muestra inalterada en la que posteriormente se analizaron parámetros físicos relacionados con el manejo de excretas en zonas rurales como textura, estabilidad y permeabilidad con ensayos de mecánica de suelos en LEMSUR (Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas) de la Escuela Politécnica Nacional.

Finalmente, con la información recopilada anteriormente, se identificó y valoró los Impactos Ambientales utilizando el Método de la Matriz de Leopold.

En las secciones a continuación, se describen los procesos realizados para conseguir los resultados esperados.

2.1 Estudio Descriptivo

2.1.1 Investigación Bibliográfica

Se buscó y recopiló información sobre la ubicación geográfica de la comunidad San Rafael en páginas de internet y aplicaciones como Google Earth, Google Maps y la página oficial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Checa, de donde se obtuvo el Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Checa 2020 - 2023.

Se procesó información y datos geográficos del Instituto Geográfico Militar, 2011, Base escala 1:50000 en el software ArcGIS para la presentación visual (mapa) de la ubicación geográfica de la Comunidad San Rafael.

La información para realizar el mapa de Precipitación fue obtenida de la Base de Datos del Sistema Nacional de Información (SNI). El SNI contiene información pública de uso educativo de Instituciones Ecuatorianas, una de ellas es el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), de donde se obtuvo el archivo del historial de

Precipitación Media Multianual en formato .shp llamado “Isoyetas”, para luego ser procesado en el programa ArcGIS.

De la misma manera, se obtuvo la información para realizar el mapa de Temperatura para la Comunidad San Rafael. Con el archivo en formato .shp del historial de Temperatura Media Multianual se procesó en ArcGis para presentar los datos de manera visual.

Con información obtenida del Anuario Hidrometereológico 2021 del FONAG se realizaron los gráficos de los historiales de Temperatura y Precipitación media mensual para el año 2021, tomando en consideración que este es el último año finalizado previo a la realización del presente Trabajo de Integración Curricular.

Se obtuvo el archivo *srtm_WGSUTM17S.img* de la base de datos del Instituto Geográfico Militar y se procesó la información mediante el programa ArcGIS para determinar las curvas de nivel del área de estudio.

Se utilizó la información del archivo *USO_SUELO_SIERRA* de la base de datos del SNI, en donde, luego de ser procesado en ArcGIS, se observó la cobertura vegetal de suelo en el área de estudio.

En la base de datos del SNI, se pudo obtener la información de Ríos y Quebradas de Ecuador en formato .shp, el cual fue procesado posteriormente con el archivo de Ubicación Geográfica de la Comunidad San Rafael en el programa ArcGIS.

2.1.2 Investigación en campo

Para realizar el mapa de la comunidad San Rafael, se obtuvieron las coordenadas geográficas den el sistema UTM DATUM WGS 84 zona 17S mediante la utilización de la aplicación móvil “Tactical GPS UTM, MGRS” compatible con el sistema operativo iOS.

Para determinar las condiciones actuales del manejo de excretas dentro de la comunidad, en el periodo de visitas técnicas a la Comunidad San Rafael, se observaron las formas de manejo de excretas que emplean sus habitantes, así como también, se realizaron entrevistas a los moradores.

También se realizó una encuesta para determinar las condiciones actuales, la misma que fue estructurada con 14 preguntas relacionadas al manejo de excretas.

El objetivo fue recopilar información sobre el tratamiento de excretas, sus condiciones y materiales de construcción, los componentes de las descargas que se vierten en los pozos,

los problemas que se han presentado y el procedimiento se realizan en cada vivienda una vez que los sistemas de tratamiento de excretas han cumplido su vida útil, entre otros.

La encuesta aplicada para conocer las condiciones actuales de manejo de excretas en la Comunidad San Rafael se puede ver en el Anexo I.

2.2 Estudio Socioeconómico

2.2.1 Aplicación de Encuestas

Para obtener información sobre el nivel socioeconómico de los habitantes de la comunidad, fue necesario realizar un estudio mediante la aplicación de encuestas.

Debido a que no es posible aplicar encuestas a todas las familias de la comunidad se determinó una muestra representativa para obtener la información requerida.

2.2.1.1 Determinación del tamaño de la muestra

El cálculo de la muestra de la población de San Rafael requirió determinar la variabilidad de los datos que se desea conocer. La variabilidad se representa con parámetros como el nivel de confianza deseado (Z) y la precisión absoluta (d).

El nivel de confianza deseado (Z) muestra el grado de confianza que se tiene de que los datos verdaderos en la población se encuentren en la muestra calculada (Aguilar, 2005). Para aplicar este parámetro en la fórmula de cálculo de muestra, se debe obtener valores del área de la curva normal, en la Tabla 6 se presentan los valores de (Z) para los niveles de confianza 90%, 95% y 99%.

Tabla 6. Nivel de confianza

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2.58
5	95%	1.96
10	90%	1.645

Fuente: (Aguilar, 2005)

La precisión absoluta (d) es la amplitud que se desea del intervalo de confianza en ambos lados del valor real de la diferencia entre las dos proporciones. Su valor dependerá del nivel de precisión que se quiera obtener de los datos de la investigación, datos muy cercanos a

la realidad o aproximados (Aguilar, 2005). En la Tabla 7 se presentan los valores de (d) que se utilizarán en la fórmula de cálculo de muestra, en relación con el nivel de confianza.

Tabla 7. Precisión absoluta

%	Valor d
99%	0.1
95%	0.05
90%	0.001

Fuente: (Aguilar, 2005)

El manejo de excretas dentro de la Comunidad San Rafael, como se ha mencionado en secciones anteriores, se realiza en cada vivienda, es decir, el aporte de aguas negras en los pozos ciegos o letrinas es de manera unifamiliar, por lo que el tamaño de la población total (n), en este caso, es de 50 familias.

Cuando se conoce el tamaño total de la población de observación, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 4. Tamaño de muestra representativa

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde:

p: proporción del fenómeno en estudio en la población, para este caso se utilizó el 0.9

q: proporción de la población que no presenta el fenómeno en estudio (1-p), en este caso es 0.1

Z: nivel de confianza, para este caso se utilizó el 90% (1.645)

N: Tamaño total de la población (50)

n: Tamaño de la muestra

d: precisión absoluta, para este caso se utilizó el valor de 0.1

$$n = \frac{(50)(1.645)^2 (0.9)(0.1)}{(0.1)^2(50-1)+(1.645)^2 (0.9)(0.1)} = 16.6 \approx 17$$

Entonces, el tamaño de la muestra representativa de la población de San Rafael fue 17 familias.

2.2.1.2 Estructura de la Encuesta: Estratificación

La estratificación del Nivel Socioeconómico se realizó en base a 6 dimensiones, cada una con un puntaje asignado (Tabla 8). Para un hogar que alcance la máxima puntuación en cada dimensión, la suma total sería 1000 puntos (INEC, 2010).

Tabla 8. Puntaje por dimensión

Dimensiones	Puntaje
Características de la vivienda	236
Nivel de Educación	171
Actividad económica del hogar	170
Posesión de Bienes	163
Acceso a tecnología	161
Hábitos de consumo	99
Total	1000

Fuente: (INEC, 2010)

Cada dimensión está conformada con variables específicas correlacionadas entre sí, determinadas luego de análisis exploratorios (INEC, 2010). Cada variable tiene una importancia definida que será representada por un puntaje. En el Anexo II se observa el modelo de encuesta que fue aplicada y, el puntaje asignado a cada variable o dimensión.

Se determinó rangos o umbrales de acuerdo a 5 conglomerados obtenidos como resultado del análisis grupal realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). En la Tabla 9, se observa los grupos socioeconómicos con sus respectivos umbrales.

Tabla 9. Umbrales que definen los estratos socioeconómicos

Grupos Socioeconómicos	Umbrales
A (ALTO)	De 845.1 a 1000 puntos
B (MEDIO ALTO)	De 696.1 a 845 puntos
C+ (MEDIO TÍPICO)	De 535.1 a 696 puntos
C- (MEDIO BAJO)	De 316.1 a 535 puntos
D (BAJO)	De 0 a 316 puntos

Fuente: (INEC, 2010)

La aplicación de encuestas se realizó el día 16 de enero de 2022. (Figura 4)



Figura 4. Aplicación de encuestas en San Rafael
Elaboración: Cajas, 2022

2.3 Estudio Técnico

2.3.1 Obtención de la muestra de suelo

Para realizar la toma de muestra se necesitó un plan previo de muestreo en donde se dispuso la información necesaria del punto de muestreo, el alcance, las condiciones de transporte de la muestra, herramientas y materiales que se necesitaron, entre otros.

El objetivo del Plan de Muestreo fue obtener una muestra inalterada de suelo en forma de bloque cúbico para realizar ensayos de mecánica de suelos en laboratorio, con el fin de analizar parámetros físicos como textura, estabilidad y permeabilidad, ligados al manejo de excretas en zonas rurales.

El Plan de Muestreo realizado previo a la obtención de la muestra inalterada de suelo en la Comunidad San Rafael se encuentra en el Anexo III. En la Tabla 10, a continuación, se presentan los aspectos básicos relevantes sobre la ubicación del punto de muestreo y las características de la muestra.

Tabla 10. Información necesaria previo al muestreo

Zona de estudio:	San Rafael, Parroquia Checa, Cantón Quito, Provincia Pichincha
Área de estudio [Ha]:	132
Número total de Muestras para análisis:	1
Tipo de muestra:	Bloque Cúbico Inalterado
Profundidad [m]:	2
Dimensiones [m³]:	0.3 x 0.3 x 0.3
Descripción del punto de muestreo:	Propiedad de la Sra. Carmen Caticuago
ID de la muestra:	Punto 1
Zona UTM WGS 84:	17 M
Coordenadas:	E: 804035 N: 9984597

Elaboración: Cajas, 2022

La obtención de la muestra inalterada de suelo en el punto descrito dentro de la Comunidad San Rafael se efectuó el 4 de junio de 2022. Las coordenadas del punto de muestreo fueron obtenidas con la aplicación móvil "Tactical GPS UTM, MGRS". En la Figura 5 se muestra la ubicación geográfica del punto de muestreo designado.

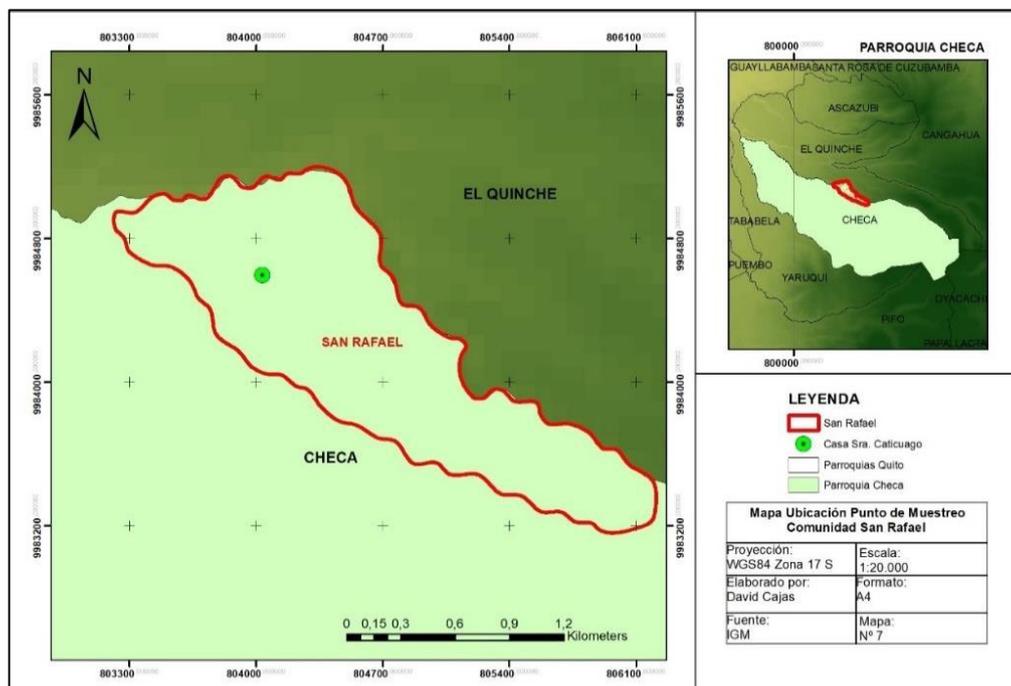


Figura 5. Ubicación geográfica del punto de muestreo

Elaboración: Cajas, 2022

Las herramientas utilizadas para el muestreo fueron: machete, pala, azadón, barra, cuchillo de cocina, cinta adhesiva, guantes, flexómetro, pala de jardinería, GPS, funda negra, cuaderno de apuntes, esfero y marcador.

El procedimiento para la toma de muestra se basó en la norma española UNE 7-371-75 (IRANOR, 1975).

- Se retiró con un machete la capa vegetal arbustiva presente en el punto designado para realizar el muestreo.
- Se despejó la capa superficial con materia orgánica y vegetación del suelo hasta una profundidad precisa de 10 cm en donde el suelo estuvo completamente fresco.
- Se excavó un hueco con área de 4m^2 con la ayuda de una pala y un azadón, hasta llegar a una profundidad de 2 m aproximadamente.
- Se alisó la superficie que posteriormente fue la cara superior del bloque de suelo y se marcó el contorno del área de 30 cm^2 .
- Se excavó una zanja de 10 cm de ancho alrededor del contorno de la cara superior del bloque, para el posterior tallado de las caras laterales del bloque.



Figura 6. Excavación del cubo de suelo

Elaboración: Cajas, 2022

- Con la pala de jardinería y la barra de hierro, se dio la forma cúbica y el tamaño final a la muestra, cuidando las caras laterales y la cara superior del bloque.



Figura 7. Tallado de caras del bloque

Elaboración: Cajas, 2022

- Una vez que la zanja estuvo suficientemente honda (30 cm) y cada una de las caras estuvieron perfiladas, se extrajo la muestra, cortándola cuidadosamente con un cuchillo.
- Se cubrió el bloque sellado con una funda plástica negra gruesa y se aseguró con cinta adhesiva.
- Se etiquetó la muestra con el nombre, procedencia, profundidad e identificación de la cara superior del bloque.
- Finalmente, el bloque de suelo fue entregado al laboratorio LEMSUR de la Escuela Politécnica Nacional para la realización de los ensayos respectivos.



Figura 8. Empaquetado y etiquetado de la muestra inalterada
Elaboración: Cajas, 2022

2.3.2 Ensayos de Mecánica de Suelos en Laboratorio

Los análisis de textura, estabilidad y permeabilidad del suelo fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, Mecánica de Suelos y Rocas (LEMSUR), los mismos que se basaron en las Normas Técnicas de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

A continuación, se detallan los procedimientos efectuados de cada uno de los ensayos para determinar los parámetros respectivos.

2.3.2.1 Ensayo Clasificación SUCS

Para determinar la textura de la muestra de suelo de la Comunidad San Rafael, se realizó el Ensayo de Clasificación SUCS o en inglés conocido como Unified Soil Classification System con designación D2487 -17.

- Como paso preliminar, se extrajeron dos muestras de aproximadamente 30 g cada una de la muestra total de suelo y se secaron en el horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24

horas, para determinar el contenido de humedad presente en el suelo (ASTM D 2216-19).

- Se extrajo otra cantidad de suelo disgregado del bloque de 50 g aproximadamente.
- Se procedió a pasar la muestra por tamices con aberturas de diferente medida. Los tamices se ubicaron uno encima del otro. En la base se colocó una bandeja donde se depositaron las partículas más finas, seguido de esta, se colocaron en orden ascendente, según el tamaño de abertura, los tamices #200 (0.075 mm), #140 (0.106 mm), #100 (0.15 mm), #60 (0.25 mm), #40 (0.425 mm), #20 (0.85 mm) y #10 (2 mm).



Figura 9. Tamices de diferentes aberturas
Elaboración: Cajas, 2022

- El movimiento para tamizar la muestra fue nutacional, es decir, el movimiento se realizó en forma de espiral evitar la suspensión en el aire de las partículas ultra finas. Esta actividad se realizó por 3 min.
- Terminado el tamizaje, se recogieron las cantidades de suelo que permanecieron en cada uno de los tamices, incluida la bandeja de base y se pesó su contenido por separado.
- Finalmente, se calculó el porcentaje de suelo retenido y acumulado en cada tamiz, así como el porcentaje pasante.

El Informe de Resultados por parte de LEMSUR para el Ensayo Clasificación SUCS se encuentra en el Anexo IV.

2.3.2.2 Ensayo Triaxial UU

Antes de iniciar con el ensayo, la muestra de suelo fue preparada de una manera específica. Se extrajo un pequeño prisma del bloque de suelo principal y se le dio una forma

cilíndrica con la ayuda del tallador como se muestra en la Figura 10. Las medidas del cilindro fueron 3.5 cm de diámetro y 7.5 cm de alto.



Figura 10. Tallado de muestra
Elaboración: Cajas, 2022

- Una vez preparada la muestra, se colocó sobre el pedestal de la cámara y se cubrió con una membrana plástica (Figura 11).



Figura 11. Cámara Triaxial
Elaboración: Cajas, 2022

- Se colocó la cámara sobre la plataforma triaxial y se permitió el ingreso de agua.
- Se aplicó confinamiento con agua a presión constante de 1 kg/cm^2 .
- No se permitió el drenaje de la muestra durante la aplicación de la presión del fluido de confinamiento de la prueba.
- La probeta de prueba se sometió a una carga de deformación axial, es decir, fue una deformación controlada.

- Se aumentó la carga de deformación axial desde cero hasta que se presentó la máxima deformación en la muestra de suelo.
- Este procedimiento se realizó por tres ocasiones, con tres muestras cilíndricas diferentes de suelo, con tres presiones de confinamiento diferentes (0.5, 1 y 2 kg/cm²).
- Una vez realizado el Ensayo Triaxial UU, las muestras de suelo presentaron características físicas de deformación como se visualiza en la Figura 12.



Figura 12. Muestras de suelo luego de haber sometidas al ensayo triaxial

Elaboración: Cajas, 2022

Con los resultados de cohesión, densidad y ángulo de fricción, se calculó la capacidad de carga para el suelo de la Comunidad San Rafael, con la Ecuación 1 detallada en la sección 1.4.3.2. Estabilidad.

El Informe de Resultados procedente del laboratorio LEMSUR donde se observan los valores obtenidos en este ensayo se encuentra en el Anexo V.

2.3.2.3 Ensayo de Permeabilidad con carga Constante

Para determinar la permeabilidad del Suelo de la Comunidad San Rafael, se utilizó el método del Ensayo de permeabilidad con carga constante de la ASTM D2434-22 (Measurement of Hydraulic Conductivity of Coarse-Grained Soils).

Como en el caso del Ensayo Triaxial UU descrito en la sección anterior, la muestra de suelo debió ser preparada antes de iniciar con el Ensayo de Permeabilidad. La muestra que ingresó al permeámetro fue de forma cilíndrica con dimensiones de 3 cm de diámetro y 7 cm de alto.

- Una vez tallada la muestra de suelo en forma cilíndrica, se colocó en el molde y se pesó, cuidando que no existan espacios vacíos entre las paredes del tubo metálico y la muestra de suelo, es decir, la muestra debe tener el diámetro exactamente igual al diámetro interno del molde. El molde fue asegurado con pernos y sellado con empaques para evitar filtraciones.



Figura 13. Muestra de suelo en el interior del molde asegurado

Elaboración: Cajas, 2022

- El permeámetro fue conectado al molde por medio de una pequeña manguera plástica. Antes de aplicar carga a la muestra, se debe eliminar los vacíos de aire en la manguera y en el molde.
- Se cargó el permeámetro hasta 1000 cm. Se mantuvo constante la carga a lo largo del ensayo.



Figura 14. Permeámetro

Elaboración: Cajas, 2022

- Se tomó el tiempo hasta que la primera gota de agua salió por el orificio del molde. Posterior a eso, se realizan 8 mediciones de volumen y temperatura del agua en la probeta cada 20 min.



Figura 15. Mediciones de volumen en probeta
Elaboración: Cajas, 2022

- Una vez que se realizaron todas las mediciones, se pesó la muestra de suelo saturado, se extrajo el suelo del molde y se secó en el horno a 105 °C por 24 horas.



Figura 16. Secado de la muestra en el horno
Elaboración: Cajas, 2022

- Se pesó el suelo seco y se registró su valor.



Figura 17. Pesaje de muestra seca de suelo
Elaboración: Cajas, 2022

Este procedimiento fue realizado por tres ocasiones, con cargas de 2000, 1000 y 500 cm, para comparaciones de resultados.

El ensayo de permeabilidad con carga constante consiste en obtener una muestra de suelo de área transversal (A) y longitud conocida (L). El agua que fluye (V) en un determinado tiempo (t), atravesando la muestra de suelo, se mide en centímetros cúbicos (cm³). La carga (H) es constante en todo el periodo de ensayo (Balbín, 2019).

Conocidos los valores V, H, L, t y A, se calculó el coeficiente de permeabilidad y la corrección a 20 °C aplicando las Ecuaciones 2 y 3 de la sección 1.4.3.3. Permeabilidad.

El Informe de Resultados por parte de LEMSUR para el Ensayo de Permeabilidad con Carga Constante se puede ver en el Anexo VI.

2.4 Estudio Ambiental

2.4.1 Identificación de Impactos Ambientales Actuales

La identificación de Impactos Ambientales se realiza antes de la Evaluación de los mismos. Es importante conocer las actividades que generan los aspectos a ser evaluados, estos son componentes esenciales para la evaluación de los impactos ambientales (Loustau, 2014).

Se debe relacionar las acciones del proyecto y los factores a ser evaluados. Los factores son identificados a partir de listas de chequeo o verificación y discutidas con los involucrados (Coria, 2008).

La identificación de los Impactos Ambientales por el manejo actual de excretas en la Comunidad San Rafael se realizó mediante visitas técnicas al área de estudio con la observación detallada de los lugares en donde están construidos los pozos que almacenan las aguas residuales y excretas.

Se consultó a los moradores del sector, mediante entrevistas y encuestas (Ver Anexo I), como fue la excavación de los pozos, es decir la fase de construcción del proyecto unifamiliar, de lo cual se pudo determinar todas las actividades de esta fase como: el desbroce de vegetación tomando en cuenta que la flora del sector es principalmente arbustiva, la remoción de la capa vegetal del suelo (que en la mayoría de los casos es césped), la excavación y remoción de las capas del suelo, y en algunos casos, la impermeabilización con una capa de cemento.

Luego las conexiones y canalizaciones, mediante tubería, de las aguas negras provenientes de los inodoros y finalmente el cubrimiento del pozo mediante una estructura

sencilla de hierro y cemento o plástico, dejando un espacio pequeño para la colocación de un único tubo perpendicular a la superficie que servirá para la ventilación de los pozos.

En la fase de operación y mantenimiento, se determinó que las principales actividades son el monitoreo continuo del nivel del pozo para evitar su desborde y, la canalización y desvío de las aguas lluvias para evitar el llenado rápido de los pozos.

Al finalizar el tiempo de vida de cada pozo unifamiliar, la mayoría de pozos son rellenados con tierra y sellados, sin dar un posterior tratamiento de los lodos generados, lo cual puede derivar a problemas futuros.

2.4.2 Valoración de Impactos Ambientales: Matriz de Leopold

Para la evaluación de los posibles Impactos Ambientales por el manejo actual de las aguas negras dentro de la Comunidad San Rafael se utilizó el método Matriz de doble entrada de Leopold.

En el eje vertical se colocaron las condiciones ambientales existentes que podrían ser afectadas por las acciones descritas en el eje horizontal. Las condiciones ambientales están separadas por componentes y subcomponentes ambientales, los cuales son: Componente Abiótico (subcomponentes: agua, suelo, aire y paisaje), Biótico (subcomponentes: flora y fauna) y Antrópico (subcomponentes: medio perceptual, humanos y, economía y población) (Ponce, 2011). En la siguiente tabla se enlistan las actividades del proyecto y las condiciones ambientales que fueron evaluadas.

Tabla 11. Actividades del proyecto y condiciones ambientales identificadas

Condiciones Ambientales – Eje Vertical			Actividades del proyecto – Eje horizontal	
Componente	Subcomponente	Condición ambiental	Fase del Proyecto	Actividad
Abiótico	Agua	Calidad del agua superficial	Construcción	Desbroce de vegetación
		Hidrología del área		Excavación
		Calidad del agua subterránea		Modificación de los niveles del suelo
		Generación de residuos líquidos		Modificación del hábitat de especies terrestres
	Suelo	Características Físicas mecánicas		Alteración de patrones de drenaje
		Destrucción de suelos		Impermeabilización
		Permeabilidad		Levantamiento de polvo
		Generación de residuos sólidos		Generación de suelo sobrante
	Aire	Calidad del aire		Transporte de tierra
	Paisaje	Pérdida del paisaje		Cubrimiento superior del pozo
Biótico	Flora	Afectación a árboles	Operación	Generación de malos olores
		Afectación a arbustos		Atracción de vectores biológicos
		Afectación a herbáceas		Debilitamiento del suelo por humedad
	Fauna	Afectación a fauna terrestre		Transporte de aguas residuales por tubería
				Filtraciones
		Ventilación		
Antrópico	Medio perceptual	Naturalidad	Cierre	Generación de lodos residuales
	Humanos	Enfermedades y fatiga		Almacenamiento de residuos sólidos
		Salud y confort		Almacenamiento de residuos sólidos
	Economía y población	Actividades agropecuarias vecinas		Sellado del pozo
		Turismo		Vaciado del contenido
		Generación de empleo		Generación de Malos olores

Fuente: (Ponce, 2011)
Elaboración: Cajas, 2022

Una vez identificadas las actividades del proyecto que podrían generar posibles impactos ambientales y las condiciones ambientales que podrían verse afectadas, se determinaron los criterios de evaluación.

Cada actividad se evaluó asignando valores de Magnitud e Importancia sobre las condiciones ambientales ubicadas en el eje vertical, con el procesamiento de datos reales obtenidos mediante visitas técnicas, bibliografía, encuestas y resultados de los análisis de suelo en laboratorio.

La Magnitud es la alteración provocada en la condición ambiental, se asignó valores entre 1 y 10 en la casilla superior del cuadro de interacción, con un signo menos (-) cuando representan alteraciones negativas y con un signo más (+) cuando representan alteraciones positivas que la actividad del proyecto puede provocar sobre la condición ambiental. De la misma manera, la Importancia da el peso relativo que la condición ambiental considerada tiene sobre el proyecto o la posibilidad de que haya algún tipo de alteración, tuvo valores asignados entre 1 y 10 en la casilla inferior del cuadro de interacción. Ambas casillas se encuentran separadas por una barra diagonal (Ponce, 2011).

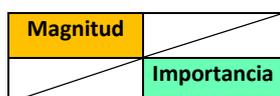


Figura 18. Casilla de interacción
Elaboración: Cajas, 2022

La Magnitud fue evaluada en términos de Intensidad y Afectación de las actividades del proyecto sobre las condiciones ambientales. Por otro lado, la Importancia fue evaluada en términos de duración (con criterios de temporal, media o permanente) e influencia (con criterios de puntual, local, regional o nacional). En la Tabla 12 se presentan los criterios y valores asignados para la valoración de impactos ambientales en la Matriz de Leopold.

Tabla 12. Criterios de calificación de Magnitud e Importancia

MAGNITUD		Alteración Positiva	Alteración Negativa	IMPORTANCIA		
Intensidad	Afectación	Calificación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	+1	- 1	Temporal	Puntual	+1
	Media	+2	- 2	Media		+2
	Alta	+3	- 3	Permanente		+3
Media	Baja	+4	- 4	Temporal	Local	+4
	Media	+5	- 5	Media		+5
	Alta	+6	- 6	Permanente		+6
Alta	Baja	+7	- 7	Temporal	Regional	+7
	Media	+8	- 8	Media		+8
	Alta	+9	- 9	Permanente		+9
Muy Alta	Alta	+10	- 10	Permanente	Nacional	+10

Fuente: (Ponce, 2011)

Elaboración: Cajas, 2022

Para determinar el valor de cada celda de interacción se multiplicó el valor asignado a la Magnitud con el valor asignado a la Importancia, donde el rango máximo posible debe ser entre -100 y 100.

Ecuación 5. Impacto

$$M \times I = Im$$

Dónde: M = Magnitud, I = Importancia y Im = Impacto.

Una vez obtenidos los valores, se determinó cuantas actividades del proyecto tienen impactos positivos como negativos, así mismo, se determinó cuantas alteraciones positivas como negativas sufren las condiciones ambientales evaluadas.

Posteriormente, se realizó la suma algebraica de cada fila para conocer el grado de alteración que tiene cada factor ambiental y de la misma forma se procedió a sumar cada columna para determinar el grado de influencia que tiene cada actividad del proyecto en cada factor ambiental (Rivera, 2019).

Ecuación 6. Impacto total

$$\sum_{i=1} Im_i = Im_T$$

Donde: Im_i = Impacto en cada interacción, Im_T = Impacto Total.

Finalmente, se sumaron los valores obtenidos en cada columna y los valores obtenidos en cada fila, estos resultados deben ser iguales. El valor total es el resultado final de la evaluación de impactos ambientales (Rivera, 2019).

Para el análisis de resultados se procedió a determinar la media y la desviación estándar de la suma de las filas. Por lo tanto, los valores que sean mayores a la desviación estándar de la media son los que causan mayor preocupación y a los que se debe prestar mayor atención por el manejo actual de las excretas en la Comunidad (Rivera, 2019).

Ecuación 7. Media

$$u = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Ecuación 8. Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - u)^2}{N}}$$

Donde:

u : Valor medio de los impactos ambientales obtenidos

σ : Desviación estándar

X_i : Valor individual de cada Impacto Ambiental

N : Número total de Impactos Ambientales obtenidos

En el Anexo VII, se puede observar la Matriz de Leopold con las actividades del proyecto, las condiciones ambientales y la asignación de los valores tanto para magnitud como para importancia en cada una de las interacciones.

3 RESULTADOS

3.1 Análisis de Resultados: Estudio Descriptivo

3.1.1 Información general

La Comunidad San Rafael es uno de los 17 barrios y comunidades pertenecientes a la parroquia rural Checa, ubicada al nororiente del Distrito Metropolitano de Quito, a una altura de 2880 m.s.n.m. (Terán & Escobar, 2020).

San Rafael, con una extensión de aproximadamente 132 hectáreas, alberga a 50 familias de 3 miembros en promedio cada una, es decir, el valor estimado de su población total es entre 150 individuos. La fuente principal de ingresos de sus habitantes proviene de la agricultura.

No existe medio de transporte público desde el centro poblado de Checa hasta San Rafael, por lo que los residentes y visitantes están obligados a movilizarse en camionetas de servicio particular o en vehículos propios de ser el caso.

En cuanto a servicios básicos, el agua de consumo de los habitantes proviene directamente de las vertientes del Cerro Puntas, sin someterse a un tratamiento previo de potabilización. El agua es captada y almacenada en reservorios impermeabilizados con geomembranas antes de ser trasladada y distribuida por tuberías plásticas a cada vivienda.

Los habitantes de la Comunidad San Rafael no cuentan con sistemas de alcantarillado público. Los sistemas de disposición de excretas que utilizan los pobladores del sector son pozos ciegos, fosas o letrinas de arrastre hidráulico de uso unifamiliar.

3.1.2 Ubicación geográfica

La información de la ubicación geográfica general de la Comunidad San Rafael, como Provincia, Cantón y parroquia a las que pertenece, así como los límites geográficos y puntos importantes de referencia que se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Información geográfica

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Parroquia:	Checa (rural)
Límites Geográficos	
Norte:	Quebrada Aglla
Sur:	Quebrada Muiquitechupa
Este:	Hacienda Flia. Ríos
Oeste:	Barrio Aglla
Puntos Importantes de Referencia	
San Rafael está ubicada en el camino al Cerro Puntas desde la Carretera Panamericana E35. Parroquias cercanas: Pifo, Yaruquí, El Quinche	

Fuente: (Terán & Escobar, 2020), (Bravo, 2022)

Elaboración: Cajas, 2022

En la Tabla 14, se presentan las coordenadas que delimitan a la comunidad San Rafael.

Tabla 14. Coordenadas geográficas de la Comunidad San Rafael

PUNTO	LONGITUD (Este)	LATITUD (Norte)	PUNTO	LONGITUD (Este)	LATITUD (Norte)
1	803250.17	9984968.39	11	805115.49	9983515.83
2	803297.80	9984762.02	12	805480.62	9983353.11
3	803397.02	9984632.99	13	805639.37	9983734.11
4	803571.65	9984583.42	14	805345.68	9983912.70
5	803726.43	9984444.52	15	805123.43	9984103.21
6	803754.21	9984285.77	16	804746.40	9984504.05
7	803944.71	9984158.77	17	804710.68	9984746.14
8	804162.99	9983992.08	18	804512.24	9985103.33
9	804436.83	9983833.33	19	803865.33	9985146.99
10	804754.34	9983634.89	20	803357.33	9985027.93

Fuente: Cajas, 2022

En la Figura 19, se presenta el mapa de la comunidad San Rafael procesado en el programa ArcGis.

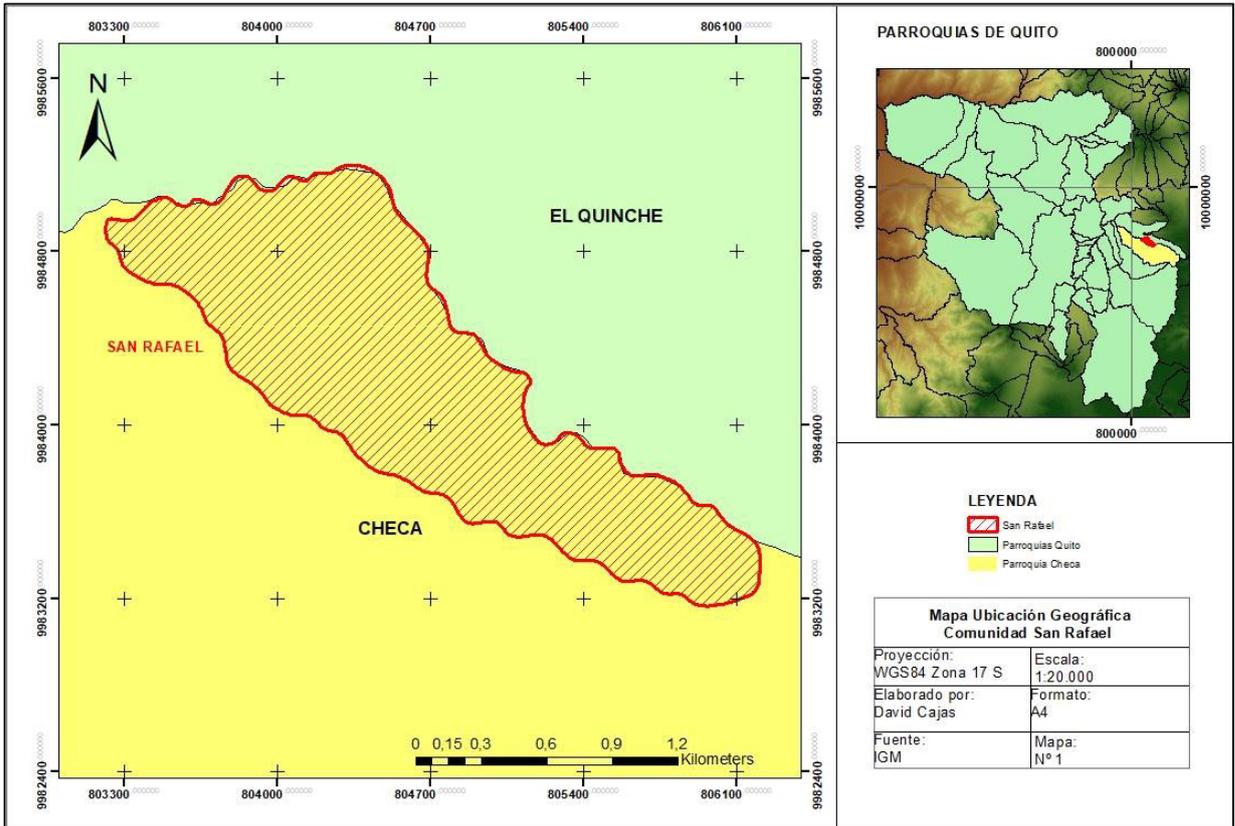


Figura 19. Ubicación geográfica de la Comunidad San Rafael

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.3 Condiciones Climáticas

3.1.3.1 Precipitación

Como se puede observar en la Figura 20, la Precipitación Media Multianual de la comunidad San Rafael se encuentra entre 750 y 1000 mm/año.

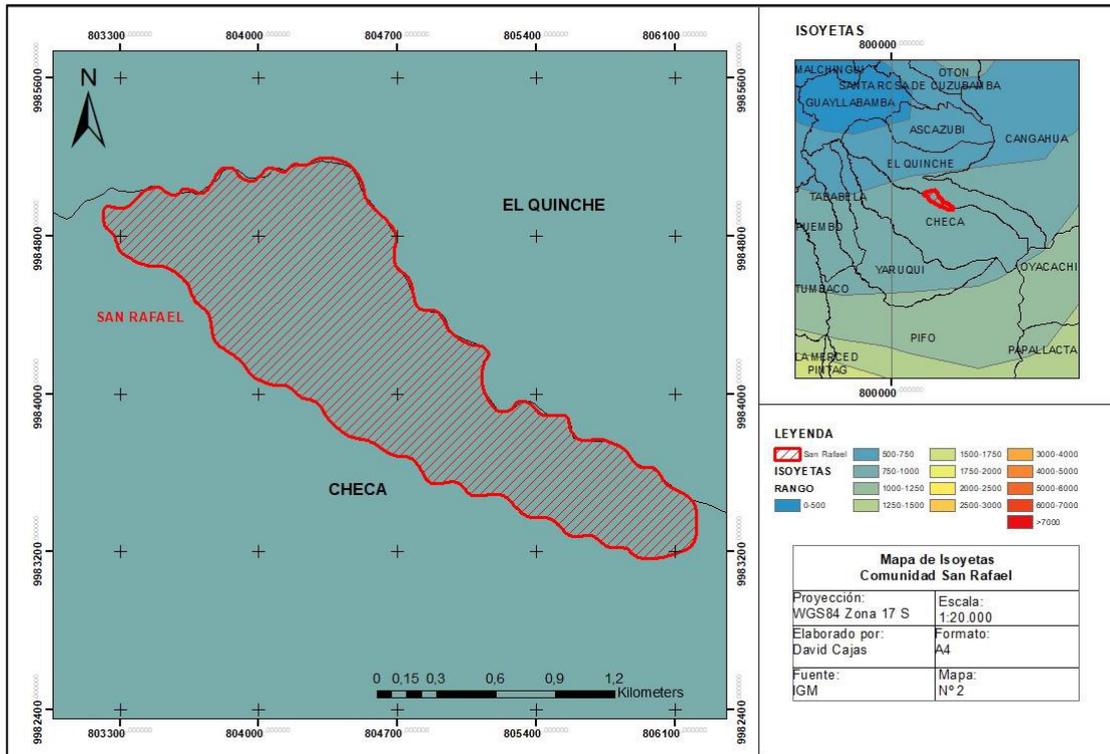


Figura 20. Precipitación Media Multianual – Comunidad San Rafael

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación, 2008)

Elaboración: Cajas, 2022

Por otra parte, en el Anuario Hidrometeorológico 2021 del Fideicomiso Fondo para la Protección de Cuencas y Agua (FONAG), la estación M5074 PUNTAS, cercana a la Comunidad San Rafael, ubicada en las coordenadas UTM (DATUM WGS 84) Latitud 9981721 y Longitud 809389, altitud 4142 m.s.n.m., presentó datos de precipitación media anual (2021) de 1194 mm, siendo el mes de agosto el menos lluvioso con 11.1 mm y marzo el más lluvioso con 271 mm (FONAG, 2021), como se muestra en la Figura 21.

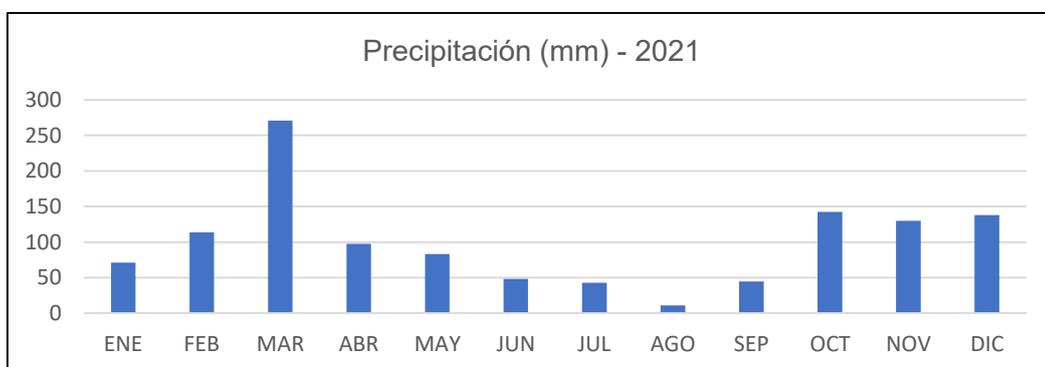


Figura 21. Precipitación Media Mensual 2021 - Estación Puntas

Fuente: (FONAG, 2021)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.3.2 Temperatura

El historial de Temperatura Media Multianual mostró que para la zona de estudio los valores varían entre 10 °C a 14 °C, como se muestra en la Figura 22.

Sin embargo, al buscar información sobre Temperatura Media Anual en el año 2021, esta fue de 5.03 °C, es decir, la Temperatura Media Anual en la Comunidad San Rafael ha disminuido en los últimos años (ver Figura 22).

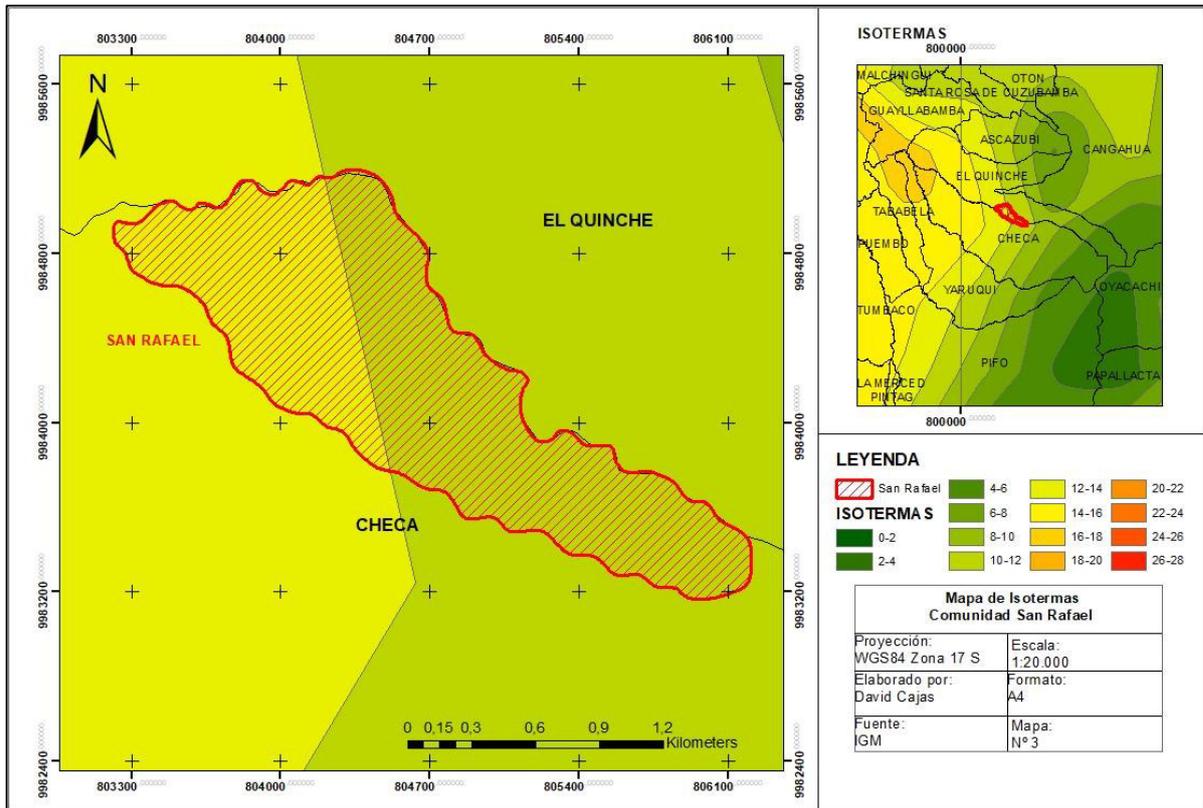


Figura 22. Temperatura Media Multianual- Comunidad San Rafael

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación, 2008)

Elaboración: Cajas, 2022

En la Figura 23 se muestra la Temperatura Media Mensual para el año 2021. También, se presentan los valores de Temperatura Máxima y Mínima mensual, siendo, agosto con la temperatura más baja y octubre con la temperatura más alta registrada.

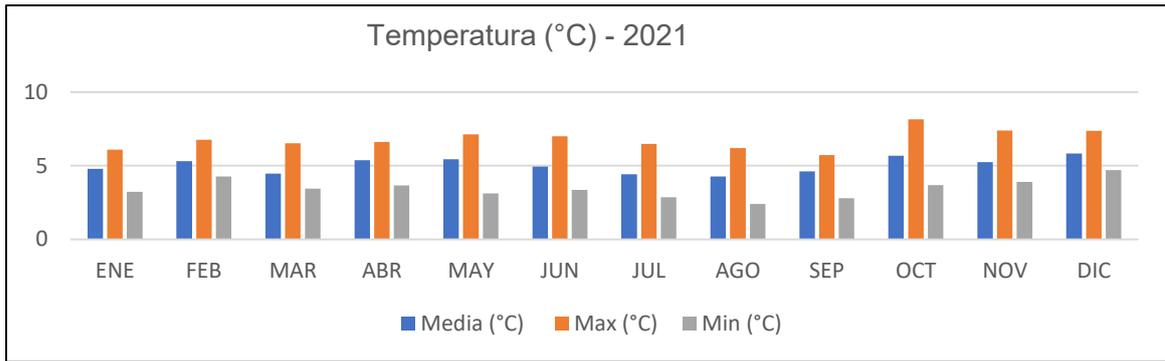


Figura 23. Temperatura Media Mensual 2021- Estación Puntas

Fuente: (FONAG, 2021)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.4 Condiciones Físicas

3.1.4.1 Relieve

La Comunidad San Rafael se encuentra a una altura de entre 2820 y 3280 m.s.n.m. como se muestra en a Figura 24.

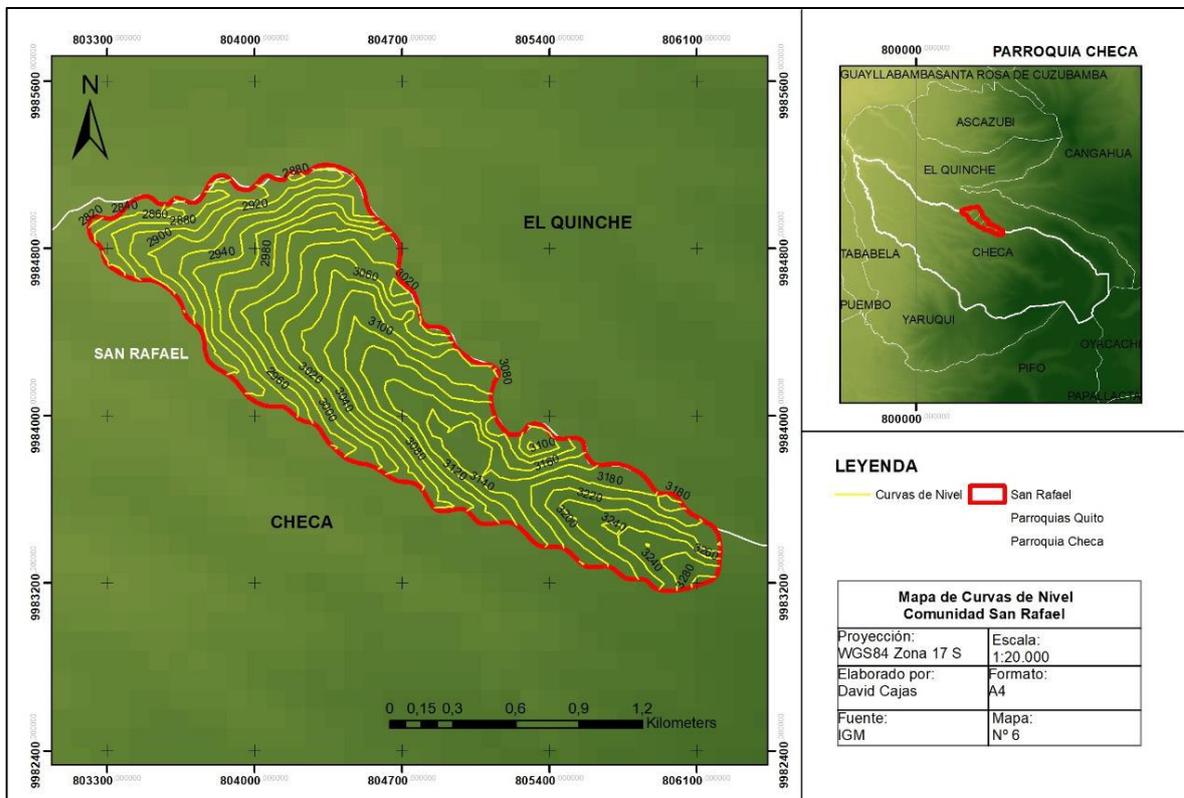


Figura 24. Relieve - Comunidad San Rafael

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.4.2 Cobertura Vegetal del suelo

En la Figura 25, se presenta la cobertura vegetal de suelo en la Comunidad San Rafael en su mayoría es pasto natural (PN) de color rosa claro, seguido por bosque natural (BN) de color rosa oscuro y por último bosque plantado (BP) de color rosa pálido.

En la actualidad, la cobertura vegetal de pasto natural ha sido reemplazado por sembríos de maíz, papas, frutillas entre otros.

Las pequeñas zonas de bosques naturales cercanos a las quebradas tienen como protagonistas especies endémicas como el pumamaqui o el sigse.

Los bosques plantados no son extensos y en su mayoría son de árboles de eucalipto.

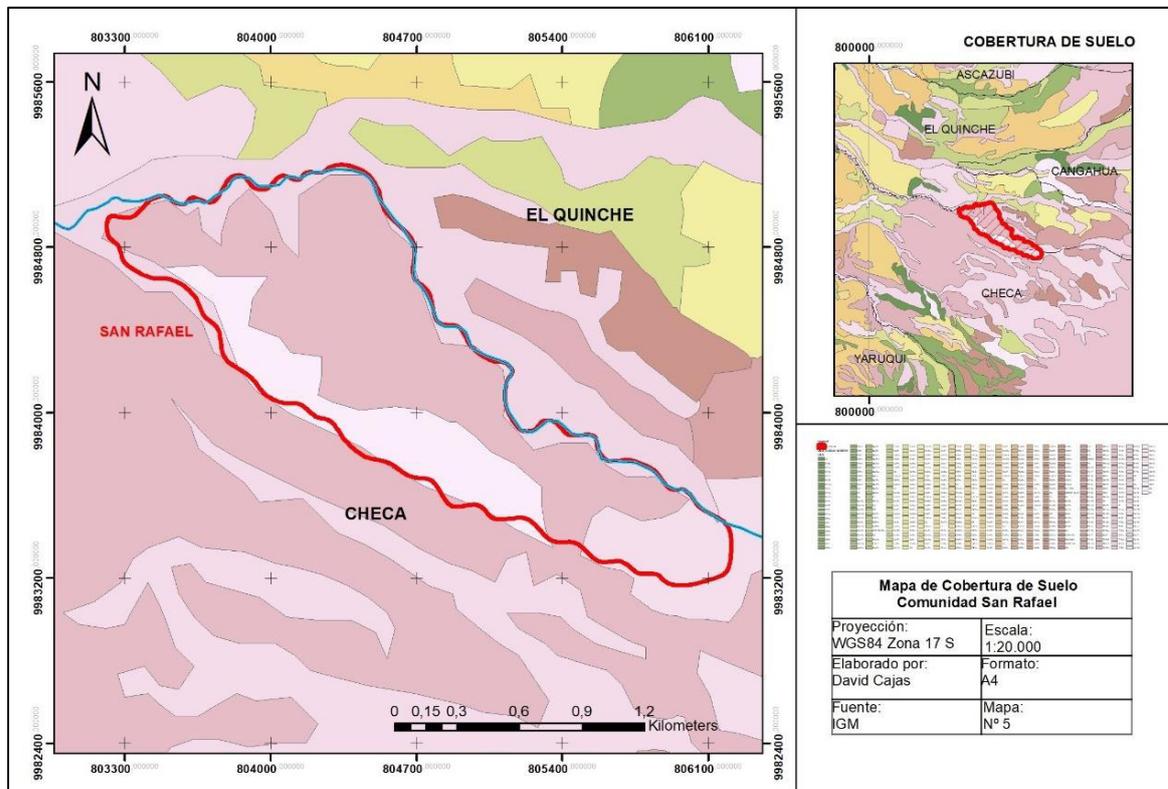


Figura 25. Cobertura del Suelo - Comunidad San Rafael

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.4.3 Hidrografía

En la Figura 26, se observa el mapa hidrográfico de la Comunidad San Rafael. Se visualiza que la Comunidad tiene como límites dos quebradas, en el norte la Quebrada de Aglla y en el sur la Quebrada de Muiquitechupa.

La comunidad no presenta otros cuerpos de agua como lagos, lagunas o ríos con influencia directa dentro de su territorio o cercanos al mismo.

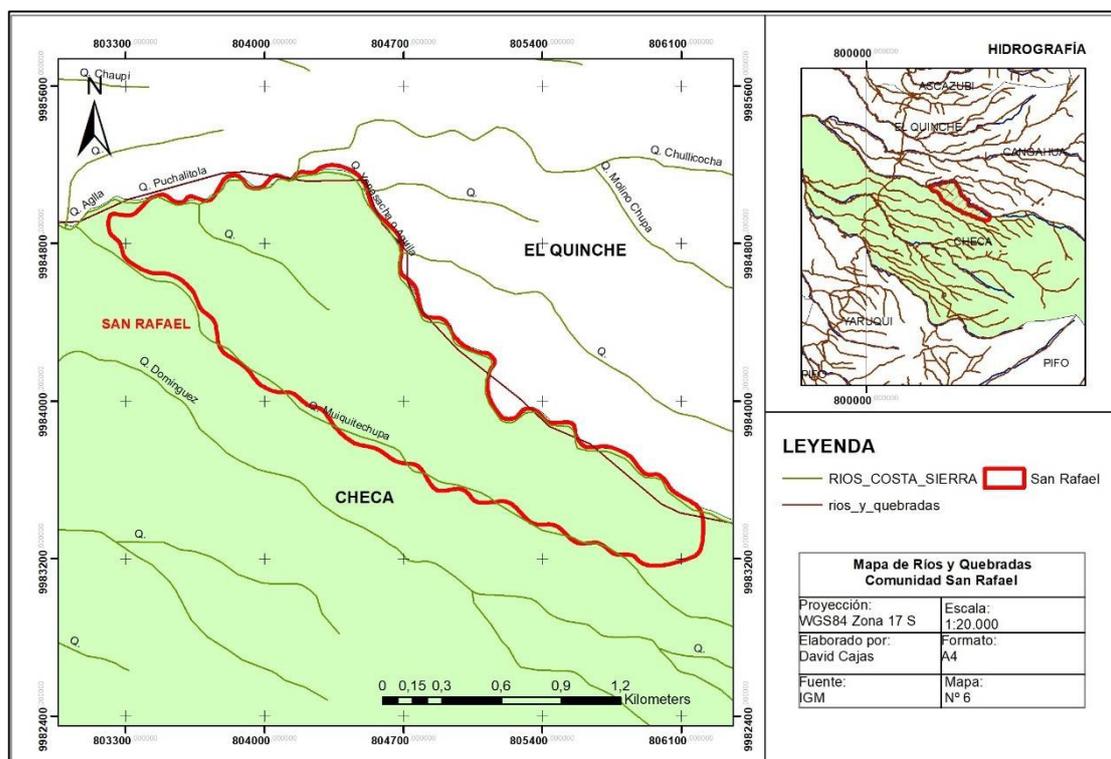


Figura 26. Ríos y Quebradas - Comunidad San Rafael

Fuente: (Instituto Geográfico Militar, 2011)

Elaboración: Cajas, 2022

3.1.5 Situación Actual del Manejo de Excretas en la Comunidad San Rafael

Con la información recopilada mediante la aplicación de encuestas (ver Anexo II) en la comunidad San Rafael, se diagnosticó que el 76% de las familias cuentan con pozos ciegos para la eliminación de excretas, por otra parte, el 24% no cuenta con ningún tipo de sistema de para la disposición de excretas, por lo que realizan la defecación al aire libre.

En San Rafael, los pozos ciegos son excavaciones que tienen como dimensiones: 4 a 8 m de profundidad y 2 m de diámetro, cubiertos por una loza sencilla de hierro y cemento.

Se observó que la mayoría de las familias en la Comunidad San Rafael cuenta con inodoros en el interior de las casas. Estos son conectados mediante tubería plástica a los pozos ciegos ubicados a 3 o 4 metros al exterior de la vivienda.

En pocos casos, los inodoros son colocados sobre la cubierta del pozo ciego, al exterior de las casas, como se observa en la Figura 27.

El 80% de los pozos ciegos cuentan con pequeñas aberturas para la ventilación, como se observa en la Figura 27, el 20% restante no cuenta con tubos para ventilación o no cuenta con sistemas de manejo de excretas.

El 40% de sistemas de manejo de excretas tiene pozos con paredes impermeabilizadas con un revestimiento de cemento, por otro lado, el 60% de los sistemas de manejo de excretas no tiene pozos con paredes impermeabilizadas.

El 22% de las familias encuestadas expresó que han percibido olores desagradables provenientes de los pozos ciegos y el 10% ha notado filtraciones visibles de las paredes de los pozos ciegos, cuando estos han sido ubicados en laderas de pendiente.



Figura 27. Inodoro colocado sobre el pozo de recolección - Comunidad San Rafael
Elaboración: Cajas, 2022

Las aguas residuales que se vierten en los pozos ciegos son procedentes únicamente de las descargas de los inodoros. Las aguas residuales provenientes de las duchas, lavabos, cocina, entre otros, son vertidas directamente a los terrenos con cultivos aledaños a las casas.

Cuando los pozos ciegos han cumplido con su vida útil, es decir, son llenados completamente, el 36% de las familias sellan los pozos con tierra, el 21% utiliza el contenido del pozo como abono para los cultivos, el 14% utiliza los servicios de gestores ambientales para vaciar los pozos mediante tanqueros y el 29% restante de las familias no

reside habitualmente en San Rafael por lo que presiden del uso de sistemas propios de disposición de excretas.

Cabe destacar que el contenido líquido de los pozos ciegos se filtra por el suelo, quedando como restante el contenido sólido que se degrada por bacterias, por lo tanto, el contenido sobrante en los pozos ciegos es materia orgánica degradada.

3.2 Análisis de Resultados: Estudio Socioeconómico

3.2.1 Características de la Vivienda

En esta sección, se preguntó a las familias, las características de sus viviendas como el tipo, los materiales de construcción de paredes y pisos, cuartos de baño con ducha y el tipo de servicio higiénico del cual disponen.

- El 18% de los encuestados afirmaron que el tipo de su vivienda es una mediagua, mientras que el 82% dijo que su vivienda es una casa. No se registraron respuestas para departamentos, ranchos, suites de lujo, entre otros.
- El 6% dijo que el material predominante de las paredes es adobe y el 94% restante afirmó que las paredes fueron construidas con bloque o ladrillo.



Figura 28. Tipos de Casa - Comunidad San Rafael

Elaboración: Cajas, 2022

- En el caso del material del piso, el 18% tiene como material de piso directamente la tierra, otro 18% tiene baldosa o cerámica y el 64% restante tiene el piso de cemento.
- El 71% tiene 1 cuarto de baño exclusivo con ducha y el 29% restante no cuenta con cuartos de baño de uso exclusivo con ducha.

- El 24% de las familias no cuenta con ningún tipo de servicio higiénico, por otro lado, el 76% afirmó que el tipo de servicio higiénico que dispone cada hogar está conectado a un pozo ciego unifamiliar.

3.2.2 Acceso a la Tecnología

En esta sección, se realizaron preguntas correspondientes al Acceso a la Tecnología que tiene cada hogar en la comunidad.

- El 47% de las familias encuestadas cuenta con servicio de internet en su hogar, sin embargo, la señal es deficiente. El 53% no cuenta con este servicio.
- Solamente el 6% del total de familias encuestadas posee una computadora de escritorio, mientras que el 94% no posee al menos una computadora de escritorio.
- Por otro lado, el 18% posee computadoras portátiles. El 82% no posee al menos una computadora portátil.
- En cuanto al servicio de telefonía celular, el 6% no cuenta con ningún teléfono celular, el 65% tiene 1 celular activado, el 18% cuenta con 2 celulares, y el 11% cuenta con 3 celulares activados en el hogar.

3.2.3 Posesión de Bienes

En esta sección, se consultó a las familias de San Rafael los bienes que poseen en sus hogares.

- Ninguna familia cuenta con servicio de teléfono convencional, así como tampoco de lavadora.
- El 41% del total de familias encuestadas tiene cocina con horno y 59% no posee este bien.
- El 52% posee de al menos 1 refrigeradora. El 48% no tienen refrigeradora donde mantener sus alimentos frescos.
- El 35% tiene equipos de sonido y el 65% no posee ningún equipo de sonido.
- El 47% posee al menos 1 televisión a color y el 53% de encuestados no posee televisiones a color.
- El 35% de las familias encuestadas tiene un vehículo de uso exclusivo para el hogar. Afirieron que es indispensable debido a que no existe ningún sistema de transporte público que llegue hasta San Rafael.

3.2.4 Hábitos de Consumo

En esta sección, se preguntó a cada familia algunos temas relacionados a los hábitos de consumo en general que tienen en el hogar.

- Únicamente el 6% de los hogares encuestados ha utilizado ropa comprada en centros comerciales. El 94% utiliza ropa heredada o regalada.
- El 53% indicó que al menos un integrante de la familia ha usado internet en los últimos 6 meses. El 47% no ha utilizado internet en los últimos 6 meses.
- El 41% de las familias encuestadas dijo utilizar un correo electrónico que no sea del trabajo y el mismo porcentaje de hogares indicó que al menos un integrante de su familia está registrado a una red social. El 59% no posee correos electrónicos personales, así como tampoco, redes sociales.
- Por otra parte, el 35% de los hogares encuestados dice que al menos un integrante de su familia ha leído un libro completo (no escolar) en los últimos 3 meses. El 65% solamente ha leído libros de texto escolares y en su caso, no ha leído ningún libro en los últimos 3 meses.

3.2.5 Nivel de Educación

En el caso de la información del Nivel de Educación, sólo se hizo una pregunta relacionada con el nivel de instrucción del jefe del hogar.

- El 12% de los jefes de hogar no tiene algún tipo de estudio, otro 12% asegura que el jefe de hogar cursó la primaria sin completarla, el 35% indicó que el jefe de hogar completó la primaria, otro 35% completó la secundaria y el 6% cursó 3 años de educación superior.

3.2.6 Actividad económica del Hogar

En la sección de la Actividad Económica del hogar, se realizaron preguntas acerca de la ocupación del jefe de hogar y sobre la contratación de seguros de vida privados por parte de algún miembro de la familia o a su vez, si posee afiliación general o voluntaria en alguna institución pública.

- El 29% de los hogares indicó que al menos un miembro del hogar tiene afiliación al seguro general de la Institución Ecuatoriana de Seguro Social (IESS). El 71% restante no tiene afiliación a ninguna institución pública.

- Ninguno de los hogares encuestados presenta al menos un miembro con seguro de vida privado.
- El 6% de los hogares encuestados indicó que el jefe de familia no se encuentra realizando alguna actividad económica. El 76% de los jefes de hogar trabaja prestando servicios, es comerciante o agricultor y el 18% restante es técnico en una empresa privada.

3.2.7 Índice del Nivel Socioeconómico

Con el valor del sumatorio total de los puntajes obtenidos en cada una de las dimensiones para cada hogar encuestado, se determinó el grupo al que pertenece cada uno conforme a los valores de los umbrales definidos en la Tabla 9. Los resultados se presentan en la siguiente Tabla 15.

Tabla 15. Resultados del Índice del Nivel Socioeconómico

ENCUESTA	PUNTAJE	GRUPO SOCIOECONÓMICO
E1	464	MEDIO BAJO
E2	267	BAJO
E3	198	BAJO
E4	312	MEDIO BAJO
E5	527	MEDIO BAJO
E6	580	MEDIO TÍPICO
E7	342	MEDIO BAJO
E8	244	BAJO
E9	452	MEDIO TÍPICO
E10	390	MEDIO BAJO
E11	314	MEDIO BAJO
E12	453	MEDIO BAJO
E13	199	BAJO
E14	378	MEDIO BAJO
E15	298	BAJO
E16	371	MEDIO BAJO
E17	399	MEDIO BAJO

Elaboración: Cajas, 2022

El 12% de los hogares encuestados pertenece al estrato MEDIO TÍPICO, el 30% pertenece al estrato BAJO y el 59% pertenece al estrato MEDIO BAJO.

En general, los hogares de la comunidad San Rafael, en su mayoría se encuentran en los grupos socioeconómicos MEDIO BAJO a BAJO, es decir, que la mayoría de las casas encuestadas, alcanzó puntajes entre 0 y 535.

Dado que cada variable tiene un peso en el puntaje debido a su grado de importancia, un puntaje total bajo, muestra que las familias no poseen bienes costosos, los materiales de construcción de sus viviendas son sencillos y el nivel de instrucción del jefe de hogar no llega a grados superiores.

Pertenecer a un grupo socioeconómico MEDIO BAJO y/o BAJO significa que las entradas de dinero al hogar no cubren las necesidades básicas de todos los miembros de la familia y como se pudo observar en los resultados de las encuestas, los habitantes de la comunidad San Rafael no poseen bienes lujosos, incluso muchas de las viviendas no poseen bienes esenciales.

3.3 Análisis de Resultados: Estudio Técnico

3.3.1 Relación de los parámetros físicos del suelo y el manejo de excretas

3.3.1.1 Textura

Mediante la aplicación del ensayo Clasificación SUCS, bajo la norma ASTM 2487-17, el laboratorio LEMSUR detalló en el informe de resultados que la muestra de suelo de la Comunidad San Rafael presentó humedad de 36%, por otro lado, no se visualizó presencia de diferentes estratos, así como tampoco presencia de material orgánico.

La muestra no presentó límite plástico ni límite líquido, por lo tanto, no se pudo calcular el índice de plasticidad. La granulometría de la muestra presentó porcentajes de contenido de grava 0%, contenido de arena 23% y contenido de finos 77%.

La Clasificación SUCS para el suelo de San Rafael es ML, el cual se describe como limo inorgánico de baja plasticidad con arena, de acuerdo a la Tabla 1 mencionada en la sección 1.4.3.1 Textura.

El suelo de la Comunidad San Rafael es un suelo que no presenta materia orgánica en su estructura, su resistencia en seco es nula a ligera, es estable en estado seco, pero dependiendo del contenido de agua presente en él, puede volverse movedizo, por lo que al presentar altos contenidos de agua acumulados en las paredes del suelo puede ser perjudicial .

3.3.1.2 Estabilidad

Mediante la aplicación del ensayo Triaxial UU, bajo la norma ASTM D2850-15, el laboratorio LEMSUR presentó en el informe de resultados, los valores del ángulo de fricción, cohesión y densidad de la muestra de suelo de la comunidad San Rafael, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados del Ensayo Triaxial UU

Densidad [g/cm ³]	Cohesión [kg/cm ²]	Ángulo de Fricción [°]
1.73	1.90	30.54

Elaboración: Cajas, 2022

Con los valores presentados y considerando una infraestructura pequeña con una profundidad de desplante de 50 cm, se pudo calcular el valor de la capacidad de carga para infraestructuras que tiene el suelo de la comunidad, el cual fue de 93.74 kg/cm² o su equivalente 937.41 ton/m².

Como se observa, la capacidad de carga del suelo en San Rafael es alta, por lo que no se presentarían inconvenientes al construir infraestructuras como baterías sanitarias que en promedio tienen una carga de 2 ton/ m² sobre los pozos ciegos o letrinas.

3.3.1.3 Permeabilidad

Mediante la aplicación del ensayo Permeabilidad con carga constante, bajo la norma ASTM 2434-22, el laboratorio LEMSUR detalló en el informe de resultados los coeficientes de permeabilidad K_t y K_{20} para la muestra de suelo de San Rafael luego de aplicar 3 cargas diferentes de 500, 1000 y 2000 cm, como se muestra en la Tabla 17 a continuación.

Tabla 17. Resultados de Permeabilidad con carga constante

Carga constante [cm]	K_t media [cm/s]	K_{20} media [cm/s]
500	$1.1347 * 10^{-5}$	$1.1922 * 10^{-5}$
1000	$2.5674 * 10^{-6}$	$2.6975 * 10^{-6}$
2000	$1.6092 * 10^{-6}$	$1.7338 * 10^{-6}$

Elaboración: Cajas, 2022

Se aplicaron 3 cargas distintas debido a que los pozos o letrinas son construidas con profundidades que varían de acuerdo al criterio del propietario de cada vivienda, por lo que

la capacidad para contener y almacenar las aguas residuales también varía. Sin embargo, como se puede observar en la Tabla 17, el coeficiente de permeabilidad corregido se encuentra en promedio en el rango de $10^{-5} - 10^{-6}$ [cm/s], por lo que al comparar con la Tabla 4 de la sección 1.4.3.3. Permeabilidad, el resultado obtenido para permeabilidad concuerda con el resultado obtenido de textura, para suelos limosos, K se encuentra en el rango de $10^{-4} - 10^{-6}$ [cm/s].

Según la Tabla 5 de la sección 1.4.3.3. Permeabilidad, los resultados del coeficiente de permeabilidad obtenidos en laboratorio indican que el suelo de la Comunidad San Rafael es un suelo con malas propiedades de drenaje o, en otras palabras, es poco permeable. Es decir, el agua que se descargue en pozos permanecerá almacenada y tardará en ser drenada por las capas del suelo, lo cual conlleva a que las aguas residuales con excretas permanezcan más tiempo en los pozos.

3.4 Análisis de Resultados: Estudio Ambiental

Mediante la utilización de la Matriz de Leopold se logró realizar la evaluación de los impactos ambientales generados por el actual sistema de manejo de excretas en la comunidad San Rafael.

Se consideraron 22 actividades en total en las 3 fases de construcción, operación y cierre del sistema, así como también, 20 factores ambientales que pueden ser afectados, el valor máximo de impacto ambiental positivo o negativo que puede generar una actividad es 2000 puntos y el valor máximo de impacto ambiental positivo o negativo que puede incidir en un factor ambiental es 2200 puntos.

Se toma como referencia los valores máximos de los impactos ambientales para la comparación respectiva con los valores obtenidos en cada impacto y determinar si este es significativo o no.

Adicionalmente, se calculó la media y desviación estándar de los impactos ambientales obtenidos, cuyos valores fueron de -67.5 y 225 puntos respectivamente.

Los impactos ambientales negativos que presenten valores absolutos mayores a la desviación estándar, son considerados como los impactos ambientales a los cuales se debe prestar mayor atención.

Sin embargo, ninguno de los impactos ambientales obtuvo un valor por encima del valor de la desviación estándar.

A continuación, se detallan los valores de impactos que pueden afectar a los componentes ambientales.

3.4.1 Impactos Ambientales en Componentes Naturales

3.4.1.1 Componente Abiótico

Los subcomponentes abióticos que son más afectados son las características físico-químicas del suelo debido a la extracción de las capas del suelo y la retención de aguas residuales, también el paisaje debido a la colocación de tubos para la ventilación que afectan visualmente el entorno, así como, el desbroce de la vegetación arbustiva para la excavación y la posterior construcción de la caseta, sin embargo, los valores no son representativos para considerar que los impactos ambientales son perjudiciales en gran medida.

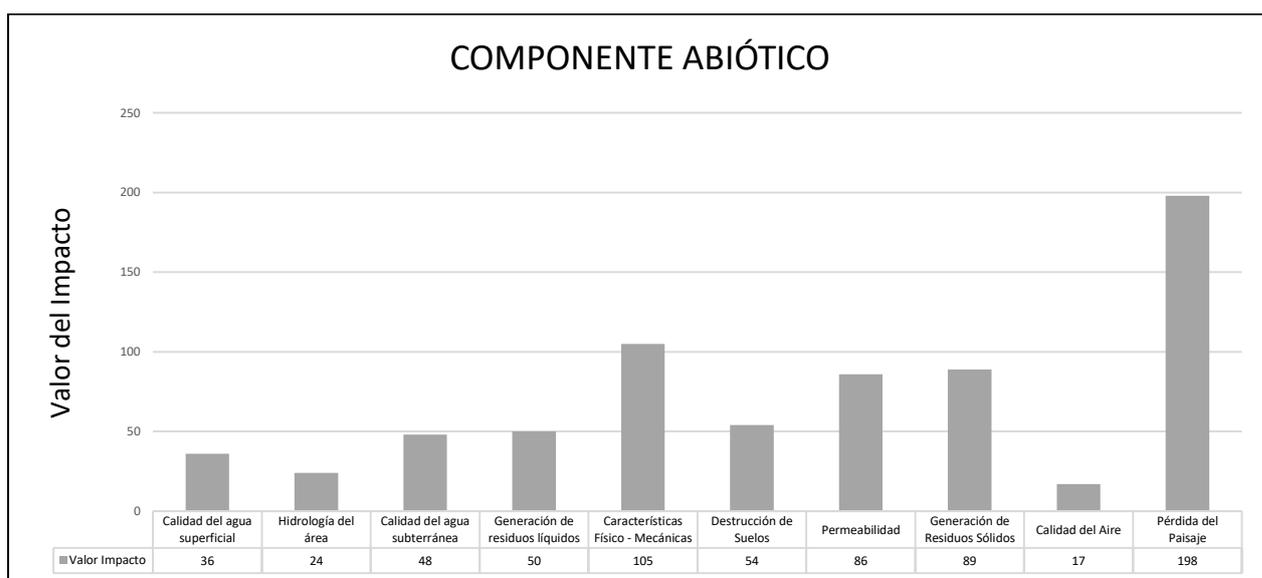


Figura 29. Valor del impacto en factores ambientales abióticos

Elaboración: Cajas, 2022

3.4.1.2 Componente Biótico

Dentro del componente biótico, el impacto más alto puede resultar para la flora de la zona debido a que es necesario realizar el desbroce de especies arbustivas para extraer el suelo y construir la caseta, sin embargo, el impacto no es mayor porque el desbroce se realiza en pequeñas áreas no mayores a 6 m².

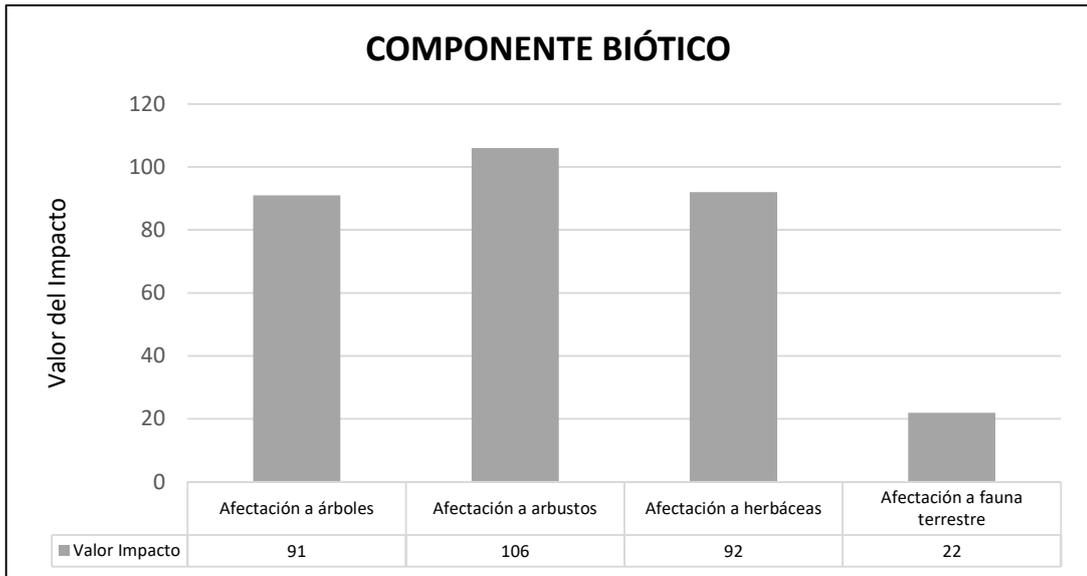


Figura 30. Valor del impacto en factores ambientales bióticos
Elaboración: Cajas, 2022

3.4.1.3 Componente Antrópico

En el componente antrópico, se obtuvo 2 impactos ambientales positivos por la generación de empleo y, la salud y confort de los habitantes de la comunidad.

El impacto positivo de la generación de empleo no es alto debido a que se necesitan personas para excavar en la tierra, pero es un trabajo que no requiere más de una semana. Por otra parte, los habitantes sienten confort al saber que, pese a no contar con alcantarillado, sus aguas residuales pueden ser manejadas sin mayores contratiempos.

El mayor impacto negativo fue para la naturalidad puesto que se percibe un cambio en el paisaje de la zona por la extracción de tierra, los montículos formados por la misma y la posterior construcción de casetas que serán usadas como servicios higiénicos, como se muestra en la Figura 31.

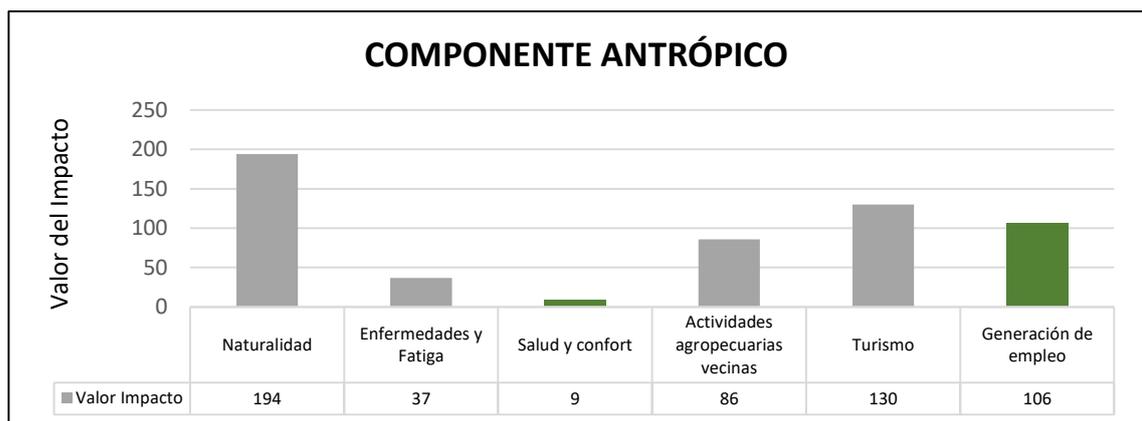


Figura 31. Valor del impacto en factores ambientales antrópicos

Elaboración: Cajas, 2022

De la misma manera, se presentan los valores de impactos que pueden generar cada una de las actividades del desarrollo del sistema de manejo de excretas actual.

3.4.2 Impactos Ambientales por Actividades del proyecto

3.4.2.1 Fase de Construcción

Como se mencionó anteriormente, los mayores impactos ambientales negativos pueden deberse al desbroce de la vegetación y a la modificación de los niveles del suelo en la fase de construcción, pero no son representativos porque se dan en áreas pequeñas de 6 m² aproximadamente.

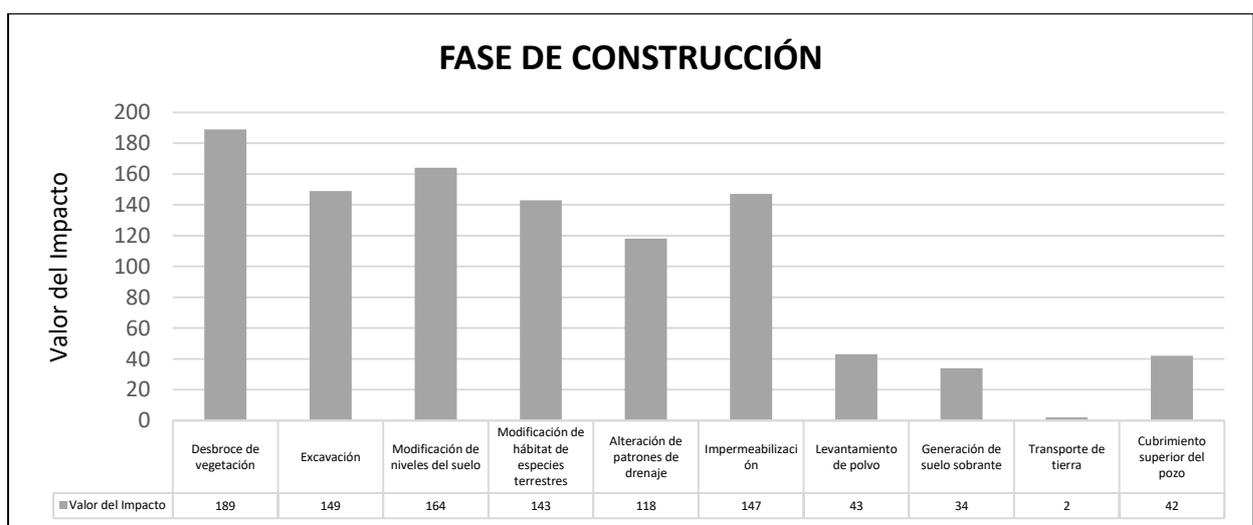


Figura 32. Valor del impacto generado por actividades de construcción

Elaboración: Cajas, 2022

3.4.2.2 Fase de Operación

Cuando los pozos ciegos usados en varias casas de la comunidad se encuentran operativos, los mayores impactos ambientales se deben a la presencia de vectores biológicos como moscas o roedores y a la generación de malos olores propios de las excretas y su descomposición, como se presenta en la Figura 33.

Los valores no son representativos debido a que estos problemas son mitigados por la colocación de tubos largos perpendiculares a la superficie para ventilación de los pozos. El largo puede ser de 2 metros, lo cual se encuentra por encima de la altura promedio del ser humano y los habitantes no pueden percibir los malos olores.

A la altura que se encuentran las aberturas de los tubos, los vectores no perciben el olor por lo que no se acercan a los pozos.

Debido a que la permeabilidad del suelo de la Comunidad San Rafael es baja, el agua residual con excretas se acumula por más tiempo, lo que conlleva a que las paredes de los pozos se debiliten por la humedad.

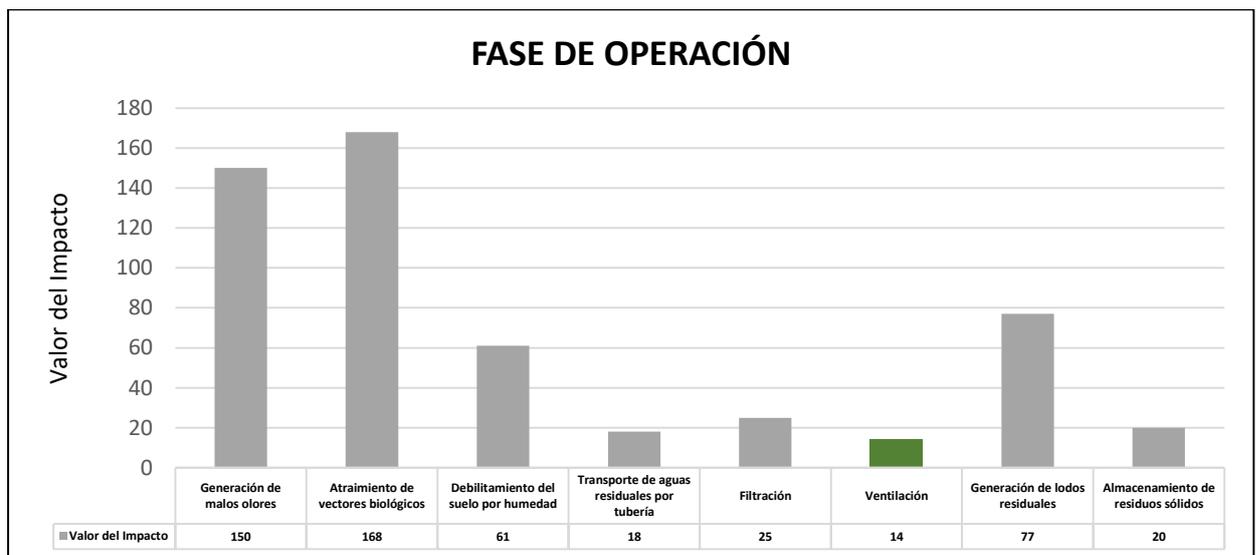


Figura 33. Valor del impacto generado por actividades de operación

Elaboración: Cajas, 2022

3.4.2.3 Fase de Cierre y abandono

En la fase de cierre y abandono del proyecto, existen 3 impactos positivos, 2 de ellos altos, el sellado total del pozo y el vaciado del contenido.

En el primer caso, el sellado del pozo mediante el cubrimiento del contenido del pozo con varias capas de tierra hace que la materia se descomponga sin desprender malos olores.

En el segundo caso, vaciar los pozos se realizaría con un gestor ambiental autorizado, el cual se encargaría de la disposición final de los desechos sin comprometer la salud de los pobladores.

En cualquier de los dos casos, se genera un impacto negativo por el desprendimiento de malos olores debido a la abertura de la tapa del pozo, sin embargo, esto se daría por un tiempo corto, por esta razón, el valor del impacto no es alto.

También se presenta 1 impacto negativo debido a la generación de malos olores al destapar los pozos que ya han sido llenados. En la Figura 34, se presentan los impactos tanto positivos como negativos en la fase de cierre y abandono.

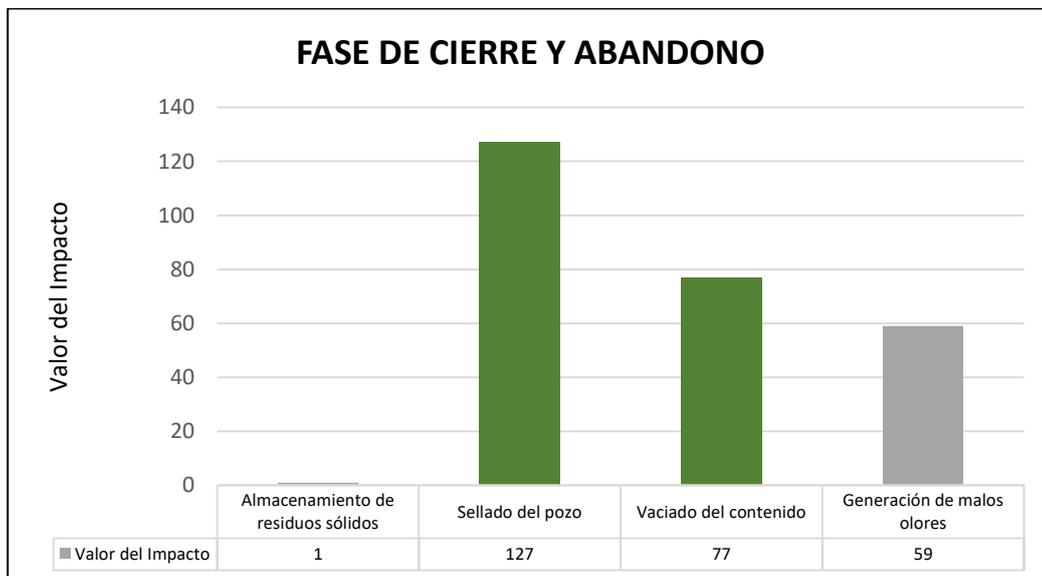


Figura 34. Valor del impacto generado por actividades de cierre y abandono

Elaboración: Cajas, 2022

4 CONCLUSIONES

- La ubicación geográfica, altitud, acceso y lejanía de otros centros poblados de la Comunidad San Rafael dificultan la implementación de sistemas de alcantarillado a corto plazo.
- San Rafael está rodeada por dos quebradas naturales las mismas que no son contaminadas por descargas de aguas residuales domésticas provenientes de la comunidad.
- Los niveles de temperatura y precipitación en la comunidad no afectan negativamente a la descomposición de las excretas en ambientes anaeróbicos como pozos subterráneos, debido a que no se presentan precipitaciones torrenciales que generen inundaciones o deslaves.
- La cobertura vegetal, uso de suelo y actividades agrícolas en San Rafael no son afectados por la implementación de proyectos unifamiliares de manejo de excretas en cada vivienda, debido a que dichos sistemas no ocupan mucho espacio físico.
- El nivel socioeconómico de las familias de San Rafael muestra que es difícil recurrir a sistemas de manejo de excretas con altos costos de construcción, operación y/o tratamiento final.
- Los sistemas actuales de manejo de excretas que emplean los pobladores de San Rafael, no presentan impactos ambientales considerables, sin embargo, pueden ser reemplazados por otras alternativas más eficientes.
- La colocación de los tubos para la ventilación ayuda a prevenir problemas importantes por lo cual genera un impacto positivo dentro de la fase de operación de los pozos ciegos.
- Las características físicas analizadas de la muestra de suelo de la comunidad San Rafael indican que es apto para albergar proyectos unifamiliares de sistemas de manejo de excretas y residuos líquidos con pozos de almacenamiento, debido a su baja permeabilidad, alta estabilidad y capacidad de carga.
- Es importante realizar estudios preliminares para proyectos unifamiliares de sistemas de manejo de excretas alternativos al alcantarillado para zonas rurales, de esta manera, se contribuye para que la población cuente con el conocimiento adecuado para seleccionar la mejor alternativa que se adapte a sus condiciones económicas y ambientales.

5 RECOMENDACIONES

- Es necesario informar y capacitar a los moradores de la comunidad San Rafael sobre el manejo adecuado de excretas en zonas rurales, las distintas alternativas para ese fin y las opciones de gestión del producto final de las excretas almacenadas de acuerdo a la disponibilidad económica de cada hogar.
- Se recomienda que las familias opten por sistemas de disposición de excretas en los que no se involucre el arrastre hidráulico conservando el agua para consumo en cada hogar.
- La comunidad debe optar por sistemas de manejo de excretas que no involucren materiales de construcción costosos o de difícil transporte, tomando en cuenta la ubicación geográfica de la zona.
- Se debe priorizar en la selección de alternativas ecológicas que no utilicen agua, adaptadas a las condiciones ambientales y socioeconómicas de las familias que habitan en San Rafael.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de Salud. *Salud en Tabasco*. Villahermosa, México: Secretaria de Salud del Estado de Tabasco.
- Anderson, M., Cornwell, K., & Trahan, M. (21 de Abril de 2006). Diseño del sistema séptico para el colegio Polifuncional Calama Santa Cruz, Bolivia. Santa Cruz, Bolivia: Universidad Tecnológica de Michigan.
- Angelone, S., Garibay, T., & Cauhapé, M. (Diciembre de 2006). Permeabilidad de Suelos. *Geología y geotecnia*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
- ASTM. (2020). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). *D2487-17*. United States.
- Balbín, R. (Diciembre de 2019). Permeabilidad e Infiltración. *Mecánica de Suelos I*. Universidad Peruana Los Andes.
- Banco Mundial. (2020). *Banco Mundial Datos: Ecuador*. Obtenido de Banco Mundial BIRF AIF: <https://datos.bancomundial.org/pais/ecuador>
- Barazarte, L. (2018). Permeabilidad, Tasa y Coeficiente de permeabilidad, métodos- Ley de Darcy- Ensayos. *Permeabilidad del Suelo*. Barquisimeto: Instituto Universitario de Tecnología Antonio José de Sucre.
- Bertram, G. (1961). *Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción*. Obtenido de <https://estudiosgeotecnicos.info/index.php/muestras-inalteradas/>
- Bravo, A. (Febrero de 2022). Mejores alternativas para el tratamiento doméstico del agua para la comuna de San Rafael-Checa, Cantón Quito, Provincia de Pichincha. *Trabajo de Integración Curricular Presentado como requisito para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental*. Quito, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Cahuaya, M. (2018). Teoría de la Capacidad de Carga de Terzaghi. *Gestión de proyectos*. Universidad José Carlos Mariátegui de Moquegua.
- Caicedo, N., & Cruz, M. (2012). Implementación del Programa de sanitarios ecológicos como estrategia para disminuir enfermedades en el corregimiento de Caimalito del

- Municipio de Pereira. *Tesis de grado. Administración Ambiental*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Cajas, J. (2021). Propuesta de unidad básica saneamiento utilizando hoyo seco ventilado en tratamiento de excretas en el AA HH. Grimaneza, coronel portillo, Ucayali 2021. *Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil*. Callao, Perú: Universidad César Vallejo.
- Calderón, F. (2020). *La estabilidad Estructural del Suelo*. Obtenido de http://drcalderonlabs.com/Publicaciones/Estabilidad_Estructural_del_Suelo.htm
- Cañar, E. (2017). Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. *Trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Civil*. Ambato, Tungurahua, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Carrero, D., & Ventanas, J. (2008). Comparación del Coeficiente de permeabilidad obtenido en el laboratorio con los calculados a partir de fórmulas de Allen Hazen, Schlichter y Terzaghi para arenas del Río Llana Caliente y el Río Mirlas. *Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero Civil*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Castañeda, A., & Flores, H. (2014). *Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México*. Jalisco.
- Ciancaglini, N. (2020). Instructivo. *Medición de la Infiltración en el suelo mediante infiltrómetros doble anillo*. Argentina: PROSAP.
- Ciancaglini, N. (2020). Medición de la Infiltración en el suelo mediante infiltrómetros doble anillo. *Instructivo*. Argentina: PROSAP.
- Ciancaglini, N. (s.f.). Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. *Instructivo*. Argentina: PROSAP.
- Coria, I. (junio de 2008). *Identificación de Impactos Ambientales significativos en la implementación de parques eólicos. Un ejemplo en el Municipio de Jumilla (Murcia)*. Recuperado el 11 de junio de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87702010>
- Corona, I. (Diciembre de 2007). Biodigestores. *Monografía para obtener el Título de Ingeniero Industrial*. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- FAO. (2009). Glosario de Agricultura Orgánica de la FAO.
- FAO. (2016). *Permeabilidad del Suelo*. Obtenido de FAO Training: https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm#top
- FAO. (2021). *Textura del suelo*. Obtenido de Definición de textura del suelo: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm
- FONAG. (2021). *Anuario Hidrometeorológico 2021*. Quito: EPMAPS.
- García, C., Vaca, M., & García, J. (2014). Sanitario seco: una alternativa para el saneamiento básico en zonas rurales Dry toilets: a means of alternative sanitation. *Rev. salud pública*, 629-638.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación S.A.
- Gómez, P. (2015). Índices físicos de calidad de suelos en la irrigación Majes. *Tesis presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo*. Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María.
- González, G., De Barcia, E., Sulbaran, Y., & Ucar Navarro, R. (2014). Determinación del parámetro de resistencia, ángulo de fricción interna y su relación con los parámetros densidad relativa y relación de vacíos en suelos granulares. *Ciencia e Ingeniería*, 135-146.
- Guía Limpieza. (26 de marzo de 2014). *El mecanismo de limpieza de las fosas sépticas*. Obtenido de Artículo para profesionales de la limpieza: <https://www.guialimpieza.com/articulos/el-mecanismo-de-limpieza-de-las-fosas-septicas>
- INEC. (Diciembre de 2010). Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico. *Metodología*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- INEC. (Diciembre de 2021). Estadística de Información Ambiental, Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. *Gestión de Agua Potable y Saneamiento 2020*. Ecuador.

- Instituto Geográfico Militar. (2011). *Geoportal*. Obtenido de Información Geográfica: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/cartografia-de-libre-acceso/>
- IRANOR. (Junio de 1975). Norma Española. *Toma de muestras superficiales de suelo de tipo inalterado*. Madrid, España: Instituto Nacional de Racionalización y Normalización.
- Loustaunau, M. (2014). *Aspectos e Impactos Ambientales*. Recuperado el 11 de Junio de 2022, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48976887/A_IA-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654965272&Signature=QefLDasYHApI~oiqnXilgMOjIwE8KyDRoK5DQ9vLgaQiQdxibMqYg1AO8eUURun6vg5B-bXxolgDhPF4NPujdmLMeTH5Qf1e6RnPTNK2jkQC4CD6alGhm7Ds1gEFQshdrvB0mNkFq-owh33-fkNeJ1
- Loyola, C., Rivas, J., & Gacitúa, M. (2015). Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile. Ñuble, Chile: Universidad del Bío Bío.
- Mánica, M. (2021). Sobre la interpretación de la prueba Triaxial UU. *Conferencia*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, J. (2001). *Letrinas Aboneras de Doble Cámara*. Nicaragua: Fundación Cocibolca.
- Meirlaen, J. (2002). Immission based real-time control of the integrated urban wastewater system. *Trabajo de grado (Doctor Ph.D. en ciencias biológicas aplicadas opción en tecnología ambiental)*. Bélgica: Universidad de Gent.
- Nolasco. (Diciembre de 2004). Programa de Agua y Saneamiento (PAS). *Estudio sobre Sostenibilidad de Servicios de Agua y Saneamiento Rural en Ecuador*. Ecuador: Nolasco & Assoc. Inc.
- OPS/CEPIS. (2002). Algoritmo para la selección de la opción tecnológica y nivel de servicio en saneamiento. Lima, Perú: Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural.
- Peña, S., Mayorga, J., & Montoya, R. (2018). Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Yaguachi (Ecuador). *Revista Ciencia e Ingeniería*, 161-168.

- Piza de la Hoz, J. (2020). Manejo de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Efectos en la salud pública. *Tesis Doctoral*. Cali, Colombia: Universidad Santiago de Cali.
- Ponce, V. (2011). *La matriz de Leopold para la evaluación del Impacto Ambiental*. Obtenido de http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html.
- Rivas, M. (1998). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. Caracas - Venezuela: Ediciones Vega.
- Rivera, H. (2019). *Guía para la elaboración e interpretación de la Matriz de Leopold*. Obtenido de IDOCPUB: <https://idoc.pub/documents/guia-para-la-elaboracion-e-interpretacion-de-la-matriz-de-leopold-en5ky8e1vkno>
- Sánchez, L. (2011). Evaluación de Impacto Ambiental. *Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental*. Sao Paulo, Brasil: Universidad de Sao Paulo.
- Secretaría Nacional de Planificación. (2008). *Sistema Nacional de Información*. Obtenido de Archivos de Información Geográfica: <https://sni.gob.ec/coberturas>
- SSA. (1997). Código de Práctica para el diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural. En S. d. Ambiental, *Código Práctica Ecuatoriano INEN 5* (pág. 40). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Terán, S., & Escobar, M. (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 202 -2023. *PDOT vigente 2020*. Quito, Pichincha, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural Checa.
- UNLP. (2019). Estructura y Estabilidad Estructural del Suelo. *Apunte de Edafología*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- White, F. M. (2004). *Mecánica de Fluidos*. Mc Graw Hill.
- Yale College. (2022). *Environmental Performance Index 2022*. Obtenido de Ranking country performance on sustainability issues: <https://epi.yale.edu/downloads>

7 ANEXOS

Anexo I. Encuesta de Condiciones Actuales de Manejo de Excretas

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA SOBRE EL MANEJO DE EXCRETAS EN LA COMUNIDAD SAN RAFAEL

1. ¿Cuántos miembros conforman su familia?
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4 o más

2. ¿Cuántos miembros de su familia habitan en esta vivienda?
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4 o más

3. ¿Cuántos días a la semana permanecen en esta vivienda?
 - 1 a 2
 - 3 a 4
 - 4 a 5
 - 5 a 7

4. Su vivienda es:
 - Propia
 - Arrendada
 - Prestada
 - Heredada
 - Otros.....

5. ¿Su vivienda cuenta con inodoro?
 - Si
 - No

6. ¿Cuántas veces al día utilizan el inodoro de su casa?
 - 1
 - 2 o 3
 - 3 o 4
 - 5 o más

Un sistema de tratamiento de excretas puede ser: pozo séptico, pozo ciego, letrina, etc.

7. Las descargas que van al sistema de tratamiento están compuestas por: (escoger una o más)
 - Aguas del inodoro
 - Aguas de la ducha
 - Aguas de lavabo
 - Aguas de cocina
 - Aguas de lavandería

8. El tratamiento de sus excretas cuenta con ventilación:
 - Si
 - No

9. El sistema de tratamiento cuenta con impermeabilización de que tipo:
- Plástico
 - Cemento
 - Geomembrana
 - No tiene
10. El tratamiento de sus excretas expide olores desagradables:
- Si
 - No
11. El tratamiento de sus excretas ha presentado problemas de filtración visibles:
- Si
 - No
12. Cuando su sistema de tratamiento de excretas se llena, usted:
- Lo sella
 - Lo vacía con un tanquero
 - Usa su contenido como abono
 - Otros...
13. ¿Cuántos sistemas de tratamiento ha ocupado en esta vivienda?
- 1
 - 2
 - 3
 - 4 o más
14. ¿Algún miembro de su familia ha presentado problemas de salud debido a la presencia de vectores (moscas, mosquitos, ratas, etc.)?
- Frecuentemente
 - A veces
 - Pocas veces
 - Nunca

INFORMACIÓN PARA LEVANTAMIENTO GEOREFERENCIAL

Punto (Familia)	Descripción (Características de la casa: Color, puerta, tipo de techo, etc.)	Coordenadas WGS 84	
		ESTE	NORTE

Anexo II. Encuesta Nivel Socioeconómico

Conozca el nivel socioeconómico de su hogar

Marque una sola respuesta con una (x) en cada una de la siguientes preguntas:

Características de la vivienda		puntajes finales
1 ¿Cuál es el tipo de vivienda?		
Suite de lujo	<input type="checkbox"/>	59
Cuarto(s) en casa de inquilinato	<input type="checkbox"/>	59
Departamento en casa o edificio	<input type="checkbox"/>	59
Casa/Villa	<input type="checkbox"/>	59
Mediagua	<input type="checkbox"/>	40
Rancho	<input type="checkbox"/>	4
Choza/ Covacha/Otro	<input type="checkbox"/>	0
2 El material predominante de las paredes exteriores de la vivienda es de:		
Hormigón	<input type="checkbox"/>	59
Ladrillo o bloque	<input type="checkbox"/>	55
Adobe/ Tapia	<input type="checkbox"/>	47
Caña revestida o bahareque/ Madera	<input type="checkbox"/>	17
Caña no revestida/ Otros materiales	<input type="checkbox"/>	0
3 El material predominante del piso de la vivienda es de:		
Duela, parquet, tablón o piso flotante	<input type="checkbox"/>	48
Cerámica, baldosa, vinil o marmetón	<input type="checkbox"/>	46
Ladrillo o cemento	<input type="checkbox"/>	34
Tabla sin tratar	<input type="checkbox"/>	32
Tierra/ Caña/ Otros materiales	<input type="checkbox"/>	0
4 ¿Cuántos cuartos de baño con ducha de uso exclusivo tiene este hogar?		
No tiene cuarto de baño exclusivo con ducha en el hogar	<input type="checkbox"/>	0
Tiene 1 cuarto de baño exclusivo con ducha	<input type="checkbox"/>	12
Tiene 2 cuartos de baño exclusivos con ducha	<input type="checkbox"/>	24
Tiene 3 o más cuartos de baño exclusivos con ducha	<input type="checkbox"/>	32
5 El tipo de servicio higiénico con que cuenta este hogar es:		
No tiene	<input type="checkbox"/>	0
Letrina	<input type="checkbox"/>	15
Con descarga directa al mar, río, lago o quebrada	<input type="checkbox"/>	18
Conectado a pozo ciego	<input type="checkbox"/>	18
Conectado a pozo séptico	<input type="checkbox"/>	22
Conectado a red pública de alcantarillado	<input type="checkbox"/>	38

Acceso a tecnología		puntajes finales
1 ¿Tiene este hogar servicio de internet?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	45
2 ¿Tiene computadora de escritorio?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	35

3 ¿Tiene computadora portátil?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	39
4 ¿Cuántos celulares activados tienen en este hogar?		
No tiene celular nadie en el hogar	<input type="checkbox"/>	0
Tiene 1 celular	<input type="checkbox"/>	8
Tiene 2 celulares	<input type="checkbox"/>	22
Tiene 3 celulares	<input type="checkbox"/>	32
Tiene 4 ó más celulares	<input type="checkbox"/>	42

Posesión de bienes		puntajes finales
1 ¿Tiene este hogar servicio de teléfono convencional?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	19
2 ¿Tiene cocina con horno?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	29
3 ¿Tiene refrigeradora?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	30
4 ¿Tiene lavadora?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	18
5 ¿Tiene equipo de sonido?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	18
6 ¿Cuántos TV a color tienen en este hogar?		
No tiene TV a color en el hogar	<input type="checkbox"/>	0
Tiene 1 TV a color	<input type="checkbox"/>	9
Tiene 2 TV a color	<input type="checkbox"/>	23
Tiene 3 ó más TV a color	<input type="checkbox"/>	34
7 ¿Cuántos vehículos de uso exclusivo tiene este hogar?		
No tiene vehículo exclusivo para el hogar	<input type="checkbox"/>	0
Tiene 1 vehículo exclusivo	<input type="checkbox"/>	6
Tiene 2 vehículo exclusivo	<input type="checkbox"/>	11
Tiene 3 ó más vehículos exclusivos	<input type="checkbox"/>	15

Hábitos de consumo		puntajes finales
1 ¿Alguien en el hogar compra vestimenta en centros comerciales?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	6
2 ¿En el hogar alguien ha usado internet en los últimos 6 meses?		
No	<input type="checkbox"/>	0

Sí	<input type="checkbox"/>	26
3 ¿En el hogar alguien utiliza correo electrónico que no es del trabajo?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	27
4 ¿En el hogar alguien está registrado en una red social?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	28
5 Exceptuando los libros de texto o manuales de estudio y lecturas de trabajo ¿Alguien del hogar ha leído algún libro completo en los últimos 3 meses?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	12

Nivel de educación		puntajes finales
1 ¿Cuál es el nivel de instrucción del Jefe del hogar?		
Sin estudios	<input type="checkbox"/>	0
Primaria incompleta	<input type="checkbox"/>	21
Primaria completa	<input type="checkbox"/>	39
Secundaria incompleta	<input type="checkbox"/>	41
Secundaria completa	<input type="checkbox"/>	65
Hasta 3 años de educación superior	<input type="checkbox"/>	91
4 ó más años de educación superior (sin post grado)	<input type="checkbox"/>	127
Post grado	<input type="checkbox"/>	171

Actividad económica del hogar		puntajes finales
1 ¿Alguien en el hogar está afiliado o cubierto por el seguro del IESS (general, voluntario o campesino) y/o seguro del ISSFA o ISSPOL?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	39
2 ¿Alguien en el hogar tiene seguro de salud privada con hospitalización, seguro de salud privada sin hospitalización, seguro internacional, seguros municipales y de Consejos Provinciales y/o seguro de vida?		
No	<input type="checkbox"/>	0
Sí	<input type="checkbox"/>	55
3 ¿Cuál es la ocupación del Jefe del hogar?		
Personal directivo de la Administración Pública y de empresas	<input type="checkbox"/>	76
Profesionales científicos e intelectuales	<input type="checkbox"/>	69
Técnicos y profesionales de nivel medio	<input type="checkbox"/>	46
Empleados de oficina	<input type="checkbox"/>	31
Trabajador de los servicios y comerciantes	<input type="checkbox"/>	18
Trabajador calificados agropecuarios y pesqueros	<input type="checkbox"/>	17
Oficiales operarios y artesanos	<input type="checkbox"/>	17
Operadores de instalaciones y máquinas	<input type="checkbox"/>	17
Trabajadores no calificados	<input type="checkbox"/>	0
Fuerzas Armadas	<input type="checkbox"/>	54
Desocupados	<input type="checkbox"/>	14
Inactivos	<input type="checkbox"/>	17

Según la suma de puntaje final (Umbral),
identifique a que grupo socioeconómico pertenece su hogar:

Grupos socioeconómicos	Umbral
A (alto)	De 845,1 a 1000 puntos
B (medio alto)	De 696,1 a 845 puntos
C+ (medio típico)	De 535,1 a 696 puntos
C- (medio bajo)	De 316,1 a 535 puntos
D (bajo)	De 0 a 316 puntos



suma de puntajes finales

Anexo III. Plan de Muestreo



Nombre: David Alexander Cajas

Fecha: 04 -jun- 2022

PLAN DE MUESTREO DE SUELO – COMUNIDAD SAN RAFAEL

1. OBJETIVO

Obtener una muestra inalterada de suelo en forma de bloque cúbico para realizar ensayos de mecánica de suelos en laboratorio con el fin de analizar parámetros como: permeabilidad, estabilidad y tipo de suelo.

2. INFORMACIÓN

Zona de estudio:	San Rafael, Parroquia Checa, Cantón Quito, Provincia Pichincha
Área de estudio:	132 Ha.
Número total de Submuestras:	1
Número total de Muestras para análisis:	1
Tipo de muestra:	Bloque Cúbico Inalterado
Profundidad:	1.5 m
Dimensiones:	0.3 x 0.3 x 0.3 m ³

2.1 Definiciones

Muestra Inalterada

Muestra de suelo en la que permanece invariable el contenido de agua y la composición, y sufre el menor cambio posible la relación de vacíos, la estructura y las características esfuerzo-deformación. Se usan para determinar propiedades mecánicas.

3. PROCEDIMIENTO

- 3.1 Se despeja la capa superficial con materia orgánica y vegetación del suelo a una profundidad precisa en donde el suelo este completamente fresco. Se alisa la superficie marcando el contorno que será la cara superior del bloque.
- 3.2 Se excava una pequeña zanja alrededor de la marca, dejando el borde de la muestra y el borde interior de la zanja unos 10 cm con el propósito de que esta operación no afecte la muestra. La zanja debe ser suficientemente ancha para tallar la muestra.



Nombre: David Alexander Cajas

Fecha: 04 -jun- 2022

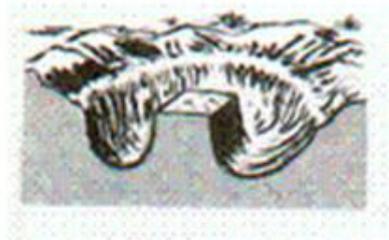


Ilustración 1. Excavación de zanja alrededor del cubo.

- 3.3 Con las herramientas apropiadas se da la forma cúbica y el tamaño final a la muestra, cuidando las caras laterales y la cara superior del bloque.



Ilustración 2. Tallado de caras del bloque.

- 3.4 Una vez que la zanja esté suficientemente honda y cada una de las caras estén perfiladas, se extrae la muestra, cortándola con un cuchillo y se retira cuidadosamente.



Ilustración 3. Extracción de la muestra.

- 3.5 Si la muestra tiene suficiente consistencia, se talla la cara inferior antes de proceder a parafinarla aplicando con una brocha y a continuación se cubre con una venda.
- 3.6 Si la muestra no tiene suficiente consistencia antes de retirarla de la excavación, una vez tallada la cara superior y las cuatro caras laterales, debe parafinarse, en la forma indicada en el paso anterior.
- 3.7 En caso de que haya acción directa del sol y esta ocasiona pérdidas de humedad, se deberá parafinar cada cara de forma inmediata a su talla.
- 3.8 Cubrir el bloque sellado con una funda plástica negra gruesa y asegurarla con cinta adhesiva.
- 3.9 Colocar a la muestra una etiqueta con la siguiente información:
- Procedencia
 - Situación (se marcan las caras superior e inferior)
 - Profundidad

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA AMBIENTAL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (TITD201)



Nombre: David Alexander Cajas

Fecha: 04 -jun- 2022

- Ubicación
- Precauciones requeridas

4. ENSAYOS Y PARÁMETROS DE LABORATORIO A REALIZAR

- Ensayo de Permeabilidad Constante
- Ensayo Triaxial UU
- Clasificación SUCS

5. UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

El punto de muestreo se encuentra ubicado en el predio de la Sra. Carmen Caticuago, en la Comunidad San Rafael en la Parroquia Rural de Checa, en el nororiente de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha.

Las coordenadas de los puntos de muestreo serán tomadas mediante un GPS.

Las características principales se mostrarán en la Tabla 1, fueron levantadas durante los recorridos en campo.

6. CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO DE MUESTREO

Características principales y coordenadas UTM del punto en donde se tomará la muestra.

Tabla 1. Características del punto de muestreo.

Punto	Características	Ubicación	Coordenadas WGS 84	
			ESTE	NORTE
P-1	Exterior de la casa de la Sra. Caticuago	San Rafael, Checa	804035	9984597

7. MATERIALES Y EQUIPOS PARA EL MUESTREO

- Pala
- Parafina
- Brocha
- Cuchillo
- Cinta adhesiva
- GPS
- Pala de jardinería
- Guantes
- Marcador
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- Cadena de custodia
- Equipos de protección personal
- Flexómetro
- Agua
- Esferos

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
INGENIERÍA AMBIENTAL
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR (TITD201)



Nombre: David Alexander Cajas

Fecha: 04 -jun- 2022

- Hoja de muestreo

8. CONSIDERACIONES GENERALES

- Hidratación periódica.
- Botiquín de emergencias.
- Estar siempre alerta de lo que sucede al alrededor.
- No usar cremas o repelentes que puedan afectar la toma de muestras.
- Revisar los equipos antes de realizar el muestreo.

9. BIBLIOGRAFÍA

Bertram, G. (1961). *Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción*. Recuperado de: (Bertram, 1961)

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados*. Pág 33.

Palacios R., Velasteguí L., (2020). *Evaluación de la calidad de agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, Provincia de Pichincha*. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21047/1/CD%2010562.pdf>

Vilaña G., (2021). *Muestreo de suelos: Criterios generales*. Documento facilitado por la autora.

Anexo IV. Resultado de Laboratorio: Clasificación SUCS



CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

INF.No 22 - 0388-I
Hoja 01 de 01

Quito, 8 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: LADRON DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCIA
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
MUESTRA: PUNTO 1
UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN RAFAEL - PARROQUIA CHECA
PROFUNDIDAD: 2.00 m
NORMA: ASTM 2487-17

FECHA DE ENSAYO: 2022-06-07

DATOS DE LA MUESTRA	
MÉTODO DE PREPARACIÓN:	VÍA HÚMEDA
MÉTODO DE REMOCIÓN DE PARTICULAS ≥ 0.425 mm:	HUMEDAD NATURAL
PRESENCIA DE DIFERENTES ESTRATOS:	NO
PRESENCIA DE MATERIAL ORGÁNICO:	NO
TAMAÑO MÁXIMO APROXIMADO DE PARTICULA (mm):	2.000

RESUMEN DE RESULTADOS	
CONTENIDO DE HUMEDAD, W (%)=	36
LÍMITE LÍQUIDO, LL (%) =	NP
LÍMITE PLÁSTICO, LP (%) =	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP (%) =	NP
CLASIFICACIÓN SUCS=	ML

DESCRIPCIÓN:
Limo inorgánico de baja plasticidad con arena

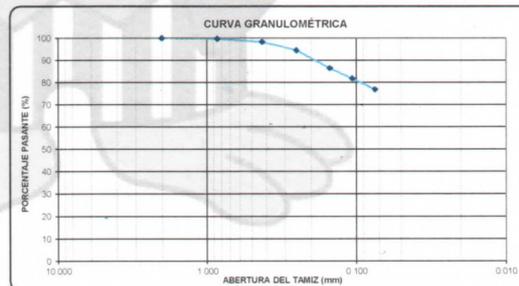
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216-19)		
MÉTODO DE ENSAYO:	MÉTODO A (1%)	
PRUEBA N°	1	2
ID. CÁPSULA	L76	S-195
Peso cápsula (g)	9.74	10.74
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	39.68	35.13
Peso cápsula + suelo seco (g)	31.85	28.74
Contenido de humedad (%)	35	36

GRANULOMETRÍA (ASTM D6913-17)					
PESO INICIAL (g):		50.32	PESO CORREGIDO (g):		37.00
TAMIZ No.	ABERTURA TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE ACUMULADO (%)	PORCENTAJE PASANTE (%)
No. 10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
No. 20	0.850	0.09	0.24	0.24	99.76
No. 40	0.425	0.53	1.44	1.68	98.32
No. 60	0.250	1.43	3.86	5.54	94.46
No. 100	0.150	2.98	8.05	13.59	86.41
No. 140	0.106	1.72	4.66	18.24	81.76
No. 200	0.075	1.82	4.93	23.17	76.83
BANDEJA		28.43	76.83	100.00	0.00
TOTAL		37.00			

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318-17)		
TIPO DE RANURADOR:	PLANO	
MÉTODO DE ENSAYO:	UN PUNTO (MECÁNICO)	
N° golpes	NP	NP
ID. CÁPSULA	NP	NP
Peso cápsula (g)	NP	NP
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	NP	NP
Peso cápsula + suelo seco (g)	NP	NP
LL, (%)	NP	NP

RESULTADOS DE LA GRANULOMETRÍA	
CONTENIDO DE GRAVA, (%)=	0
CONTENIDO DE ARENA, (%)=	23
CONTENIDO DE FINOS, (%)=	77
Cu=	***
Cc=	***

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D4318-17)		
MÉTODO DE ENSAYO:	ENROLLADO MANUAL	
PRUEBA N°	1	2
ID. CÁPSULA	NP	NP
Peso cápsula (g)	NP	NP
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	NP	NP
Peso cápsula + suelo seco (g)	NP	NP
Contenido de humedad (%)	NP	NP



OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra, ubicación y profundidad, involucra su total responsabilidad. Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron. El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Anexo V. Resultado de Laboratorio: Ensayo Triaxial UU



ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT

INF.No. 22 - 0389-I
HOJA 01 DE 06

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: **
Fiscalizador: ***
NORMA: ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.50	Wo (gr) :	119.61	Vo (cm ³) :	69.65
Dm (cm) :	3.53	Hm (cm) :	7.15	W % :	35.27
Di (cm) :	3.51	Ao (cm ²) :	9.74	γ (gr/cm ³) :	1.717
UBICACIÓN :	Comunidad San Rafael	SONDEO:	PUNTO 1	s3 (kg/cm ²) :	0.50
PROFUNDIDAD :	2.00 m	ENSAYO #:	UU-1 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.000	0.00	0	0.00	9.74	0.00
0.038	3.88	10	0.14	9.75	0.40
0.110	11.22	20	0.28	9.77	1.15
0.176	17.95	30	0.42	9.78	1.84
0.271	27.64	40	0.56	9.80	2.82
0.345	35.19	50	0.70	9.81	3.59
0.550	56.10	75	1.05	9.84	5.70
0.700	71.40	100	1.40	9.88	7.23
0.744	75.89	125	1.75	9.91	7.65
0.728	74.26	150	2.10	9.95	7.46
0.658	67.12	175	2.45	9.99	6.72
0.618	63.04	200	2.80	10.02	6.29
0.573	58.45	250	3.50	10.09	5.79
0.536	54.67	300	4.20	10.17	5.38
0.505	51.51	350	4.90	10.24	5.03
0.482	49.16	400	5.59	10.32	4.76
0.456	46.51	450	6.29	10.39	4.47
0.446	45.49	500	6.99	10.47	4.34
0.427	43.55	600	8.39	10.63	4.10
0.408	41.62	700	9.79	10.80	3.85
0.407	41.51	800	11.19	10.97	3.79
0.397	40.49	900	12.59	11.14	3.63
0.393	40.09	1000	13.99	11.32	3.54
0.378	38.56	1100	15.38	11.51	3.35
σ desv. Max. =					7.65

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra, ubicación y profundidad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT

INF.No. 22 - 0389-I
HOJA 02 DE 06

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: **
Fiscalizador: ***
NORMA: ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.60	Wo (gr) :	131.16	Vo (cm ³) :	75.71
Dm (cm) :	3.61	Hm (cm) :	7.39	W % :	34.57
Di (cm) :	3.63	Ao (cm ²) :	10.24	γ (gr/cm ³) :	1.732
UBICACIÓN :	Comunidad San Rafael	SONDEO:	PUNTO 1	s3 (kg/cm ²) :	1.00
PROFUNDIDAD :	2.00 m	ENSAYO #:	UU-2 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.000	0.00	0	0.00	10.24	0.00
0.090	9.18	10	0.14	10.26	0.89
0.178	18.16	20	0.27	10.27	1.77
0.271	27.64	30	0.41	10.29	2.69
0.370	37.74	40	0.54	10.30	3.66
0.478	48.76	50	0.68	10.31	4.73
0.695	70.89	75	1.01	10.35	6.85
0.836	85.27	100	1.35	10.39	8.21
0.869	88.64	125	1.69	10.42	8.51
0.886	90.37	150	2.03	10.46	8.64
0.859	87.62	175	2.37	10.49	8.35
0.837	85.37	200	2.71	10.53	8.11
0.795	81.09	250	3.38	10.60	7.65
0.765	78.03	300	4.06	10.68	7.31
0.736	75.07	350	4.74	10.75	6.98
0.714	72.83	400	5.41	10.83	6.72
0.700	71.40	450	6.09	10.91	6.54
0.682	69.56	500	6.77	10.99	6.33
0.641	65.38	600	8.12	11.15	5.86
0.613	62.53	700	9.47	11.32	5.53
0.596	60.79	800	10.83	11.49	5.29
0.588	59.98	900	12.18	11.67	5.14
0.573	58.45	1000	13.53	11.85	4.93
0.554	56.51	1100	14.88	12.04	4.69
σ desv. Max. =					8.64

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra, ubicación y profundidad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609



ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT

INF.No. 22 - 0389-I
HOJA 03 DE 06

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: LADRÓN DE GUEVARA E11-253 Y ANDALUCÍA
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: **
Fiscalizador: ***
NORMA: ASTM D2850-15

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
Ds (cm) :	3.51	Wo (gr) :	122.30	Vo (cm ³) :	69.86
Dm (cm) :	3.51	Hm (cm) :	7.22	W % :	34.73
Di (cm) :	3.51	Ao (cm ²) :	9.68	γ (gr/cm ³) :	1.751
UBICACIÓN :	Comunidad San Rafael	SONDEO:	PUNTO 1	s3 (kg/cm ²) :	2.00
PROFUNDIDAD :	2.00 m	ENSAYO #:	UU-3 (s/sat)		
LECT.DIAL (KN)	CARGA (kg)	DEFORMAC. (mmx10-2)	DEF. UNITARIA (%)	AREA.CORR. (cm ²)	ESFUERZO (kg/cm ²)
0.000	0	0	0.00	9.68	0.00
0.200	20.40	10	0.14	9.69	2.11
0.319	32.54	20	0.28	9.70	3.35
0.426	43.45	30	0.42	9.72	4.47
0.526	53.65	40	0.55	9.73	5.51
0.642	65.48	50	0.69	9.74	6.72
0.825	84.15	75	1.04	9.78	8.61
0.939	95.78	100	1.39	9.81	9.76
1.010	103.02	125	1.73	9.85	10.46
1.040	106.08	150	2.08	9.88	10.74
1.046	106.69	175	2.42	9.92	10.76
1.029	104.96	200	2.77	9.95	10.55
1.012	103.22	250	3.46	10.02	10.30
0.994	101.39	300	4.16	10.10	10.04
0.976	99.55	350	4.85	10.17	9.79
0.958	97.72	400	5.54	10.24	9.54
0.943	96.19	450	6.23	10.32	9.32
0.929	94.76	500	6.93	10.40	9.11
0.910	92.82	600	8.31	10.55	8.80
0.900	91.80	700	9.70	10.72	8.57
0.885	90.27	800	11.08	10.88	8.30
0.864	88.13	900	12.47	11.05	7.97
0.855	87.21	1000	13.85	11.23	7.76
0.847	86.39	1100	15.24	11.42	7.57
σ desv. Max. =					10.76

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra, ubicación y profundidad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

UU-S-S-22-003-I.x1sx



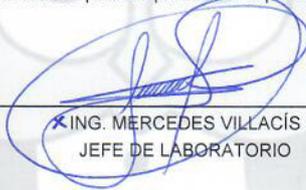
ENSAYO TRIAXIAL UU S/SAT

INF.No. 22 - 0389-I
HOJA 04 DE 06

Quito, 11 de julio de 2022

PROYECTO: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA	RESUMEN DE RESULTADOS
RAZÓN SOCIAL: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ CONTRATISTA: ** PROFUNDIDAD : 2.00 m UBICACIÓN : Comunidad San Rafael	HUMEDAD : 34.86 (%) DENSIDAD : 1.73 (g/cm ³) COHESIÓN : 1.90 (kg/cm ²) ÁNGULO DE FRICCIÓN : 30.54 (°)

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra, ubicación y profundidad, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

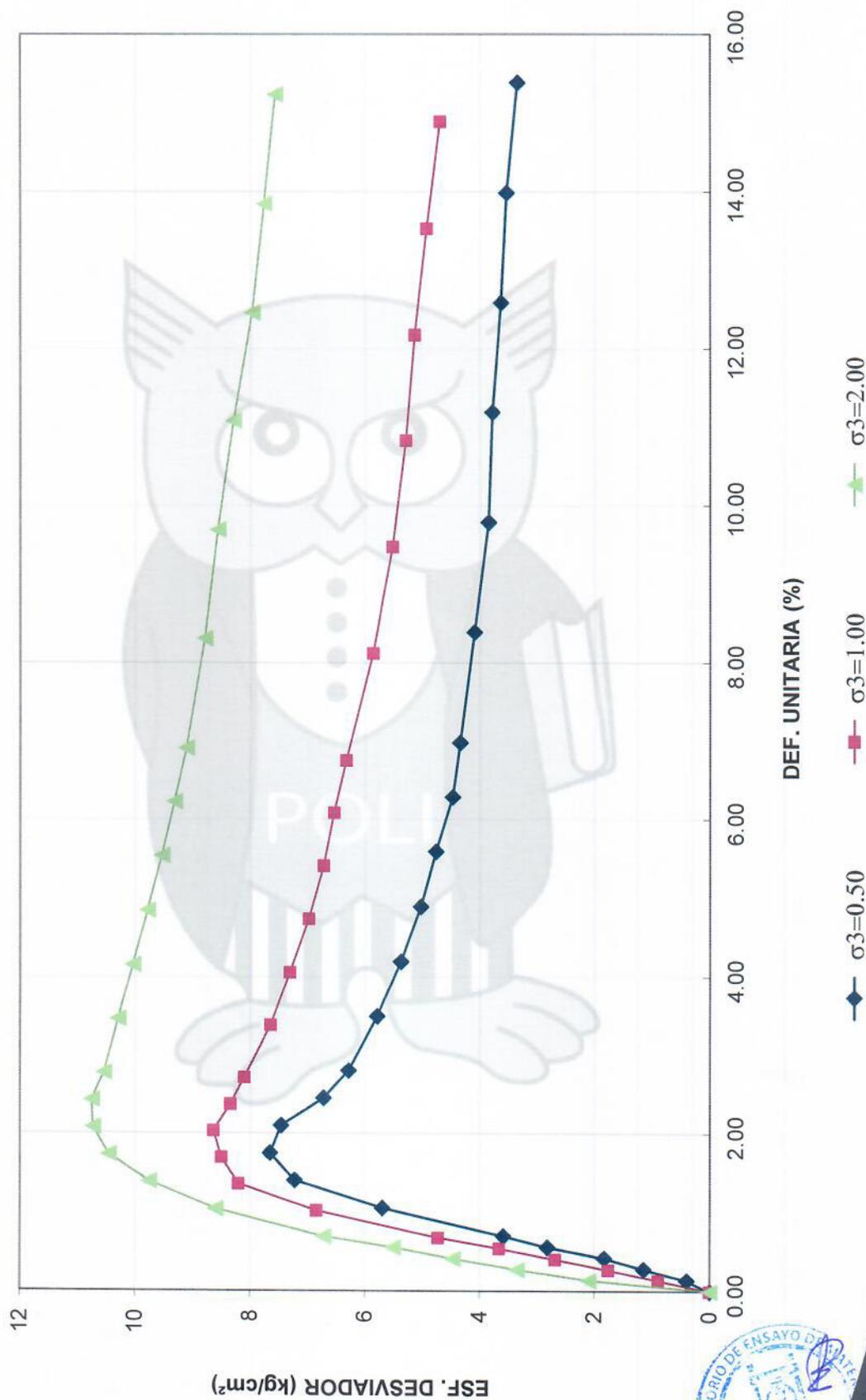

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO





INF. 22 - 0389-I
05 DE 06

ESF. DESVIADOR - DEF. UNITARIA
PROYECTO: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL,
PARROQUIA CHECA
MUESTRA: PUNTO 1



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

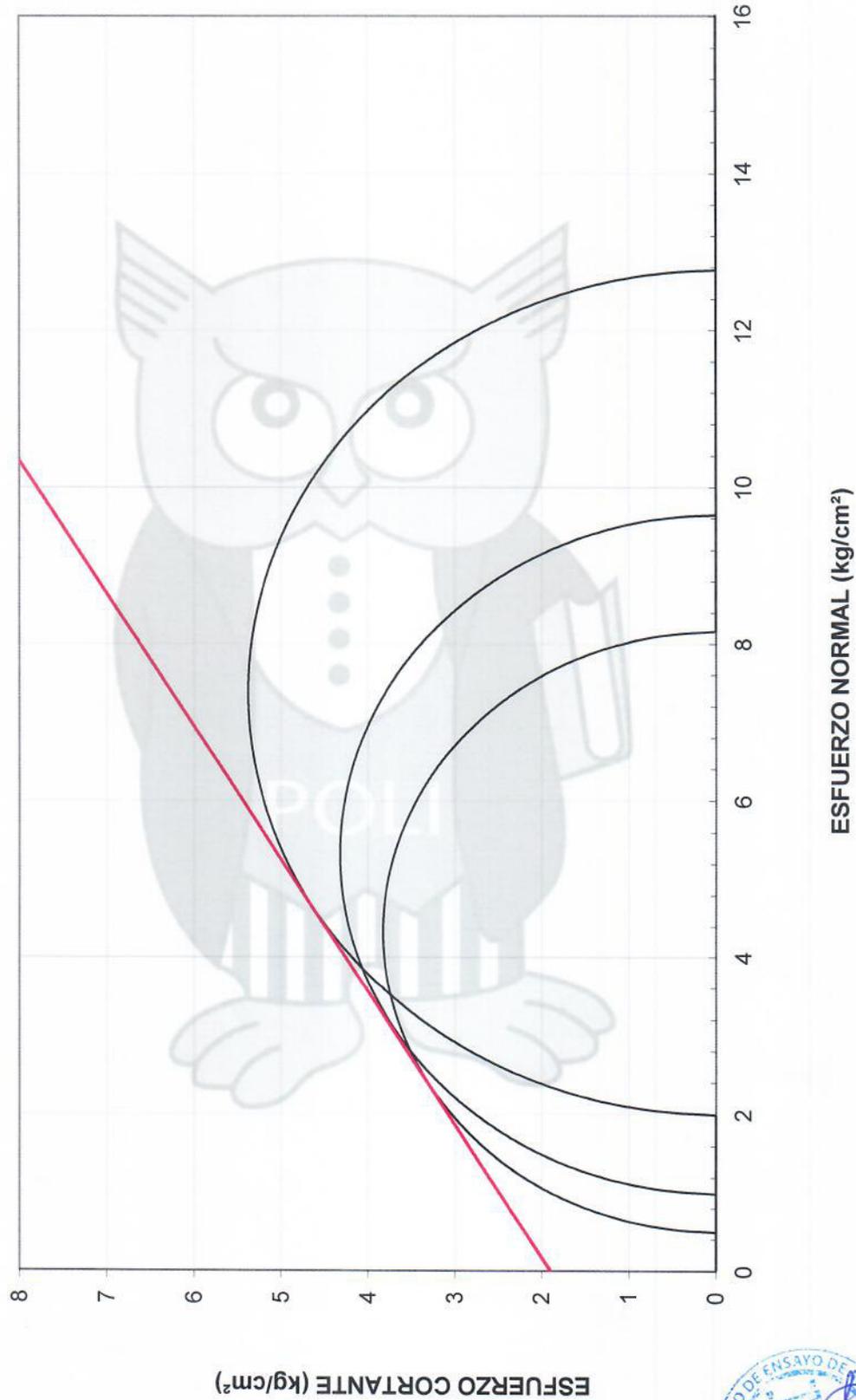
UU-S-S-22-003-I.xlsx



CÍRCULOS DE MOHR

PROYECTO: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL,
PARROQUIA CHECA
MUESTRA: PUNTO 1

INF. 22 - 0389-I
06 DE 06



Telf.: 2976300
Ext.: 1609

UU-S-S-22-003-I.XLSX

Anexo VI. Resultado de Laboratorio: Permeabilidad con Carga Constante



PERMEABILIDAD CON CARGA CONSTANTE

INF. No. 22 - 0390-I
Hoja 01 de 03

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: KM 9.5 VÍA DAULE
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: COMUNIDAD SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
MUESTRA: PUNTO 1
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-07

DATOS DE LA MUESTRA					
Diámetro de muestra:	3.00	cm	Peso muestra natural:	85.4	g
Longitud de muestra:	7.00	cm	Peso muestra húmeda:	86.0	g
Área de muestra:	7.07	cm ²	Peso muestra seca:	61.64	g
Volumen de muestra:	49.48	cm ³	Cont.humed. Natural:	38.46	%
Diámetro tubo carga:	0.50	cm	Cont.humed. Saturada:	39.54	%
Área tubo carga:	0.196	cm ²	Relación de vacíos:	1.103	
Densidad de sólidos	2.62				

DATOS DE PERMEABILIDAD							
TIEMPO (seg.)	TEMPERAT. °C	CARGA (cm)	GRADIENTE HIDRÁULICO	VOLUMEN (cm ³)	μ_t / μ_{20}	K_t (cm/seg.)	K_{20} (cm/seg.)
1200	18.0	500.0	71.4	4.00	1.0507	6.6020E-06	6.9364E-06
1200	18.0	500.0	71.4	11.00	1.0507	1.8155E-05	1.9075E-05
1200	18.0	500.0	71.4	7.00	1.0507	1.1553E-05	1.2139E-05
1200	18.0	500.0	71.4	8.00	1.0507	1.3204E-05	1.3873E-05
1200	18.0	500.0	71.4	6.50	1.0507	1.0728E-05	1.1272E-05
1200	18.0	500.0	71.4	6.00	1.0507	9.9030E-06	1.0405E-05
1200	18.0	500.0	71.4	5.50	1.0507	9.0777E-06	9.5376E-06
1200	18.0	500.0	71.4	7.00	1.0507	1.1553E-05	1.2139E-05
PERMEABILIDAD MEDIA						1.1347E-05	1.1922E-05

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.

ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO





PERMEABILIDAD CON CARGA CONSTANTE

INF. No. 22 - 0390-I
Hoja 02 de 03

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: KM 9.5 VÍA DAULE
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: COMUNIDAD SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
MUESTRA: PUNTO 1
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-07

DATOS DE LA MUESTRA					
Diámetro de muestra:	3.00	cm	Peso muestra natural:	85.7	g
Longitud de muestra:	7.00	cm	Peso muestra húmeda:	86.7	g
Área de muestra:	7.07	cm ²	Peso muestra seca:	62.11	g
Volumen de muestra:	49.48	cm ³	Cont.humed. Natural:	37.90	%
Diámetro tubo carga:	0.50	cm	Cont.humed. Saturada:	39.63	%
Área tubo carga:	0.196	cm ²	Relación de vacíos:	1.087	
Densidad de sólidos	2.62				

DATOS DE PERMEABILIDAD							
TIEMPO (seg.)	TEMPERAT. °C	CARGA (cm)	GRADIENTE HIDRÁULICO	VOLUMEN (cm ³)	μ_t / μ_{20}	K_t (cm/seg.)	K_{20} (cm/seg.)
1200	18.0	1000.0	142.9	4.00	1.0507	3.3010E-06	3.4682E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	3.00	1.0507	2.4757E-06	2.6012E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	2.00	1.0507	1.6505E-06	1.7341E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	3.00	1.0507	2.4757E-06	2.6012E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	2.00	1.0507	1.6505E-06	1.7341E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	2.00	1.0507	1.6505E-06	1.7341E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	4.50	1.0507	3.7136E-06	3.9017E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	4.50	1.0507	3.7136E-06	3.9017E-06
1200	18.0	1000.0	142.9	3.00	1.0507	2.4757E-06	2.6012E-06
PERMEABILIDAD MEDIA						2.5674E-06	2.6975E-06

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.


ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO





PERMEABILIDAD CON CARGA CONSTANTE

INF. No. 22 - 0390-I
Hoja 03 de 03

Quito, 11 de julio de 2022

DATOS DEL CLIENTE

Razón Social: DAVID ALEXANDER CAJAS ANANGONÓ
Dirección: KM 9.5 VÍA DAULE
Teléfono: 0968368085

DATOS DEL PROYECTO

Proyecto: ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS DE LA COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
Contratante: ***
Contratista: ***
Fiscalizador: ***
PROCEDENCIA: COMUNIDAD SAN RAFAEL, PARROQUIA CHECA
MUESTRA: PUNTO 1
FECHA DE ENSAYO: 2022-07-07

DATOS DE LA MUESTRA					
Diámetro de muestra:	3.00	cm	Peso muestra natural:	86.2	g
Longitud de muestra:	7.00	cm	Peso muestra húmeda:	87.3	g
Área de muestra:	7.07	cm ²	Peso muestra seca:	62.45	g
Volumen de muestra:	49.48	cm ³	Cont.humed. Natural:	38.09	%
Diámetro tubo carga:	0.50	cm	Cont.humed. Saturada:	39.84	%
Área tubo carga:	0.196	cm ²	Relación de vacíos:	1.076	
Densidad de sólidos	2.62				

DATOS DE PERMEABILIDAD							
TIEMPO (seg.)	TEMPERAT. °C	CARGA (cm)	GRADIENTE HIDRÁULICO	VOLUMEN (cm ³)	μ_t / μ_{20}	K_t (cm/seg.)	K_{20} (cm/seg.)
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	5.00	1.0774	2.0631E-06	2.2228E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	3.00	1.0774	1.2379E-06	1.3337E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	3.00	1.0774	1.2379E-06	1.3337E-06
1200	17.0	2000.0	285.7	4.00	1.0774	1.6505E-06	1.7783E-06
PERMEABILIDAD MEDIA						1.6092E-06	1.7338E-06

OBSERVACIONES: La información proporcionada por el cliente, tal como, muestra y procedencia, involucra su total responsabilidad.
Los resultados reportados en el presente informe corresponden únicamente a los ítems ensayados bajo las condiciones de Laboratorio o bajo las condiciones en las que se recibieron.
El contenido del presente informe no podrá reproducirse ni parcial ni totalmente sin la autorización del LEMSUR.


ING. MERCEDES VILLACÍS
JEFE DE LABORATORIO



Anexo VII. Matriz de Leopold

