

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE EXCRETAS:  
POZO SÉPTICO, LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO EN LA  
COMUNIDAD DE SAN RAFAEL, PARROQUIA DE CHECA**

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

**CAMILA ALEJANDRA TOTOY BAZURTO**

[camilalejandra97@gmail.com](mailto:camilalejandra97@gmail.com)

**DIRECTOR: GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO**

[gissela.vilaña@epn.edu.ec](mailto:gissela.vilaña@epn.edu.ec)

**DMQ, septiembre 2022**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, CAMILA ALEJANDRA TOTOY BAZURTO 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.

---

**CAMILA ALEJANDRA TOTOY BAZURTO**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por CAMILA ALEJANDRA TOTOY BAZURTO, bajo mi supervisión.

---

**GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el los productos resultantes 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.

CAMILA ALEJANDRA TOTOY BAZURTO

GISSELA ELIZABETH VILAÑA TRUJILLO

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jaime Totoy y Lilyan Bazarro a quienes les debo la vida. A mi pequeña hermana. A mi familia en general, abuelos, tíos y primos. A mis amigos del colegio y la universidad. A mí misma por hacer frente a todas las adversidades que se me han presentado.

Finalmente, a las personas de la comuna de San Rafael, con la esperanza de que el trabajo que he realizado pueda ayudarles a mejorar su calidad de vida por medio de mejores alternativas de saneamiento que puedan ser aplicadas en su comunidad y también en otras comunidades que carezcan de servicios de saneamiento básico.

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a mis padres Jaime Totoy y Lilyan Bazurto, quienes desde incluso antes de que haya tenido uso de razón se han mantenido durante estos 25 años a mi lado, no solo me han apoyado en los momentos más difíciles de mi vida sino también me han permitido construir hermosos recuerdos que llevo en mi memoria, gracias a ellos me he formado académica e íntegramente, parte de la esencia de mi persona concentra en gran medida sus enseñanzas. A mi abuelita Blanca quien ha sido un roble que me ha sostenido no solo a mí, sino a toda mi familia. A mi hermana Nadia quien me ha permitido tener una presencia perpetua con la que puedo compartir todo a pesar de la gran diferencia de edad que nos llevamos ambas. A mi familia en general, abuelos, primos y tíos quienes hasta la fecha me han brindado apoyo incondicional.

Mi gratitud con todos los docentes que me han formado durante mi estancia universitaria en la Escuela Politécnica Nacional. A mi directora la MSc. Gissela Vilaña quien estuvo dispuesta a ayudarme más allá de lo pensado durante la elaboración de este trabajo y ha sido una excelente docente en las materias que me impartió durante varios semestres en los que yo fui su estudiante.

Finalmente, a mis amigos Isabel C, Juan G, Nicole Z y Melisa R con quienes crucé caminos cuando me encontraba recorriendo mi vida estudiantil secundaria y que a pesar de los años y distancia aún se mantienen en mi vida. Además, agradezco a Nicole Y, Deisy Y, Franklin A y Andrés S, quienes no solo serán mis futuros colegas, sino también se han convertido en grandes amigos que me ayudaron a aminorar la gran carga de mi vida universitaria y de mi vida misma.

# CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
RESUMEN.....	16
ABSTRACT .....	18
CAPÍTULO 1.....	19
INTRODUCCIÓN.....	19
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.3 ALCANCE .....	21
CAPÍTULO 2.....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 SANEAMIENTO.....	22
2.2 AGUAS RESIDUALES Y EXCRETAS.....	23
2.3 CONSECUENCIAS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE DERIVADA DE LA INCORRECTA DISPISICIÓN DE EXCRETAS O AGUAS NEGRAS.....	25
2.4 TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO.....	27
2.5 MATRIZ DE DECISIÓN.....	46
2.6 FACTORES UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR TECNOLOGÍA DE SANEAMIENTO.....	47
CAPÍTULO 3.....	51
METODOLOGÍA.....	51
3.1 FACTORES UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR TECNOLOGÍA DE SANEAMIENTO.....	51
3.2 GUÍA DE DISEÑO.....	53
3.3 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS UNITARIOS .....	55
3.4 CRITERIOS DE CALIFICACIÓN PARA LOS FACTORES TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS .....	58
3.5 OPERACIÓN DE LA MATRIZ DE DECISIÓN .....	77

RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	79
4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	79
CAPÍTULO 5.....	91
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	91
5.1 CONCLUSIONES .....	91
5.2 RECOMENDACIONES .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS.....	97

## INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO I</b>	GUÍA DE DISEÑO DE LA LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO .....	98
<b>ANEXO II</b>	GUÍA DE DISEÑO DE LA LETRINA DE POZO SÉPTICO .....	111
<b>ANEXO III</b>	DIMENSIONAMIENTO DE LA LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO QUE SE CONSTRUIRÁ EN SAN RAFAEL .....	124
<b>ANEXO IV</b>	DIMENSIONAMIENTO PARA EL POZO SÉPTICO QUE SE CONSTRUIRÁ EN SAN RAFAEL .....	131
<b>ANEXO V</b>	MODELO DE ENCUESTA .....	138
<b>ANEXO VI</b>	ENCUESTAS REALIZADAS .....	133
<b>ANEXO VII</b>	MATRIZ DE DECISIÓN.....	168

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Funcionamiento de la letrina de hoyo seco ventilado .....	28
<b>Figura 2.</b> Partes de la letrina de hoyo seco ventilado .....	29
<b>Figura 3.</b> Procesos físicos y biológicos y capas de material que se forman dentro de las letrinas. ....	30
<b>Figura 4.</b> Pozo séptico de una cámara y su funcionamiento.....	35
<b>Figura 5.</b> Pozo séptico y las capas que lo componen (zona de espumas, clarificación y lodos). 36	
<b>Figura 6.</b> Pozo séptico y las partes que lo componen. ....	38
<b>Figura 7.</b> Profundidades por considerar para el dimensionamiento del tanque.....	41
<b>Figura 8.</b> Reservorio de agua de la comunidad de San Rafael.....	51
<b>Figura 9.</b> Invernadero y venta de productos como mermeladas .....	52
<b>Figura 10.</b> Encuestas realizadas a la Comunidad de San Rafael .....	59
<b>Figura 11.</b> Cantidad de agua utilizada en cada descarga de las 17 familias encuestadas en San Rafael encuestada.....	62
<b>Figura 12.</b> Días al año al que cada familia encuestada en San Rafael está dispuesta a destinar para el mantenimiento de las tecnologías. ....	64
<b>Figura 13.</b> Días al año al que cada familia encuestada en San Rafael está dispuesta a destinar para el mantenimiento de las tecnologías. ....	66
<b>Figura 14.</b> Disponibilidad del terreno dispuesta a destinar para la construcción de la tecnología de saneamiento.....	69
<b>Figura 15.</b> Prácticas de higiene sanitaria de los habitantes de San Rafael.....	70
<b>Figura 16.</b> Aceptación de la letrina de hoyo seco ventilado entre los encuestados.....	71
<b>Figura 17.</b> Aceptación que tiene el pozo séptico entre los encuestados.....	72
<b>Figura 18.</b> Disposición a pagar por el mantenimiento anual de las tecnologías.....	75
<b>Figura 19.</b> Ingreso económico mensual percibido por familia. ....	76
<b>Figura 20.</b> Comparativa entre las calificaciones obtenidas por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en función de los factores de selección. ....	87
<b>Figura 21.</b> Colocación de la red mosquitera sobre el tubo de ventilación y representación gráfica de la malla mosquitera. ....	128
<b>Figura 22.</b> Dimensionamiento del pozo séptico .....	136

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Clasificación del nivel de desarrollo de saneamiento en el Ecuador.....	23
<b>Tabla 2.</b>	Aguas residuales y sus tres grandes clasificaciones según su origen .....	24
<b>Tabla 3.</b>	Porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio presente en las heces y orina. ....	24
<b>Tabla 4.</b>	Agentes patógenos, la infección que causan y el lugar donde estos han sido encontrados. ....	25
<b>Tabla 5.</b>	Diferencias y ejemplos de sistemas de saneamiento seco y en base de agua.....	27
<b>Tabla 6.</b>	Tasa de acumulación de excretas en función al tipo de limpieza anal.....	31
<b>Tabla 7.</b>	Revestimiento del hoyo. ....	32
<b>Tabla 8.</b>	Contribución per cápita de Aguas Residuales y lodo fresco de acuerdo con el estrato económico de la familia. ....	39
<b>Tabla 9.</b>	Tiempo de retención y sus particularidades .....	40
<b>Tabla 10.</b>	Tiempo de retención hidráulico en función de la contribución diaria (C) ....	40
<b>Tabla 11.</b>	Valores de k por intervalo de temperatura ambiente .....	40
<b>Tabla 12.</b>	Profundidad útil mínima y máxima del pozo séptico en función de su volumen útil.....	42
<b>Tabla 13.</b>	Distancia desde la parte inferior del tubo de salida y tubo de entrada hacia la parte inferior de tanque. ....	45
<b>Tabla 14.</b>	Extensión de las tuberías de entrada y salida hacia la profundidad de líquido del tanque.....	45
<b>Tabla 15.</b>	Diferencias en la construcción y uso de la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.....	46
<b>Tabla 16.</b>	Nivel de desarrollo de saneamiento existente en la comunidad de San Rafael.....	52
<b>Tabla 17.</b>	Contenido de la guía de diseño de la letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico.....	53
<b>Tabla 18.</b>	Dimensiones y singularidades de la letrina de hoyo seco ventilado y del pozo séptico.....	54

<b>Tabla 19.</b> Costos de materiales para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado.....	56
<b>Tabla 20.</b> Costos de mano de obra para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado.....	56
<b>Tabla 21.</b> Costos de materiales para la construcción del pozo séptico.....	56
<b>Tabla 22.</b> Costos de mano de obra para la construcción de pozo séptico.....	57
<b>Tabla 23.</b> Costos de mantenimiento de la letrina de hoyo seco ventilado .....	57
<b>Tabla 24.</b> Costos de evacuación de residuos fecales para la letrina y el pozo séptico.....	58
<b>Tabla 25.</b> Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento.....	60
<b>Tabla 26.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento .....	60
<b>Tabla 27.</b> Coeficiente de permeabilidad según la textura del suelo.....	61
<b>Tabla 28.</b> Coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael.....	61
<b>Tabla 29.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el coeficiente de permeabilidad ....	61
<b>Tabla 30.</b> Agua que necesitan las tecnologías para su funcionamiento. ....	62
<b>Tabla 31.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la cantidad de agua necesaria para que funcione la tecnología .....	63
<b>Tabla 32.</b> Comparativa de la frecuencia de mantenimiento requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.....	63
<b>Tabla 33.</b> Comparativa de los días de mantenimiento por años requeridos por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico .....	63
<b>Tabla 34.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el mantenimiento requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico .....	64
<b>Tabla 35.</b> Comparativa del nivel de dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico .....	64
<b>Tabla 36.</b> Comparativa del nivel de dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico .....	65
<b>Tabla 37.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la dificultad requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico .....	65

<b>Tabla 38.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.....	66
<b>Tabla 39.</b> Comparativa del tiempo de construcción requerido para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.....	66
<b>Tabla 40.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el tiempo de construcción requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.....	67
<b>Tabla 41.</b> Peso estimado de la letrina de hoyo seco ventilado .....	67
<b>Tabla 42.</b> Peso estimado del pozo séptico.....	67
<b>Tabla 43.</b> Capacidad de carga de las tecnologías de saneamiento.....	68
<b>Tabla 44.</b> Capacidad de carga del suelo de San Rafael.....	68
<b>Tabla 45.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la capacidad de carga de la tecnología.....	68
<b>Tabla 46.</b> Área requerida para la construcción de las tecnologías. ....	68
<b>Tabla 47.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la disponibilidad del terreno.....	69
<b>Tabla 48.</b> Tecnología de saneamiento (letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico) con su tiempo de vida útil .....	69
<b>Tabla 49.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con la vida útil de la tecnología. ....	70
<b>Tabla 50.</b> Ponderación otorgada a las tecnologías secas de acuerdo con la disposición del producto de limpieza anal.....	71
<b>Tabla 51.</b> Ponderación otorgada a las tecnologías que usan agua de acuerdo con la disposición del producto de limpieza anal.....	71
<b>Tabla 52.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el nivel de aceptación que tienen las tecnologías dentro de la comunidad de San Rafael. ....	72
<b>Tabla 53.</b> Aprovechamiento de excretas o lodos por cada una de las tecnologías....	73
<b>Tabla 54.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el aprovechamiento de excretas o lodos.....	73
<b>Tabla 55.</b> Comparativa entre la cantidad de agua utilizada por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.....	73
<b>Tabla 56.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el uso de agua.....	74
<b>Tabla 57.</b> Comparativa entre la atracción de vectores generada por cada una de las tecnologías. ....	74

<b>Tabla 58.</b> Ponderación otorgada de acuerdo con el grado de atracción de vectores.	74
<b>Tabla 59.</b> Comparativa entre la cantidad de agua utilizada por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.	75
<b>Tabla 60.</b> Ponderación otorgada a la tecnología según lo que la población esté dispuesta a pagar por el mantenimiento.	76
<b>Tabla 61.</b> Ponderación otorgada a la tecnología según sus ingresos económicos.	76
<b>Tabla 62.</b> Ponderación otorgada a la tecnología según los ingresos económicos de la comunidad de San Rafael.	77
<b>Tabla 63.</b> Comparativa entre los costos de evacuación de residuos fecales para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.	77
<b>Tabla 64.</b> Ponderación otorgada a la tecnología de acuerdo con si la evacuación de residuos fecales tiene o no costo.	77
<b>Tabla 65.</b> Matriz de decisión de la letrina de hoyo seco ventilado	85
<b>Tabla 66.</b> Matriz de decisión del pozo séptico.	86
<b>Tabla 67.</b> Rango de dimensiones adecuadas para el hoyo.	125
<b>Tabla 68.</b> Ancho y alto del hoyo de la letrina.	125
<b>Tabla 69.</b> Datos de San Rafael	125
<b>Tabla 70.</b> Rango de dimensiones adecuadas para el hoyo	126
<b>Tabla 71.</b> Consideraciones importantes que tomar en cuenta de acuerdo con la dimensión de la profundidad del hoyo a excavar.	126
<b>Tabla 72.</b> Dimensiones de la losa	127
<b>Tabla 73.</b> Rango de dimensiones adecuadas para la caseta.	127
<b>Tabla 74.</b> Rango de dimensiones adecuadas para la caseta.	127
<b>Tabla 75.</b> Altura mínima a la cual debe encontrarse la parte más alta del tubo con respecto al punto más alto en el techo.	128
<b>Tabla 76.</b> Diámetro de la tubería de ventilación en función del material a utilizarse y el clima del sector.	128
<b>Tabla 77.</b> Tiempo de duración de la malla mosquitera en función del tipo de material del cual esté hecha.	129
<b>Tabla 78.</b> Área recomendada de los agujeros de la malla mosquitera	129
<b>Tabla 79.</b> Datos de San Rafael	132

<b>Tabla 80.</b> Contribución per cápita de Aguas Residuales y de lodo fresco .....	132
<b>Tabla 81.</b> Tiempo de retención en función de la contribución per cápita de lodo fresco	132
<b>Tabla 82.</b> Valor de K .....	133
<b>Tabla 83.</b> Profundidad útil mínima y máxima del tanque .....	133
<b>Tabla 84.</b> Grosor de paredes, base y tapa del pozo séptico en función del volumen del tanque.....	135

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b>	Volumen del hoyo excavado .....	31
<b>Ecuación 2.</b>	Altura de las excretas.....	32
<b>Ecuación 3.</b>	Estimación de la contribución diaria de aguas residuales.....	39
<b>Ecuación 4.</b>	Volumen útil del tanque.....	41
<b>Ecuación 5.</b>	Profundidad total efectiva del tanque .....	41
<b>Ecuación 6.</b>	Área superficial del tanque .....	42
<b>Ecuación 7.</b>	Profundidad máxima se espumas sumergidas .....	42
<b>Ecuación 8.</b>	Volumen de digestión y almacenamiento de lodos.....	43
<b>Ecuación 9.</b>	Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos.....	43
<b>Ecuación 10.</b>	Volumen requerido para la sedimentación.....	43
<b>Ecuación 11.</b>	Área superficial del tanque .....	44
<b>Ecuación 12.</b>	Profundidad de espacio libre mínimo total .....	44
<b>Ecuación 13.</b>	Número de encuestas a aplicar en una población conocida .....	59
<b>Ecuación 14.</b>	Profundidad del hoyo.....	126
<b>Ecuación 15.</b>	Área superficial del tanque .....	135
<b>Ecuación 16.</b>	Relación largo y ancho del tanque.....	135
<b>Ecuación 17.</b>	Ancho y largo del pozo séptico .....	135

## RESUMEN

En la comunidad de San Rafael perteneciente a la parroquia Checa, ubicada en Quito, la falta de alcantarillado ha instado a los pobladores del sector a construir un sistema de manejo de excretas conocido como pozo ciego.

Al no contar con un sistema eficiente de saneamiento, las excretas pueden llegar a ponerse en contacto con el ser humano, principalmente por medio de cuerpos de agua mismos que, sirven de abastecimiento directo a la comunidad.

Ante esta problemática en el presente trabajo se hizo una evaluación entre la letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico, para identificar cuál es la más idónea a ser implementada en la comunidad de San Rafael, tomando en cuenta factores técnicos, sociales, ambientales y económicos por medio de la aplicación de la matriz de decisión.

Además, se elaboró la guía de diseño “Letrina de Hoyo Seco Ventilado” y “Pozo Séptico” como una herramienta de ayuda para que las familias de San Rafael puedan apoyarse de material dinámico que les permita familiarizarse con la tecnología conociendo sus partes principales, las dimensiones que deben tener, el mantenimiento y evacuación de excretas o lodos y los materiales que se recomiendan usar.

Se concluyó que la letrina de hoyo seco ventilado tiene una calificación final de 73,44%, de aquí se desglosan las puntuaciones para los factores técnicos (36,44%), sociales (12%), ambientales (11%) y económicos (14%). En contraste el pozo séptico presenta una calificación total de 55,11% de lo cual el factor técnico se calificó con 27.56%, el social con 12%, ambiental con 6% y económicamente califica con 6%. En conclusión, la tecnología de saneamiento más adecuada para la comunidad de San Rafael es la letrina de hoyo seco ventilado.

**PALABRAS CLAVE:** Saneamiento, letrina de hoyo seco ventilado, pozo séptico, excretas, matriz de decisión, factores.



## ABSTRACT

At commune of San Rafael, which belongs to parish of Checa, locate in Quito; the lack of sewage has forced the inhabitants of the area to build an excreta management system known as cesspit.

Not having an efficient sanitation system, the excretes might put in contact with the human being, through water sources which directly supply the commune.

In view of this problem at the present work done an evaluation between ventilated improved pit latrine and a septic tank, to identify which is the most suitable to be implemented at San Rafael commune, taking in consideration technical, social, environmental, and economic factors, through the application of a decision matrix.

In addition, the design guide "Ventilated Pit Latrine" and "Septic Tank" was developed as a tool to help the families of San Rafael to rely on dynamic material that allows them to become familiar with the technology by knowing its main parts, the dimensions that they must have, the maintenance and evacuation of excreta or sludge and the materials that are recommended to be used.

It was concluded that the ventilated improved pit latrine has obtained a final rating of 73.44%, for technical factor the score was 36.44%, the social 12%, the environmental 11% and the economic 14%. In contrast, the septic tank has a total rating of 55.11%, of which the technical factor was rated at 27.56%, the social factor at 12%, the environmental factor at 6%, and the economic factor at 6%. In conclusion, the most appropriate sanitation technology for the community of San Rafael is the ventilated dry latrine.

**KEYWORDS:** Sanitation, ventilated improved pit latrine, septic tank, excreta, decision matrix, factors.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

En la parroquia de San Rafael perteneciente a la parroquia Checa, ubicada en Quito, la falta de alcantarillado ha instado a los pobladores del sector a construir un sistema de manejo de excretas conocido como pozo ciego, que se trata de una excavación en el suelo que recoge las excretas de los hogares a través de una tubería que transporta las aguas residuales desde el sanitario que se encuentra al interior de la vivienda hacia el al pozo.

En el pozo se almacenan las excretas, mientras que el material líquido se filtra directamente a través del suelo. Si bien este pozo ha sido recubierto en la parte superior por hormigón, y se le ha colocado una tubería vertical que tiene la función de evitar que los malos olores regresen a través de la tubería de descarga, las paredes excavadas del pozo no se encuentran revestidas por hormigón o piedra, debido al costo adicional que esto trae a los usuarios (Adegoke & Stenstrom, 2019).

La desventaja principal que tienen los pozos ciegos la contaminación del agua subterránea con agentes patógenos, ya que las aguas residuales que ingresan se filtran directamente hacia el suelo. Otra desventaja es que las paredes de la instalación son propensas a colapsar, ya que estas no están provistas de material de soporte (Adegoke & Stenstrom, 2019).

Los cuerpos de agua que sirven como abastecimiento directo a comunidades que carecen de servicio de agua potable o agua segura, pueden llegar a contaminarse de excretas debido a la inexistencia un sistema eficiente de saneamiento. Consecuentemente las personas que habitan estas comunidades son propensas a contraer enfermedades transmitidas por el agua contaminada.

Según la OMS, se estima que, el saneamiento inadecuado en países de ingresos bajos y medianos causa al año alrededor de 280.000 muertes por diarrea (cólera, la fiebre tifoidea y el rotavirus). Esta enfermedad tiene mayor prevalencia en niños menores de 5 años (OMS, s.f.).

La OMS considera que un sistema adecuado y seguro de excretas se caracteriza por impedir que las excretas humanas contacten a las personas, desde la disposición en el inodoro hasta el vaciado, transporte, tratamiento (in situ o ex situ) y la disposición o

uso final. La letrina de hoyo seco y el pozo séptico ventilado siguiendo las directrices anteriormente mencionadas, son ejemplos de sistemas adecuados (WHO, 2018).

Una letrina de hoyo seco ventilado es un sistema de saneamiento en seco. Se trata de una modificación de la letrina convencional, pues, posee un mecanismo de control de olores y moscas, gracias a la instalación de una tubería vertical que se coloca en el interior o fuera de la estructura (Obeng et al., 2019; WHO, s.f.)

A diferencia de los sistemas secos, el pozo séptico se conecta al servicio sanitario del hogar por medio de una tubería. Una vez que se realiza la descarga desde el retrete o inodoro, las excretas son transportadas por medio del agua descargada hacia un tanque que recepta estos residuos (EPA, s.f., 2000, 2005).

En el presente trabajo, se evaluarán las alternativas para el manejo de excretas: pozo séptico o letrina de hoyo seco ventilado para la parroquia rural de San Rafael, constituida por 50 familias tomando en cuenta factores técnicos, sociales, ambientales y económicos. Además, se desarrollará una guía de diseño y se estimarán los costos unitarios de construcción para estas dos tecnologías.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las alternativas para el manejo de excretas: pozo séptico o letrina de hoyo seco ventilado para la parroquia rural de San Rafael, constituida por 50 familias tomando en cuenta las condiciones técnicas, económicas, ambientales y sociales.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer una guía de diseño de pozo séptico y letrina de hoyo seco ventilado, con el fin de solucionar el problema de saneamiento que enfrenta la parroquia de San Rafael, en Checa.
- Estimar los costos unitarios de construcción de las tecnologías de saneamiento: pozo séptico o letrina de hoyo seco ventilado.
- Identificar qué tecnología de saneamiento (pozo séptico y letrina de hoyo seco ventilado) es la más idónea para instaurar en la comunidad, en base a parámetros técnicos, ambientales sociales y económicos.

### **1.3 ALCANCE**

El propósito del presente trabajo es realizar una evaluación comparativa entre las dos tecnologías de saneamiento: pozo séptico o letrina de hoyo seco ventilado, para determinar cuál de ellas es la más adecuada a ser implementada en la comunidad de San Rafael tomando en cuenta factores técnicos, económicos, sociales y ambientales.

La metodología por emplear consiste en la recopilación de la información de las tecnologías a través de bibliografía. Posteriormente el levantamiento de una línea base de San Rafael con el fin de obtener una visión del área de estudio y de las condiciones de saneamiento actual, esto en base a una visita a la comunidad. Se realizará una guía de diseño de las dos tecnologías en base a normativa de diseño a información recopilada durante la visita de la comunidad.

A continuación, se determinarán los costos de construcción, mantenimiento y evacuación de residuos fecales, por medio de cotizaciones en ferreterías y consulta de precios por servicios de mano de obra con albañiles, plomeros, carpinteros, etc., según sea el caso. Posteriormente se determinarán los parámetros que formarán parte de los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos de cada tecnología y se detallarán los criterios a ser usados para calificar a estos factores.

Finalmente, se usará una matriz de decisión que servirá como herramienta para calificar a las tecnologías en base a los parámetros de los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos. En base al resultado arrojado por la matriz de decisión, se seleccionará la mejor tecnología de saneamiento.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 SANEAMIENTO**

##### **2.1.1 INTRODUCCIÓN AL SANEAMIENTO**

El “Garantizar la Disponibilidad de Agua y su Gestión Sostenible y el Saneamiento para todos” se ha planteado como uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales se han establecido para asegurar que los progresos en materia de calidad de vida y desarrollo de la generación del ahora, no comprometan las necesidades a las futuras generaciones.

El saneamiento es un sistema de manejo y disposición de excretas que se diseña con el objetivo de evitar el contacto con orina y heces humanas durante su captura y contención dentro del inodoro hasta el vaciado, transporte y tratamiento (in situ o ex situ) y disposición o uso final (WHO, 2018).

La implementación de un adecuado sistema de saneamiento perpetúa una mejora en la calidad de salud de la población y una mejora en el estado medio ambiental donde habitan. Pese a ello, lamentablemente en el año 2020 a nivel mundial el 6% de la población a nivel mundial es decir 494 millones continuaban defecando al aire libre (Joint Monitoring Programme, 2021; The World Bank, 2021).

En la ruralidad existen grandes desafíos para implementar tecnologías de saneamiento como bajos niveles socioeconómicos, falta de asesoramiento tanto técnico como financiero, grandes distancias entre una vivienda a otra, carencia de control, supervisión y apoyo por parte de las instituciones encargadas de la implementación de saneamiento a nivel local o nacional (PAHO, 2010).

##### **2.1.2 SANEAMIENTO EN ECUADOR**

En Ecuador en el año 2020, se evidenció que 6.4% de la población rural defecaba al aire libre, aproximadamente 404.622 personas de los 6.322.214 habitantes en zonas rurales en aquel entonces (INEC & UNICEF, 2018).

El nivel de desarrollo de saneamiento en Ecuador (**Tabla 1**), se clasifica en seguro, básico, limitado, no mejorado y al aire libre. Para definir con qué nivel de desarrollo cuenta una comunidad, se debe conocer el tipo de servicio higiénico (excusado y alcantarillado, letrina con losa, pozo séptico o pozo ciego, letrina sin losa) o en su

defecto sino posee ninguna de las mencionadas con anterioridad. Además, se tomará en cuenta si el tipo de servicio higiénico es de uso compartido con otras familias, es decir la exclusividad del servicio y por último se deberá saber si se le da o no un manejo adecuado a las excretas según el tipo servicio higiénico con el que se cuente.

**Tabla 1.**

*Clasificación del nivel de desarrollo de saneamiento en el Ecuador*

Nivel de desarrollo del saneamiento		Tipo de servicio higiénico	Exclusividad del servicio	**Manejo de excretas
Nivel básico en Ecuador	Seguro	excusado y alcantarillado	✓	✓
		pozo séptico / pozo ciego	✓	✓
		letrina con losa	✓	✓
	Básico	excusado y alcantarillado	✓	X
		pozo séptico / pozo ciego	✓	X
		letrina con losa	✓	X
Limitado	excusado y alcantarillado	X		
	pozo séptico / pozo ciego	X	✓	
	letrina con losa	X	✓	
	no tiene (le prestan alcantarillado, pozo séptico o pozo ciego)			
No mejorado	pozo séptico / pozo ciego/	X	X	
	letrina con losa	X	X	
	letrina sin losa			
Al aire libre	no tiene (le prestan letrina)			
	no tiene: aire libre			

Recuperado de (INEC & UNICEF, 2018)

\*\*Manejo de excretas

a) Excusado y alcantarillado: si las aguas servidas son tratadas.

b) Excusado y pozo séptico o ciego: si los desechos no van a un lugar abierto y si no se ha vaciado el pozo.

c) Letrina: que no se haya vaciado

## 2.2 AGUAS RESIDUALES Y EXCRETAS

### 2.2.1 AGUAS RESIDUALES Y AGUAS NEGRAS

Las aguas residuales son aguas cuyas propiedades físicas, químicas o biológicas han cambiado como resultado de la introducción de ciertas sustancias que las hacen inseguras para algunos fines, como, por ejemplo, para el consumo humano (Bani & Amatey, 2011).

Estas aguas contaminadas se clasifican en tres grandes grupos: pluviales, industriales y domésticas, estas últimas se componen de aguas grises y negras. A continuación, en la **Tabla 2**, se incluyen sus principales características

**Tabla 2.***Aguas residuales y sus tres grandes clasificaciones según su origen*

Tipo de agua	Origen	
Pluviales	Lluvia	
Industriales	Establecimientos industriales (fábricas)	
Domésticas	Residencias (hogar), construcciones (hoteles) e instituciones (universidades)	Grises: Proveniente de cocina y lavandería. No contiene excretas
		Negras: Provenientes de baños. Contiene excretas

Elaborado por: Totoy, 2022

Se denomina aguas negras a aquel efluente proveniente de aparatos sanitarios como inodoros o urinarios, por lo que es una mezcla de orina, heces fecales humanas, material de limpieza anal y agua de descarga (agua usada en el inodoro para evacuar las excretas). Se compone principalmente de compuestos orgánicos, nutrientes, patógenos y residuos farmacéuticos (Vidal, 2014).

### 2.2.2 EXCRETAS

El término excretas es utilizado para referirse únicamente al conjunto de heces y orina. En la **Tabla 3**, se detalla la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio que produce una persona al año debido a las excretas produce (Vidal, 2014).

**Tabla 3.***Porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio presente en las heces y orina.*

Material	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	Kg/año	%	Kg/año	%	Kg/año	%
<b>Heces</b>	0.5	12	0.18	36	0.3	27
<b>Orina</b>	4	88	0.4	64	0.9	73

Elaborado por: Totoy, 2022

Como se puede observar, el nitrógeno, fósforo y potasio, son los principales componentes de las heces humanas y orina, siendo esta última la que posee la mayor concentración de los nutrientes anteriormente mencionados (Vidal, 2014).

Es importante conocer esta información ya que a partir de ella no solo se advierten las consecuencias al medio ambiente (eutrofización, proceso que se detallará más adelante) por la disposición directa de excretas sin previo tratamiento, sino también se pueden proponer opciones para su aprovechamiento (como fertilizante natural).

Por otro lado, las excretas de personas infectadas por agentes infecciosos como bacterias, virus y parásitos como protozoos y helmintos representan un gran riesgo a la salud ya que estos patógenos pueden ser transmitidos a individuos sanos al ponerse en contacto con heces y orinas contaminadas (Vidal, 2014).

## 2.3 CONSECUENCIAS A LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE DERIVADA DE LA INCORRECTA DISPISICIÓN DE EXCRETAS O AGUAS NEGRAS

Alrededor del mundo, en varios países (generalmente en vías de desarrollo), se defeca al aire libre o no se cuenta con saneamiento básico que impida que el material fecal no solo cause un impacto negativo en el medio ambiente, sino también en la salud. Esto se hace más evidente en la ruralidad (WHO, 2018).

### 2.3.1 AFECCIONES A LA SALUD DERIVADAS DE LA INCORRECTA DISPOSICIÓN DE EXCRETAS

La incorrecta disposición de excretas es uno de los factores incidentes en la transmisión de enfermedades infecciosas como la poliomielitis, hepatitis, cólera, tifoideos, criptosporidiosis, ascariasis y esquistosomiasis. Según cifras de la OMS, anualmente el número de niños menores a 5 años que contraen diarrea oscilan los 1500 millones, de estos mueren alrededor de 4 millones (Fewtrell & Bartram, 2001).

Un 10% de la población mundial se ve severamente afectada por lombrices intestinales asociadas al manejo inadecuado de excretas y desechos. A continuación, en la **Tabla 4**, se desglosan las enfermedades infecciosas relacionadas con agentes patógenos presentes en la orina o las heces (Franceys et al., 1992).

**Tabla 4.**

*Agentes patógenos, la infección que causan y el lugar donde estos han sido encontrados.*

	Nombre del Agente Patógeno	Infección causada	*Orina	Heces
Bacterias	<i>Escherichia coli</i>	Diarrea	x	x
	<i>Leptospira interrogans</i>	Leptospirosis	x	
	<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre Tifoidea	x	x
	<i>Shigella spp</i>	Shigelosis		x
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera		x
Virus	Poliovirus	Poliomielitis		x
	Rotavirus	Enteritis		x
Protozoos	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amebiasis		x
	<i>Giardia intestinalis</i>	Giardiasis		x
Hel mint os	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Nematodosis		x
	<i>Fasciola hepatica</i>	Duela hepática		x
	<i>Ancylostoma duodenale</i>	Anquilostomas		x

	<i>Necator americanus</i>	Anquilostomas		x
	<i>Schistosoma spp</i>	Esquistosomiasis	x	x
	<i>Taenia spp</i>	Lombriz Solitaria		x
	<i>Trichuris trichiura</i>	Tricocéfalo		x

Recuperado y adaptado de (Franceys et al., 1992).

\* La orina es estéril, ya que alberga aproximadamente  $10^3$  UFC/mL, esta cantidad no representa peligro, a diferencia de las heces contienen alrededor de  $10^{11} - 10^{13}$  UFC/mg (Vidal, 2014). Sin embargo, hay casos en los que en esta se encuentra la presencia de bacterias o helmintos, esto quiere decir que ha existido contaminación por heces fecales o que el usuario presenta una infección por *Salmonella typhi*, *Schistosoma haematobium* o *Leptospira*.

El manejo y tratamiento de excretas adecuado es la primera barrera o medida a tomarse para evitar la entrada de agentes patógenos al medio, de esta manera, se protegen a las fuentes de aguas y comida de contaminación fecal (Fewtrell & Bartram, 2001).

### 2.3.2 CONSECUENCIAS A FUENTES DE AGUA SUPERFICIALES POR LA DESCARGA DIRECTA DE AGUAS NEGRAS Y EXCRETAS

El principal impacto ambiental resultante de la disposición de aguas negras y excretas es la eutrofización, que es el incremento en la concentración de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N) y fosforo (P), en los cuerpos de agua donde los efluentes provenientes de tecnologías de saneamiento son depositados.

Lo anteriormente expuesto desencadena un crecimiento rápido y descontrolado de plantas y algas (Khan & Mohammad, 2014). Las consecuencias debidas a este fenómeno se enlistan a continuación

- Desbalance de la flora y fauna acuática (competencias con las plantas y algas por alimento).
- Riesgo para la salud de los animales y los seres humanos que ingieren o se ponen en contacto con agua eutrofizada (enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, conjuntivitis).
- Restricción de uso de agua para la pesca, recreación, industria y consumo de agua.
- Descenso en las concentraciones de oxígeno del agua, lo que hace que las formas de vida aeróbica disminuyan y en el peor de los casos se extingan.

### 2.3.3 CONSECUENCIAS DE LA DISPOSICIÓN DIRECTA DE AGUAS NEGRAS Y EXCRETAS EN EL SUELO

El suelo es un recurso natural no renovable que se forma a partir de la meteorización o degradación de la roca. Cuando se habla de este recurso se lo conceptualiza como un medio físico poroso donde se desarrolla la vida y que está formado por tres fases: sólida (materia orgánica e inorgánica), líquida y gaseosa. Una de las características que más destaca del suelo, es su capacidad para retener contaminantes, por ello se lo conoce como el filtro natural más grande en la Tierra, sin embargo, el suelo puede verse afectado tras la disposición directa de aguas negras (Alrawi et al., 2021), a continuación, se enlistan algunas de las consecuencias:

- Cambios en el contenido de humus y porosidad (obstrucción)
- Desbalance en el microbiota del suelo
- Incremento del pH
- Aumento de la salinidad
- Aumento en la concentración de nutrientes como nitrógeno, potasio, fósforo, etc.

Por lo anteriormente expuesto, es evidente que el suelo como todo filtro, no es infinito, por lo que una disposición de aguas negras o excretas desmedida e inadecuada terminará interfiriendo negativamente en su funcionamiento. Por ello las tecnologías de saneamiento toman un papel muy importante en salvaguardar no solo el funcionamiento del suelo, sino también de fuentes de agua (ríos, riachuelos, acequias, etc.) de abastecimiento para las comunidades, que se traduce en asegurar que la población no se ponga en contacto con agentes patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales.

## 2.4 TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO

Estas tecnologías consisten en instalaciones donde se disponen y se les da un tratamiento a las excretas o aguas negras. El saneamiento se puede dividir en sistemas que usan o no agua para la evacuación de excretas, es decir tecnologías en base seca y en base de agua, respectivamente (Fewtrell & Bartram, 2001).

**Tabla 5.**

*Diferencias y ejemplos de sistemas de saneamiento seco y en base de agua*

Sistema	¿Qué son?	¿Qué recolectan?	Tecnología
Seco	No requieren de agua para evacuar las	Excretas	• Letrinas de hoyo seco

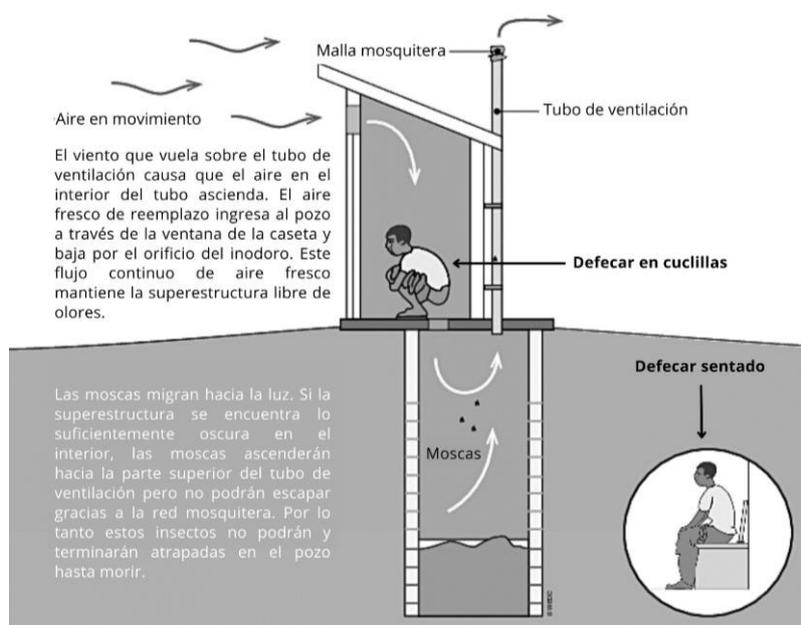
	excretas		ventilado <ul style="list-style-type: none"> <li>• Letrina compostera</li> <li>• Letrina de pozo anegado</li> </ul>
En base de agua	Requieren de agua para la evacuación de excretas	Aguas negras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pozo Séptico</li> <li>• Baño de arrastre hidráulico.</li> <li>• Biodigestor</li> </ul>

Elaborado por: Totoy, 2022

En el presente trabajo, se detallarán las tecnologías de saneamiento correspondiente a la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico. Se enlistarán y explicará su funcionamiento, las partes que la conforman y los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en estas para transformar las excretas y aguas negras en productos menos nocivos con el medio ambiente y el ser humano.

### 2.4.1 LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO

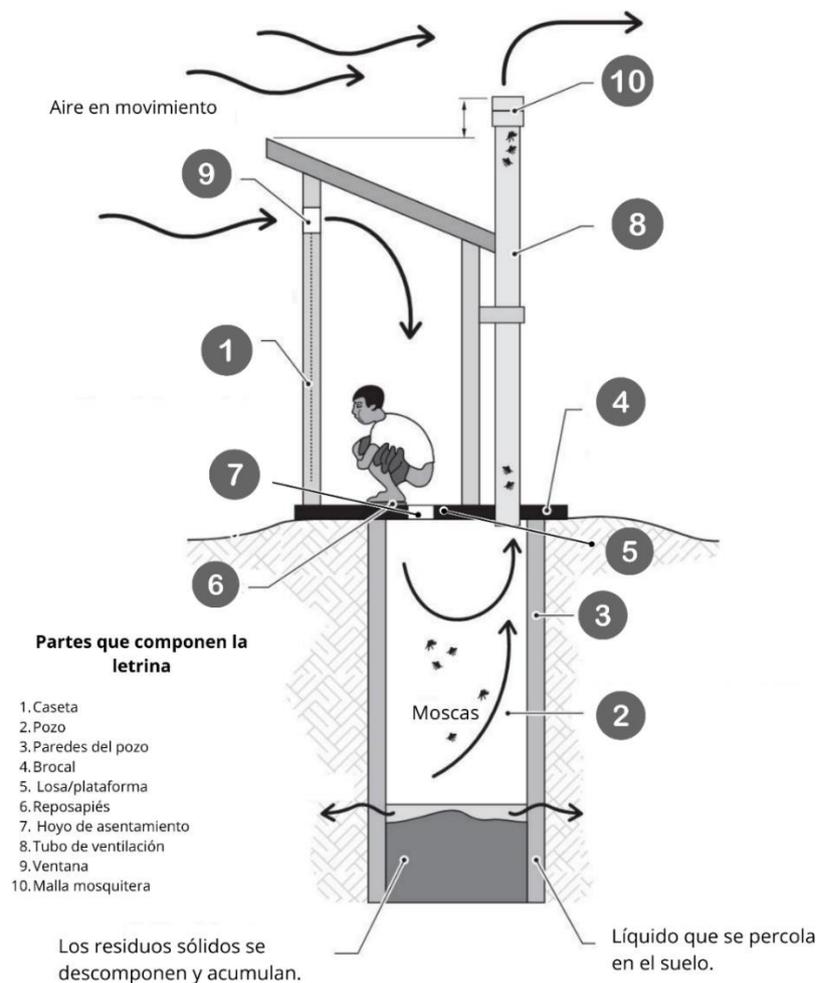
La letrina es una de las tecnologías de saneamiento más simples, se caracteriza por no necesitar de agua para la evacuación de excretas. Lo que hace característica a esta tecnología es que el olor generado por las excretas es controlado por un efecto chimenea, es decir el aire que ingresa a la superestructura a través de la pequeña ventana, entra al hoyo a través del orificio que se ha colocado en el piso, y sale por el tubo de ventilación (**Figura 1**). Este mecanismo además de controlar los olores impide ya sea el ingreso de moscas hacia el hoyo o que estas salgan de él, gracias a la malla que se encuentra colocada en la parte superior del conducto vertical (Fewtrell & Bartram, 2001).



**Figura 1.** Funcionamiento de la letrina de hoyo seco ventilado

Recuperado y adaptado de (Harvey, 2007)

En la **Figura 2**, se observan las partes principales que componen la letrina de hoyo seco ventilado, que estructuralmente es un pequeño compartimiento o caseta que posee una puerta (para ofrecer privacidad y evitar la entrada de animales), una pequeña ventana o abertura que permite la entrada de aire, un tubo largo de ventilación con dirección vertical y un hoyo cavado en el suelo de forma cuadrada o circular que se encuentra cubierto por una losa a la que se le hace un pequeño hoyo (en forma de cerradura o de pera) por donde ingresarán las excretas (Harvey, 2007; Obeng et al., 2019; WHO, 2018).

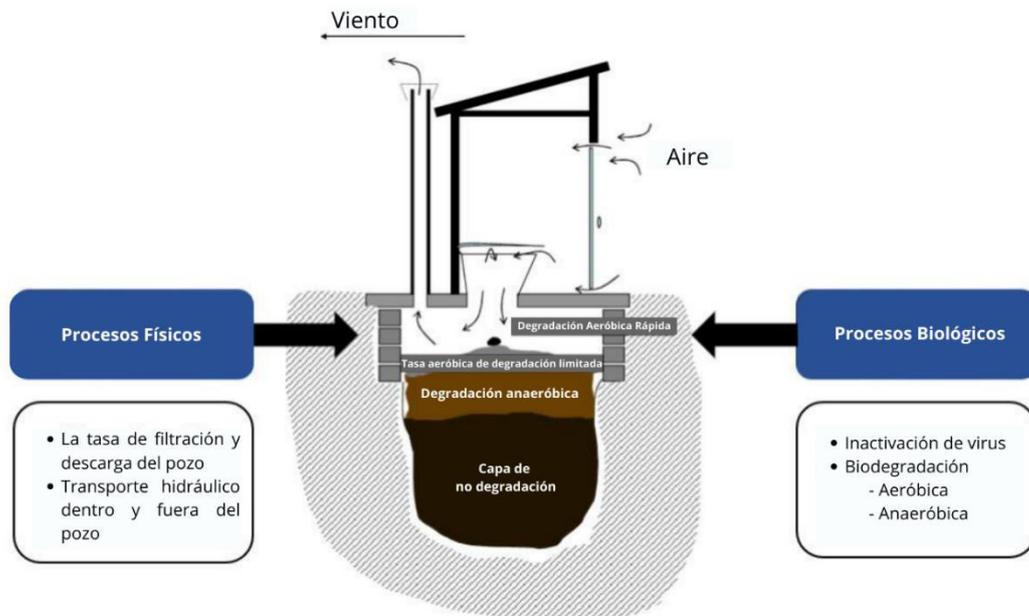


**Figura 2.** Partes de la letrina de hoyo seco ventilado  
Recuperado y adaptado de (Harvey, 2007)

#### 2.4.1.1 Procesos Físicos y Biológicos

Dentro del hoyo de la letrina, se desencadenan dos tipos de procesos; físicos y biológicos. Los primeros contemplan el movimiento hidráulico del material líquido fecal y otro material soluble al entrar y salir del hoyo, además de la tasa de infiltración y

descarga del material dentro de él. Por otro lado, los segundos procesos involucran la inactivación de virus provenientes de las excretas, así como procesos de biodegradación aerobia y anaerobia (Joe, 2019; Orner et al., 2018). En la **Figura 3** se puede gráficamente la explicación anteriormente detallada.



**Figura 3.** Procesos físicos y biológicos y capas de material que se forman dentro de las letrinas.

Recuperado y adaptado de (Joe, 2019)

El hoyo se divide en 4 capas, en cada una de ellas se destaca un proceso de degradación particular. En la primera se encuentra el material fecal fácilmente biodegradable y se caracteriza por presentar una tasa de degradación aeróbica rápida de la materia orgánica que compone los lodos. Al igual que en la primera capa, en la segunda también se suscitan procesos de biodegradación (Joe, 2019; Orner et al., 2018)

Posteriormente, ya que en el hoyo luego de cada uso ingresa más material fecal y en la tercera capa empiezan a predominar los procesos anaeróbicos, la mayor parte de los lodos ya han sufrido transformaciones biológicas y la inactivación de microorganismos es menor que en capas superiores. Tanto en la segunda y tercera capa los procesos de biodegradación empiezan a ser cada vez más lentos debido a la falta de oxígeno del medio.

Finalmente, cuando los lodos y los virus que lo conforman han alcanzado la última capa, la más profunda, la materia se ha estabilizado por lo que no hay procesos

biodegradables, además la eliminación de virus es insignificante en esta zona (Joe, 2019)

Cuando la letrina se vacía de manera continua, la eliminación de virus es mayor, ya que existe una mayor presencia de microorganismos aeróbicos. Las letrinas que no se vacían se caracterizan por tener una capa de material no biodegradable más gruesa, que aquellas que sí lo hacen (Joe, 2019; Orner et al., 2018)

## 2.4.1.2 Partes que componen la Letrina

### 2.4.1.2.1 Hoyo

Hoyo que se ha excavado en el suelo a una cierta profundidad con el objetivo de recolectar el material fecal que desciende a través del agujero realizado en la losa.

- **Determinación del volumen del hoyo ( $V_{hoyo}$ )**

Para determinar el volumen del hoyo, se debe tener claro cuál será el número de usuarios que aprovecharán del servicio (es decir el número de personas que viven en el hogar), el tiempo de vida que se espera tenga la letrina (generalmente entre 5-10 años, preferible 10), si el material de limpieza anal que se usará es de fácil biodegradación (hojas, césped, mazorca de maíz y el área de la base del pozo (IRC Wash, 1982).

**Tabla 6.**

*Tasa de acumulación de excretas en función al tipo de limpieza anal.*

Uso de agua	Tasa de acumulación de excretas ( $L/hab \cdot año$ )	
	Material de limpieza anal biodegradable (papel, hojas, mazorcas de maíz)	Material de limpieza anal no biodegradable (plástico, rocas, etc.)
Agua usada para la limpieza anal	40	60
Sin entrada de agua en la letrina	60	90

Recuperado de (IRC Wash, 1982).

$$V_{hoyo} = \frac{TV \times N \times t_a}{1000} + (0.5 \times A_{hoyo})$$

**Ecuación 1.** *Volumen del hoyo excavado*

donde;

$V_{hoyo}$  = volumen del hoyo [ $m^3$ ]

$N$  = número de usuarios [personas]

$TV$  = tiempo de vida del hoyo [años]

$t_a$  = tasa de acumulación de sólidos [ $L/hab \cdot año$ ]

$$A_{\text{hoyo}} = \text{Área del hoyo} [m^2]$$

#### 2.4.1.2.2 Paredes del hoyo

Este se encontrará recubierto por material lo suficientemente fuerte que evite el colapso de las paredes del hoyo, que sea capaz de resistir el peso de la estructura de arriba y que garantice el tiempo de vida de este (Harvey, 2007).

- a) Los primeros metros de revestimiento son obligatorios ya que ofrecen los siguientes beneficios:
- Soporte a aquellos suelos débiles que se encuentran cerca de la superficie.
  - Proporcionan una base para el brocal, losa y la estructura que se construirán más arriba.
  - Evitan que animales de madriguera como ratones conejos, ratas realicen huecos en el hoyo y entren a él.
  - Previene que el agua superficial entre al hoyo.
- b) Una manera de constatar la estabilidad del suelo donde se va a construir la letrina es comparándolo con la estabilidad de las construcciones realizadas en el sector, si estas a pesar de los años continúan alineadas, entonces es probable que no se requiera de un revestimiento completo del hoyo.

**Tabla 7.**

*Revestimiento del hoyo.*

Consideración	Cantidad
Primeros metros de revestimiento (obligatorio)	0.5 m – 1 m

Recuperado de (IRC Wash, 1982).

- **Traslado de la tecnología hacia un nuevo hoyo en función de la altura de las excretas**

Con el pasar de los años el contenido dentro del hoyo aumenta, lo que significa que las excretas cada vez van emergiendo a lo largo del hoyo. Para conocer en qué momento se debe trasladar la caseta hacia otro sitio se debe determinar a qué altura deben estar las excretas dentro del hoyo para ser evacuadas.

$$H_{\text{excretas}} = H_{\text{hoyo}} - H_{\text{revest}}$$

**Ecuación 2.** *Altura de las excretas*

donde;

$$H_{\text{excretas}} = \text{altura de las excretas} [m]$$

$$H_{\text{hoyo}} = \text{profundidad del hoyo} [m]$$

$$H_{\text{revest}} = \text{altura del revestimiento} [0.5m - 1 m]$$

#### **2.4.1.2.3 Brocal**

Conjunto de hilera de ladrillos o bloques que se construye para darle apoyo a la losa y evitar el ingreso de aguas superficiales y de lluvia hacia el interior del hoyo (IRC Wash, 1982)

#### **2.4.1.2.4 Losa**

Plataforma sobre la que se perfora un pequeño hoyo de asentamiento en forma de cerradura o de pera, por donde ingresarán las excretas. Sobre este se puede colocar un pedestal para que el usuario tome asiento mientras realiza sus necesidades.

La losa se colocará sobre el hoyo, encima del brocal, y deberá soportar el peso de una persona, ser de fácil limpieza e inclinarse ligeramente hacia el orificio que recibe las excretas, para permitir que el líquido se escurra (Castro y Pérez, 2009; Harvey, 2007).

#### **2.4.1.2.5 Caseta**

Paredes y techo que encierran el ambiente en dónde la persona entrará a realizar sus necesidades, su función principal es aislar el ambiente de la letrina del exterior, dar privacidad al usuario e impedir el ingreso de animales hacia la letrina (Castro & Perez, 2009).

#### **2.4.1.2.6 Tubo de ventilación**

Permite la salida de malos olores que se generan en el hoyo, gracias al movimiento de aire en la parte superior de la tubería de ventilación, creando una presión baja que, permite un flujo de aire ascendente dentro de la tubería, este será reemplazado por aire nuevo que es aspirado a través del hoyo de asentamiento. A esto se le conoce como efecto de cizalladura del viento (Harvey, 2007; Obeng et al., 2019).

La exposición directa de la tubería a la luz hace que el aire que se encuentra dentro se caliente y se expanda, creando una corriente ascendente que atrae el aire y los olores hacia arriba y hacia afuera del hoyo (Franceys et al., 1992).

La tubería impide la entrada y salida de moscas a la letrina, gracias a la malla que se encuentra instalada en la parte superior. Se debe tener en cuenta que estos insectos,

podrían ingresar al interior de la caseta (a través de la puerta o la pequeña ventana, y posteriormente adentrarse por medio del hoyo instalado sobre la losa) (Harvey, 2007).

Si la estructura se encuentra en completa oscuridad, las moscas buscarán llegar a la única fuente de luz, es decir, a la parte alta del tubo, sin embargo, gracias a la malla se quedarán atrapadas hasta que finalmente morirán y caerán en el interior del hoyo. Las moscas podrían llegar a reproducirse dentro del hoyo, pero, correrán la misma suerte que aquellas que ingresaron en él (WEDC, 2014b).

#### **2.4.1.2.7 Ventana**

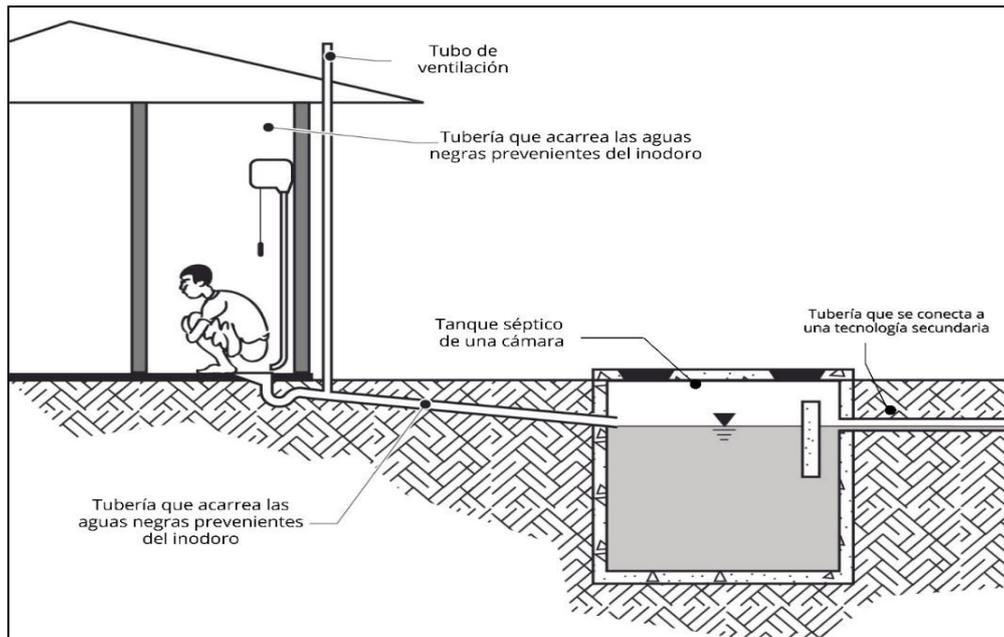
Generalmente se la coloca sobre la puerta, su presencia permite que haya un empuje de aire frío dentro del sistema que desplaza el aire caliente y maloliente a través del tubo de ventilación (Obeng et al., 2019).

#### **2.4.1.2.8 Malla mosquitera**

La malla mosquitera se coloca en la parte superior del tubo de ventilación y como protección en las ventanas. Esta debe tener un cierto tamaño de abertura para impedir la entrada o salida de las moscas (WEDC, 2014b).

### **2.4.2 POZO SÉPTICO**

Un pozo séptico es un tanque subterráneo hermético fabricado con material como el concreto, polietileno o fibra de vidrio, que recibe las aguas grises del hogar, a través de una tubería que se encuentra conectada al retrete. Dentro de este sistema, se desarrollan procesos físicos y biológicos (EPA, s.f.) Los sólidos pesados se asientan en el fondo del contenedor formando lodos, mientras que, las grasas, aceites y las partículas más livianas se mantienen en el nivel superficial del agua, flotando.



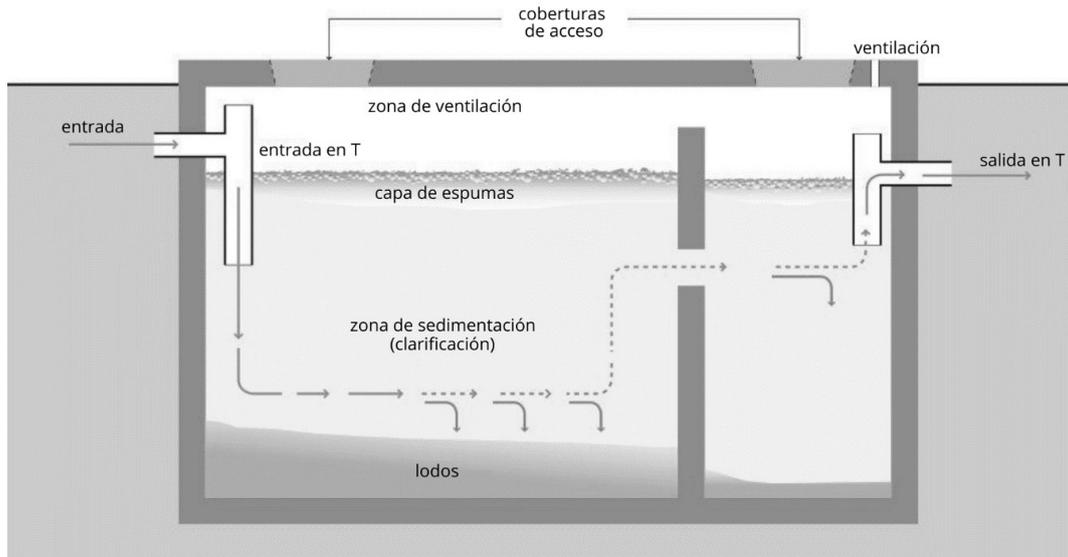
**Figura 4.** Pozo séptico de una cámara y su funcionamiento  
Recuperado y adaptado (WEDC, 2011)

El pozo cuenta con una o varias cámaras (**Figura 4**) cuya salida y entrada tienen tuberías en forma de T, con el fin de impedir que las aguas grises regresen nuevamente al domicilio, o que los lodos y la espuma evacúen directamente hacia sistemas que reciben sus efluentes para un tratamiento secundario como son el pozo ciego, campo de lixiviación o hacia otra tecnología de tratamiento (Brikké & Bredero, 2003; EPA, 2005)

En este sistema que brinda tratamiento primario, las bacterias anaerobias se encargan de la digestión de la materia orgánica. El 50 por ciento de los sólidos retenidos en el tanque se descomponen, mientras que, lo restante se acumula como lodo en el fondo. La tasa de acumulación de lodos es más rápida que la de descomposición, por ello es de vital importancia removerlos periódicamente. (EPA, 2000)

#### **2.4.2.1 Procesos Físicos, Químicos y Biológicos**

Dentro del tanque se llevan cuatro principales procesos de tipo físico químico y biológico: zona de lodos (sedimentación), capa de espumas (flotación), zona de sólidos sedimentables (clarificación) y digestión anaeróbica (material orgánico). La **Figura 5** expone gráficamente cada uno de estos procesos.



**Figura 5.** Pozo séptico y las capas que lo componen (zona de espumas, clarificación y lodos). Recuperado y adaptado (WEDC, 2011)

#### a. Sedimentación

Dentro de este proceso toman lugar las partículas que son sedimentables y aquellas que forman flóculos para posteriormente asentarse en la parte inferior del tanque formando lodos. Se debe tener en consideración que, a mayor longitud de la estructura, más oportunidad de partículas sedimentadas habrá, sin embargo, ya que esto se traduce en un mayor espacio de construcción, se puede optar por una estructura más pequeña, pero instalando dentro de ella deflectores (SCA, 2012)

Si se desea tener una mayor eficacia en este proceso, los sólidos ya sedimentados no se deben levantar nuevamente, por ello se deben evitar flujos de oleaje, con este motivo la pendiente desde la fuente hasta el tanque no debe ser pronunciada y, además, se debe colocar una T en la entrada para moderar el flujo de entrada (SCA, 2012). El lodo acumulado necesitará ser removido cada tres a cinco años (SCA, 2012).

#### b. Flotación

En la parte superior del tanque se sitúan los compuestos de baja densidad como grasas, detergentes, entre otros materiales, formando una capa de espumas. Esta capa alberga microorganismos que degradan los sólidos orgánicos (SCA, 2012).

El proceso de degradación que se tiene lugar en los lodos sedimentados produce gas que se mezcla con el lodo para formar una sustancia más liviana que el agua, que

posteriormente se trasladará a hacia la superficie, para formar parte de la capa de espumas (WEDC, 2011).

### **c. Clarificación**

En la parte inferior se sitúan los sólidos sedimentables y en la parte superior compuestos de baja densidad como detergentes y grasas, la parte central del tanque se caracteriza por ser agua libre de los mencionado anteriormente, es decir, clarificada. Esta pasará a la segunda cámara, o, en su defecto a una de las unidades de tratamiento secundario (SCA, 2012).

### **d. Digestión**

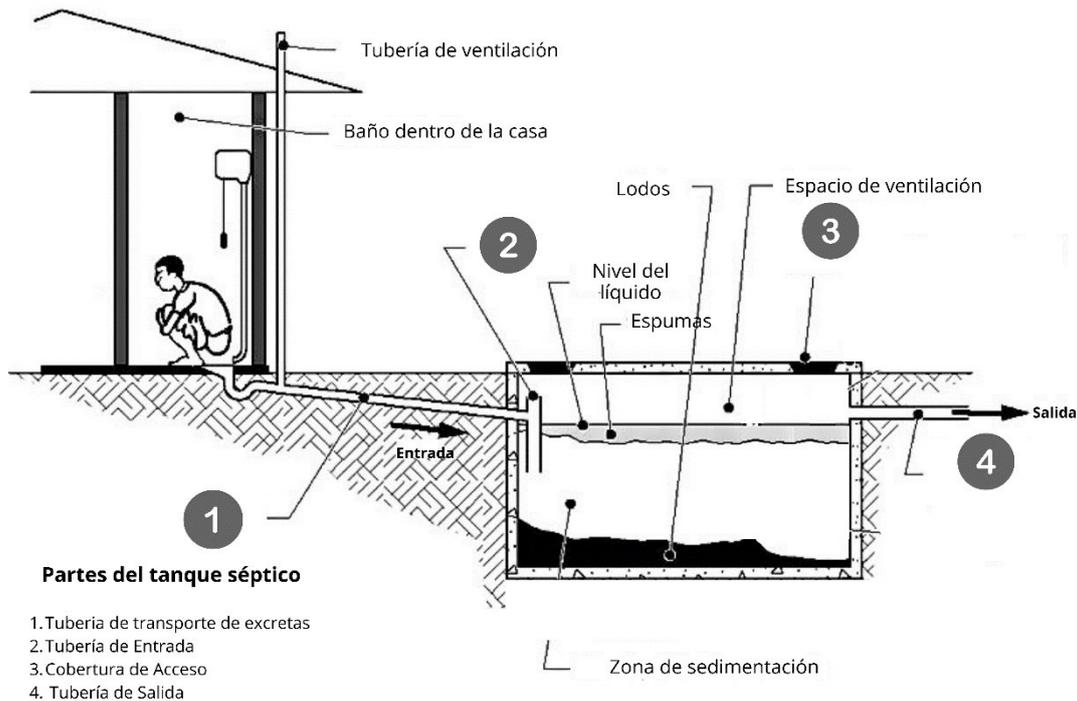
La tasa a la que los lodos se acumulan en la parte inferior del tanque es menor que la velocidad en la que estos son depositados. Esto se debe a dos procesos:

- Los lodos que se encuentran en el inferior del tanque son comprimidos por el peso de nuevos materiales que se asientan, incrementando su densidad.
- La materia orgánica que es parte del lodo y de la capa de espuma es descompuesta por bacterias que lo convierten en líquidos y gas. El proceso se llama digestión de lodos. La velocidad a la que este lodo es digerido depende de la temperatura del líquido, alcanzando su máximo a los 35°C.

En la parte inferior del tanque, las bacterias anaeróbicas se encargan de descomponer el material orgánico, convirtiéndolo en compuestos estables y gases como el metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

## **2.4.2.2 Partes que componen un Pozo Séptico**

Las principales partes del tanque consisten en las paredes, el piso, el techo, las tuberías de entrada y salida, y pozos de acceso (**Figura 6**)



**Figura 6.** Pozo séptico y las partes que lo componen. Recuperado y adaptado (WEDC, 2011).

#### 2.4.2.2.1 Tanque

De acuerdo con el caudal diario que reciba el tanque, este podrá tener una, dos o más cámaras. Al interior de estos compartimientos, se desarrollarán los procesos físicos, químicos y biológicos explicados con anterioridad. Para el diseño del tanque se deberá determinar lo siguiente:

1. Contribución per cápita de aguas residuales ( $C$ ) y lodo fresco ( $L_f$ )
2. Estimación de la Contribución Diarias de Aguas Residuales ( $Q$ )
3. Tiempo de retención hidráulico ( $t$ )
4. Determinación de la tasa de acumulación de lodos en el tanque ( $k$ )
5. Volumen útil del tanque ( $V_u$ )
6. Profundidad total efectiva ( $H_{te}$ )
7. Profundidad útil ( $h$ )
8. Área superficial del tanque ( $A_t$ )
9. Profundidad máxima de espumas sumergidas ( $H_e$ )
10. Profundidad libre de lodos ( $H_o$ )
11. Volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $V_d$ )
12. Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos ( $H_d$ )
13. Volumen requerido para la sedimentación ( $V_s$ )

14. Profundidad mínima requerida para la sedimentación ( $H_s$ )

15. Profundidad de espacio libre ( $H_l$ )

### 1. Contribución per cápita de aguas residuales (C) y lodo fresco (Lf)

La cantidad de aguas residuales generadas se encuentra estrechamente relacionada con el estrato económico que se tiene en una familia o de acuerdo con el tipo de actividad económica que se realiza. Cuanto mayor poder adquisitivo se tiene, mayores recursos se consumen, lo que se traduce en una mayor generación de aguas residuales. De la misma forma lo anteriormente se aplica para el lodo fresco que se generará en el pozo séptico debido a las aguas residuales que ingresan (**Tabla 8**).

**Tabla 8.**

*Contribución per cápita de Aguas Residuales y lodo fresco de acuerdo con el estrato económico de la familia.*

Predio	Unidades	Contribución por habitante de aguas residuales (C) y lodo fresco (Lf)	
		C	Lf
Ocupantes permanentes		(L/hab · día)	L/hab · día)
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1

Recuperado de (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

### 2. Estimación de la Contribución Diarias de Aguas Residuales (Q)

Para determinar la cantidad o contribución diaria de agua residual que entra al tanque, se toma en consideración la contribución per cápita de aguas residuales y la población contribuyente al sistema es decir el número de habitantes por familia.

$$Q = N \times C$$

**Ecuación 3.** *Estimación de la contribución diaria de aguas residuales*

donde;

$Q$  = cantidad diaria de agua residual [L/día]

$N$  = número de habitantes por familia (hab)

$C$  = Contribución per cápita de aguas residuales [L/hab · día]

### 3. Tiempo de retención hidráulico (t)

El tiempo de retención es el tiempo que el efluente séptico pasa en el pozo séptico antes de fluir hacia una segunda tecnología de saneamiento.

**Tabla 9.***Tiempo de retención y sus particularidades*

Tiempo de retención	Longitud	Costo	Periodicidad de limpieza del tanque
Mayor	Mayor	Mayor	Menor
Menor	Menor	Menor	Mayor

Recuperado de (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

En función a la contribución per cápita de agua residual (C) se puede determinar el tiempo de retención hidráulico, de acuerdo con los datos expuestos en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.***Tiempo de retención hidráulico en función de la contribución diaria (C)*

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención hidráulico (t)	
	días	horas
Hasta 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
4501 a 6000	0,75	18
6001 a 7500	0,67	15
7501 a 9000	0,58	14
más de 9000	0,5	12

Recuperado de (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

#### 4. Determinación de la tasa de acumulación de lodos en el tanque ( $k$ )

La tasa en la que se acumulan los lodos, en el tanque se encuentra en función de la temperatura que existe en el lugar de implementación de la tecnología y en la periodicidad con la que se piensa evacuar los lodos, este tiempo de limpieza del tanque varía de 1 a 5 años.

**Tabla 11.***Valores de  $k$  por intervalo de temperatura ambiente*

Intervalos de limpieza ( $F_m$ ) (años)	Valores de K en función de la temperatura ambiente (días)		
	$t \leq 0^\circ\text{C}$	$10^\circ\text{C} \leq t \leq 20^\circ\text{C}$	$t > 20^\circ\text{C}$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Recuperado de (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

#### 5. Volumen útil del tanque ( $V_u$ )

Para determinar el volumen útil del tanque, se hará uso de la siguiente ecuación:

$$V_u = 1000 + (N \times [(C \times t) + (k \times L_f)])$$

**Ecuación 4.** Volumen útil del tanque

donde;

$V_u$  = Volumen del tanque [ $m^3$ ]

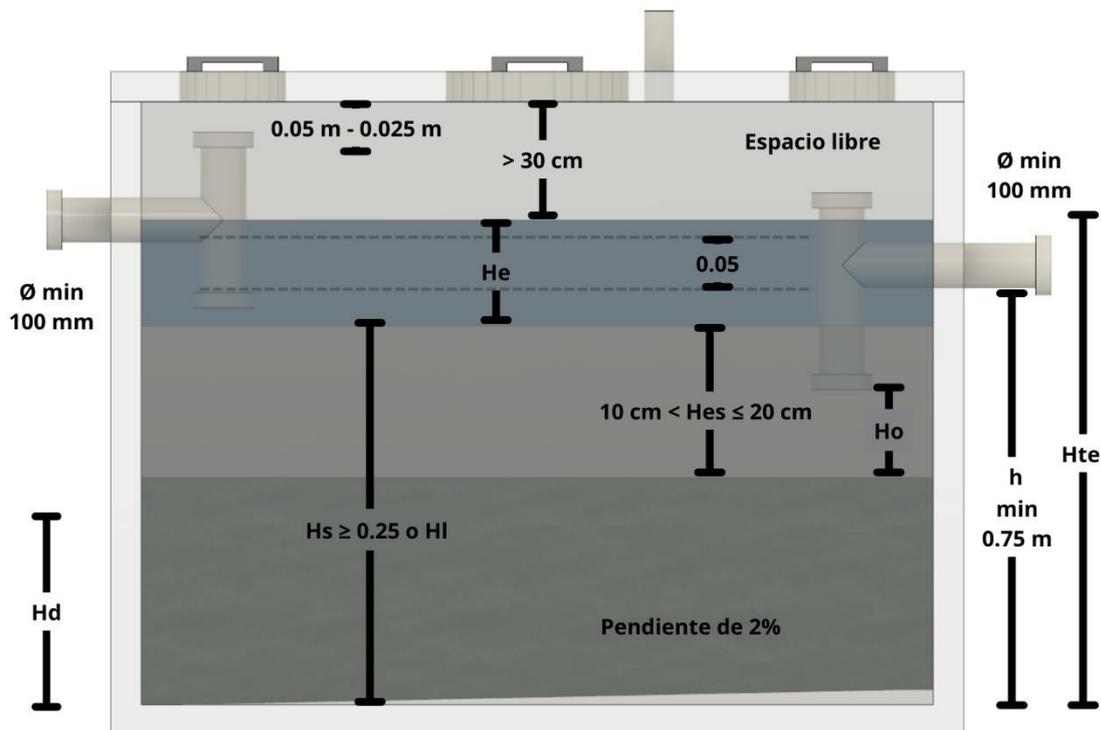
$N$  = número de habitantes por familia [hab]

$C$  = contribución per cápita de aguas residuales [ $L/hab \cdot día$ ]

$k$  = determinación de la tasa de acumulación de lodos en el tanque [día]

$t$  = tiempo de retención hidráulica [día]

$L_f$  = contribución per cápita de lodo fresco [ $L/hab \cdot día$ ]



**Figura 7.** Profundidades por considerar para el dimensionamiento del tanque  
Elaborado por: Totoy, 2022

## 6. Profundidad total efectiva ( $H_{te}$ )

La profundidad total efectiva del tanque depende de otras profundidades que deben considerarse para el correcto funcionamiento de la tecnología.

$$H_{te} = H_d + H_l + H_e$$

**Ecuación 5.** Profundidad total efectiva del tanque

donde;

$H_{te}$  = profundidad total efectiva [m]

$H_d$  = profundidad de digestión y almacenamiento de lodos [m]

$H_o$  = profundidad libre de lodo [m]

$H_{es}$  = profundidad libre de espuma sumergida [m]

$H_e$  = profundidad máxima de espuma sumergida [m]

## 7. Profundidad útil ( $h$ )

De acuerdo con el valor del volumen útil del tanque obtenido ( $V_u$ ), se ubicará aquel dato en los rangos de volumen útil de la **Tabla 12**, con el fin de elegir una profundidad útil que se encuentre dentro del rango de profundidad útil mínima y máxima.

**Tabla 12.**

*Profundidad útil mínima y máxima del pozo séptico en función de su volumen útil*

Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Recuperado de (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

## 8. Área superficial del tanque ( $A_t$ )

El área del tanque se encuentra en función del volumen y profundidad útil del tanque.

$$A_t = \frac{V_u}{h}$$

**Ecuación 6.** Área superficial del tanque

donde;

$A_t$  = área del tanque [m<sup>2</sup>]

$V_u$  = volumen útil del tanque [m<sup>3</sup>]

$h$  = profundidad útil del tanque [m]

## 9. Profundidad máxima de espumas sumergidas ( $H_e$ )

$$H_e = \frac{0.7}{A_t}$$

**Ecuación 7.** Profundidad máxima de espumas sumergidas

donde;

$H_e$  = profundidad máxima de espumas sumergidas [m]

$A_t$  = área del tanque [m<sup>2</sup>]

### 10. Profundidad libre de lodos ( $H_o$ )

$$H_o = 0.82 - (0.26 \times A_t)$$

$H_o$  = profundidad libre de lodos [m]

$A_t$  = área del tanque [ $m^2$ ]

### 11. Volumen de digestión y almacenamiento de lodos ( $V_d$ )

$$V_d = 70 \times 10^{-3} \times N \times F_m$$

**Ecuación 8.** *Volumen de digestión y almacenamiento de lodos*

donde;

$V_d$  = volumen de digestión y almacenamiento de lodos [ $m^3$ ]

$N$  = número de habitantes por familia [hab]

$F_m$  = frecuencia de mantenimiento [hab]

### 12. Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos ( $H_d$ )

La profundidad de digestión y almacenamiento de lodos es un cálculo importante para determinar a la altura máxima que deben alcanzar los lodos dentro del tanque para que estos sean evacuados.

$$H_d = \frac{V_d}{A_t}$$

**Ecuación 9.** *Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos*

donde;

$H_d$  = profundidad útil del tanque [m]

$A_t$  = Área del tanque [ $m^2$ ]

$V_d$  = volumen de digestión y almacenamiento de lodos [ $m^3$ ]

### 13. Volumen requerido para la sedimentación ( $V_s$ )

$$V_s = 10^{-3} \times N \times C \times t$$

**Ecuación 10.** *Volumen requerido para la sedimentación*

donde;

$V_s$  = volumen requerido para sedimentación [ $m^3$ ]

$N$  = número de habitantes por familia [hab]

$C$  = contribución per cápita de aguas residuales [L/hab · día]

#### 14. Profundidad mínima requerida para la sedimentación ( $H_s$ )

$$H_s = \frac{V_s}{A_t}$$

**Ecuación 11.** Área superficial del tanque

donde;

$V_s$  = profundidad de sedimentación [ $m^3$ ]

$A_t$  = Área del tanque [ $m^2$ ]

$V_s$  = volumen requerido para la sedimentación [ $m^3$ ]

#### 15. Profundidad de espacio libre ( $H_l$ )

Se refiere al espacio donde no existe presencia de lodos de espumas y lodos, es decir la longitud de la superficie libre de espuma sumergida y de lodos. Para determinar su valor se debe ver si el valor de la **Ecuación 11** es mayor a la profundidad de sedimentación ( $H_s$ ), de ser así se toma dicho valor, caso contrario se toma el resultado de la Ecuación 15.

$$H_l = 0.1 + H_o$$

**Ecuación 12.** Profundidad de espacio libre mínimo total

donde;

$H_l$  = profundidad de espacio libre [ $m$ ]

$H_o$  = profundidad libre de lodos [ $m$ ]

#### 2.4.2.2.2 Tubería de Transporte de excretas

Esta tubería se coloca entre el aparato sanitario que se encuentra dentro del hogar y el pozo séptico que se encuentra en el exterior, con la finalidad de transportar las aguas negras hacia el interior de este último.

#### 2.4.2.2.3 Tubería de Entrada y Salida

Cuando se habla de dispositivo de entrada se hace referencia a la tubería que se coloca al inicio del pozo séptico y tiene como función el recibir las excretas y orina provenientes del servicio sanitario y permitir que estas lleguen hacia la o las cámaras de esta tecnología.

**Tabla 13.**

*Distancia desde la parte inferior del tubo de salida y tubo de entrada hacia la parte inferior de tanque.*

<b>Parámetro</b>	<b>Distancia (m)</b>
Parte inferior del tubo de entrada y parte inferior de la tapa del tanque	300
Parte inferior del tubo de salida y parte inferior de la tapa del tanque	375

Recuperado de (IRC Wash, 1982).

**Tabla 14.**

*Extensión de las tuberías de entrada y salida hacia la profundidad de líquido del tanque*

<b>Parámetro</b>	<b>Distancia (mm)</b>
Extensión de la tubería de entrada hacia la profundidad del líquido en el tanque	≥ 150
Extensión de la tubería de salida hacia la profundidad del líquido en el tanque	360 - 600

Recuperado de (IRC Wash, 1982).

#### **2.4.2.2.4 Coberturas de Acceso**

Los orificios de acceso se colocan sobre la tubería de entrada y de salida, y las paredes divisorias (en caso de tener dos o más cámaras), con la finalidad de evacuar los lodos y darle mantenimiento al tanque. Para evitar la entrada de animales o la caída de personas dentro del tanque, estos orificios deben tener coberturas de acceso.

Otra opción es que el techo se encuentre dividido por secciones removibles con manijas para levantar y facilitar el acceso al tanque para labores de evacuación de lodos y mantenimiento.

#### **2.4.2.2.5 Tubería de Ventilación**

Dentro del tanque se producen gases (metano, dióxido de carbono y otros gases malolientes como el ácido sulfúrico) debido a los procesos anaeróbicos que se llevan a cabo dentro de él, es necesario evacuarlos por medio de un tubo de ventilación, ya que estos son altamente inflamables y potencialmente explosivos si se confinan por largos periodos.

La tubería debe estar colocada de manera vertical y puede ser instalada de dos diferentes maneras, la primera consiste en conectarla a la tubería de transporte de excretas, o colocarla sobre el techo del tanque. En ambas configuraciones se debe colocar una malla mosquitera.

### 2.4.3 PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE LA LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO Y EL POZO SÉPTICO

En la **Tabla 15**, se encuentran enlistadas las principales diferencias en la construcción y uso que existen entre las dos tecnologías de saneamiento: letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico.

**Tabla 15.**

*Diferencias en la construcción y uso de la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

	Tecnología de Saneamiento	
	Letrina de Hoyo Seco Ventilado	Pozo Séptico
<b>Construcción</b>	- Pueden ser contruidos reparados con material del sector.	- No pueden ser contruidos o reparados con materiales del sector
	- Reduce significativamente los malos olores y las moscas	- No emite malos olores
	- No necesita de mano de obra calificada, tan solo de un maestro albañil y arquitecto (para el diseño).	- Requiere para su construcción mano de obra calificada (ingeniero civil y maestro albañil)
	- No requiere usar agua. Recomendable en lugares donde esta es escaza.	- Usa agua para la evacuación de excretas. No recomendable en lugares donde esta es escaza
	- Para asegurar que la ventilación sea eficaz, la letrina deberá ser construida en una zona con buena brisa.	- Se recomienda instalarlos en zonas cálidas para que aumente la efectividad de remoción de nutrientes y patógenos.
<b>Uso</b>	- El sanitario se coloca en las afueras del hogar.	- El inodoro se coloca en el interior de la casa.

Recuperado de (IRC Wash, 1982).

Como se contrasta en la tabla anteriormente expuesta, hay grandes diferencias en la construcción y uso de ambas tecnologías. Con la finalidad de seleccionar el mejor sistema de saneamiento, es necesario establecer factores económicos, ambientales, técnicos y sociales, que permitan realizar dicha elección.

### 2.5 MATRIZ DE DECISIÓN

Una matriz de decisión es una herramienta de selección que consiste en una tabla que tiene como funcionalidad identificar, analizar y calificar sistemáticamente un gran número de factores de decisión y evaluar la importancia relativa de cada uno de ellos, todo esto para seleccionar la mejor alternativa entre diferentes opciones.

## **2.6 FACTORES UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR TECNOLOGÍA DE SANEAMIENTO**

### **2.6.1 Factores Técnicos, Sociales, Ambientales y Económicos**

Los proyectos de manejo y disposición de excretas que se lleven a cabo en la ruralidad deben considerar cuatro factores: técnicos, económicos, ambientales y sociales, esto con la finalidad de sacar el mayor provecho a la tecnología, mantener su tiempo de vida, prevenir impactos ambientales y de salud, y acoplarla al estilo de vida dentro de la comunidad.

#### **2.6.1.1 Factores técnicos**

Es importante considerar la parte técnica desde la instalación de la infraestructura de saneamiento, el mantenimiento de la infraestructura y el cierre y abandono de la tecnología, con el fin de que esta se encuentre operativa y en buenas condiciones a lo largo del tipo de vida estipulado.

##### **2.6.1.1.1 Distancia entre fuente de abastecimiento y sistema de saneamiento**

Con el objetivo de prevenir que los lodos y efluentes provenientes de las tecnologías de saneamiento se pongan en contacto con el agua que sirve de abastecimiento a la comunidad, estas deben ser construidas a una distancia prudente, para evitar que la población llegue a sufrir de infecciones por agentes patógenos.

##### **2.6.1.1.2 Permeabilidad**

La permeabilidad se refiere a la velocidad a la que un líquido se filtra en el suelo, es decir el tiempo que le toma a un efluente en descender cierta distancia a lo largo del suelo. La permeabilidad es un parámetro importante para seleccionar la tecnología de saneamiento primaria y secundaria más adecuada.

Por un lado, si existe una rápida filtración el suelo no tendrá la oportunidad de eliminar agentes que causan enfermedades, lo que podría causar que las aguas subterráneas se contaminen. Por el contrario, si las aguas negras tardan en filtrarse, pueden desbordarse hacia la superficie del suelo, causando graves riesgos para la salud (IRC Wash, 1982).

### **2.6.1.1.3 Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento**

Hace referencia a la cantidad de agua que utiliza la comunidad para evacuar las excretas. A partir de esta información se determina si la tecnología de saneamiento podrá o no funcionar con la cantidad de agua que disponen los usuarios.

### **2.6.1.1.4 Frecuencia de Mantenimiento**

Periodicidad en la que el usuario debe inspeccionar la tecnología para percatarse de la existencia de anomalías como fisuras, daños o mal funcionamiento de uno o más de los componentes que posee la tecnología.

### **2.6.1.1.5 Facilidad de mantenimiento**

Se basa en si las actividades que se deben llevar a cabo para darle mantenimiento a las tecnologías pueden ser hechas o no por el usuario de la tecnología o si por el contrario requieren de la contratación de servicios para poderlas realizar.

### **2.6.1.1.6 Tiempo de construcción**

Tiempo (días, horas, semanas) que demora la construcción de la tecnología de saneamiento.

### **2.6.1.1.7 Estabilidad del suelo**

La estabilidad del suelo se encuentra estrechamente relacionada con su capacidad de carga (UNLP, 2019). Este último término se refiere a la capacidad que tiene el suelo para soportar las cargas que se aplican sobre él. Si la capacidad de carga de la estructura que se desea construir sobre el suelo, no supera la capacidad de carga del suelo, es seguro construir en dicho terreno.

Las unidades de capacidad de carga se encuentran expresadas en ton/m<sup>2</sup>.

### **2.6.1.1.8 Disponibilidad del terreno**

Sin importar la tecnología de saneamiento a usar, se debe tener en cuenta que la implementación de esta requiere de un área donde pueda ser construida, ya sea dentro o fuera del hogar.

### **2.6.1.1.9 Tiempo de vida de la tecnología**

Tiempo en el que se prevé durará la tecnología útil.

### **2.6.1.2 Factores sociales**

La experiencia ha demostrado que incluso las tecnologías de saneamiento de mayor facilidad de uso y mantenimiento han acortado su tiempo de vida útil cuando no se han tomado en cuenta las consideraciones y puntos de vista de la comunidad.

#### **2.6.1.2.1 Disposición de materiales de higiene anal**

El método de limpieza anal puede hacerse con agua o papel de acuerdo con las costumbres de cada usuario. A partir de ello se podrá seleccionar entre una tecnología en seco o que usa agua.

#### **2.6.1.2.2 Aceptación cultural**

En la práctica se ha evidenciado que por más sofisticada sea la tecnología, si la comunidad a la que sirve no se familiariza o se siente cómoda con el manejo y mantenimiento de esta, la vida útil puede acortarse, quedando en el peor de los panoramas, obsoleta.

### **2.6.1.3 Factores ambientales**

Los factores ambientales se toman a consideración ya que el ser humano, al ser parte en sí mismo del medio que lo rodea, es decir al encontrarse inmerso en él, debe procurar que, durante la fase de construcción y manejo de la tecnología, se procure en la medida de lo posible exista sostenibilidad.

#### **2.6.1.3.1 Aprovechamiento de residuos fecales**

Existen tecnologías que ven en los lodos y excrementos un recurso para ser usado como fertilizante o abono. Sin embargo, la manipulación de estos puede ser una práctica poco atractiva y rechazada por el usuario.

Los lodos fecales son lodos que se componen de material sólido y líquido productos de la recolección, almacenamiento o tratamiento de aguas negras o excretas por parte de tecnologías de saneamiento como la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico.

#### **2.6.1.3.2 Uso de agua por la tecnología**

El consumir la menor cantidad de recursos como es el caso del líquido vital, permite conocer el grado en el que la tecnología es sustentable.

### **2.6.1.3.3 Presencia de vectores**

Los vectores de enfermedades como moscas, mosquitos, ratas, ratones, etc. se sienten atraídos por los olores generados a partir de los servicios de saneamiento. Independientemente del mantenimiento que se le proporcione a las tecnologías, esta característica repercute por la sola existencia de la tecnología, es decir puede ser menos o más propensa a ser un foco de enfermedades infecciosas debido a los patógenos de las excretas.

### **2.6.1.4 Factores económicos**

De entre todos los factores, la cuestión de económica engloba costos que deberán ser subsanados por los usuarios de la comunidad. Lo ideal siempre será gastar lo menos posible sin comprometer el resultado final a obtener.

#### **2.6.1.4.1 Costos de mantenimiento**

Este tipo de costos engloban a aquellos gastos destinados a labores de preservación que se le debe otorgar a la obra para que esta se encuentre conservada en buen estado a lo largo del tiempo de vida útil.

#### **2.6.1.4.2 Costos de construcción**

Estos costos consideran los costos por año de obra y por materiales utilizados para la construcción de la letrina. Su destino es usarlos para pagar el coste que deviene de los materiales necesarios para construir la tecnología de saneamiento, pero además para costear la mano de obra del maestro albañil.

#### **2.6.1.4.3 Costos de evacuación de residuos fecales**

Ya que las excretas (letrina de hoyo seco ventilado) y los lodos (pozo séptico) se van acumulando en las tecnologías, con el pasar del tiempo, de no evacuarlos, estos pueden dejar a la tecnología inoperativa, por ello es importante considerar los costes que devienen de evacuarlos.

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA

#### 3.1 FACTORES UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN DE LA MEJOR TECNOLOGÍA DE SANEAMIENTO

San Rafael; barrio rural perteneciente a la parroquia Checa, Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), se encuentra a una altitud promedio de 2578 msnm, cuando con un área de 135 hectáreas y geográficamente se encuentra limitada al norte, sur, este y oeste por la quebrada de Aglla, la quebrada Müitig, la hacienda Ríos y el barrio Aglla.

El clima de la parroquia es de tipo páramo, y se caracteriza por tener precipitaciones mensuales y anuales promedio de 106.8 mm y 1028.6 mm respectivamente siendo los meses de marzo y abril los más lluviosos con valores de 171 mm y 185 mm de precipitación respectivamente.

La temperatura media anual de San Rafael oscila entre los 10°C a 14°. Durante junio, julio y agosto se presentan las temperaturas medias más bajas, siendo estas de 9.1°C, 8.7°C y 9°C. En contraste, desde septiembre hasta abril las temperaturas máximas alcanzan los 18.5°C.

La comunidad se abastece de agua proveniente de vertientes del Cerro Puntas perteneciente al Parque Nacional Cayambe Coca. El agua llega hacia un gran reservorio (**Figura 8**), luego, por medio de acequias y tuberías, la transportan hacia sus hogares para consumo propio o para labores de agricultura y ganadería.



**Figura 8.** Reservorio de agua de la comunidad de San Rafael  
Elaborado por: Totoy, 2022

En cuanto al tamaño de la población esta es de aproximadamente 50 familias. Sin embargo, cabe mencionar que parte de esta población es flotante, es decir no habitan de manera permanente en la comunidad, sino que se asientan en esta por determinado número de horas o días a la semana para realizar labores agrícolas, mientras que tienen su lugar de residencia en otro sector, generalmente barrios aledaños.

En San Rafael la actividad económica es la agricultura de frutillas, moras, habas y papas y en un menor porcentaje la ganadería con miras a la obtención de alimentos lácteos. A partir de estas materias primas, se generan productos como mermeladas y dulce de leche (**Figura 9**). Por lo anteriormente expuesto se puede decir que el principal uso que se le otorga al suelo en San Rafael es agrícola-ganadero.



**Figura 9.** Invernadero y venta de productos como mermeladas  
Elaborado por: Totoy, 2022

De acuerdo con las encuestas realizadas por David Cajas en su trabajo “Alternativas para el manejo de excretas de la comunidad San Rafael, Parroquia Checa”, el número de habitantes por familia es de 5 personas y el nivel de desarrollo de saneamiento en el lugar es aquel detallado en la **Tabla 16**.

**Tabla 16.**

*Nivel de desarrollo de saneamiento existente en la comunidad de San Rafael*

Nivel de desarrollo de saneamiento	Número de familias	Porcentaje (5)
Básico sin manejo de excretas	13	76.5
Defecar al aire libre	4	23.5
Personas encuestadas	17	100

Elaborado por: Totoy, 2022

Los datos señalan que en San Rafael predomina el saneamiento básico sin manejo de excretas, ya que usan pozos ciegos cuyo contenido no es evacuado, en su lugar una vez el pozo ciego se llena, que en promedio es en 5 años, los usuarios cierran el pozo y construyen uno nuevo. Ya que en San Rafael no cuentan con un saneamiento básico, se generan impactos medio ambientales como lo es la alteración de la calidad del suelo, calidad de agua y consecuencias a la salud de los habitantes del sector al exponerse a agentes patógenos presentes en las excretas y aguas negras que se liberan directamente hacia el suelo.

## 3.2 GUÍA DE DISEÑO

La guía de diseño constará de dos folletos ilustrativos, uno para cada tecnología de saneamiento. En cada una de sus páginas se brindará información breve y concisa de respecto a la construcción, funcionamiento, materiales, mantenimiento y uso de las tecnologías, todo esto apoyado en gráficos ilustrativos

A continuación, se ha colocado el índice de cada uno de los folletos guías, así como los anexos en donde estos podrán ser encontrados dentro del presente documento.

**Tabla 17.**

*Contenido de la guía de diseño de la letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico*

<b>Tecnología</b>	<b>Contenido</b>
<p style="text-align: center;">Letrina de Hoyo Seco Ventilado <b>(Anexo I)</b> <a href="#">Guía de Diseño Letrina de Hoyo Seco Ventilado</a></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción a la letrina</li> <li>2. Dónde construir la letrina</li> <li>3. Construcción y dimensiones</li> <li>4. Mantenimiento y Limpieza</li> <li>5. Evacuación de residuos fecales</li> <li>6. Periodicidad y almacenamiento</li> <li>7. Referencias Bibliográficas</li> <li>8. Materiales</li> </ol>
<p style="text-align: center;">Pozo Séptico <b>(Anexo II)</b> <a href="#">Guía de Diseño Pozo Séptico</a></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducción al pozo séptico</li> <li>2. Dónde construir el pozo</li> <li>3. Construcción y dimensiones</li> <li>4. Mantenimiento y Limpieza</li> <li>5. Inspección de los lodos</li> <li>6. Inspección de las grasas</li> <li>7. Evacuación de los lodos</li> <li>8. Periodicidad y almacenamiento</li> <li>9. Referencias Bibliográficas</li> <li>10. Materiales</li> </ol>

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.2.1 Dimensiones de las tecnologías de saneamiento

Debido a que en el país no se cuenta con una normativa de construcción para los dos sistemas de saneamiento que son objeto de estudio, las dimensiones y directrices de construcción consideradas para desarrollar la guía de diseño se ha basado en

normativa extranjera de países vecinos de la región como son Colombia y Perú y en guías diseñadas por la Organización Panamericana de la Salud.

### Letrina de Hoyo Seco Ventilado

- Guía de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural. Perú. Resolución Ministerial N° 173-2016-Vivienda (Perú).
- Guías de Diseño para Letrinas de Procesos Secos (OPS).
- **Pozo Séptico**
  - Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 (Colombia).
  - Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos (Perú).
  - Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización (OPS).

En el **Anexo III** y **Anexo IV**, se encuentran los cálculos realizados para el dimensionamiento de las dos tecnologías: letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico, respectivamente. En la **Tabla 18** se presenta a modo de resumen los parámetros de dimensionamiento más importantes de cada tecnología, así como también ciertas consideraciones importantes como el tiempo de vida, el intervalo de limpieza de residuos fecales, etc.

**Tabla 18.**

*Dimensiones y singularidades de la letrina de hoyo seco ventilado y del pozo séptico*

<b>LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO</b>			
<b>Parte de la letrina</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Unidad</b>
<b>Hoyo</b>	Área	1.4	m <sup>2</sup>
	Volumen	6	m <sup>3</sup>
	Altura	7	m
<b>Losa</b>	Ancho	1.5	m
	Largo	1.5	m
	Grosor	80	mm
<b>Caseta</b>	Área	1.7	m <sup>2</sup>
	Ancho	1.4	m
	Largo	1.2	m
	Alto	2.1	m
<b>Techo</b>	Ancho	2	m
	Largo	2	m
<b>Tubería de ventilación</b>	Diámetro	200	mm
	Alto	2.1	m
<b>Altura alcanzada por las excretas para que la caseta sea trasladada hacia un nuevo hoyo</b>		4.5	m
<b>Tiempo de vida útil</b>		20	años
<b>POZO SÉPTICO</b>			
<b>Tanque</b>	Volumen útil del tanque	3	m <sup>3</sup>

	Largo	2.5	m
	Ancho	1.2	m
	Altura	2	m
	Grosor	10	cm
<b>Tubería de salida y entrada</b>	Diámetro	110	mm
<b>Tubería de ventilación</b>	Diámetro	110	mm
<b>Intervalo de limpieza de lodos en el tanque</b>		5	años
<b>Tiempo de vida útil</b>		20-40	años
<b>Profundidad de almacenamiento de lodos</b>		0.9	m

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.2.2 Fusion 360

Se usó el software Fusion 360, el cual es una herramienta de modelación en 2D y 3D, con el objetivo de modelar los dos sistemas de saneamiento, a partir de las dimensiones determinadas para cada una de las tecnologías.

### 3.2.3 Canva

Para la creación del arte de la guía de diseño se usó la plataforma de diseño gráfico online Canva, empleada para la edición de imágenes y presentaciones didácticas.

## 3.3 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS UNITARIOS

### 3.3.1 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

El costo de construcción toma en cuenta los costos de mano de obra y de los materiales. El costo de materiales para las dos tecnologías se realizó en base a cotizaciones realizadas en tres ferreterías diferentes, ubicadas en la ciudad de Quito, esto con la finalidad de obtener un resultado representativo.

Para la cotización de materiales y mano de obra se estimará el precio por levantar la obra gris, es decir no se contemplarán acabados como cerámica, pintura y la conexión eléctrica.

La caseta de la letrina de hoyo seco ventilado se construirá con madera y tendrá una losa de concreto reforzado, por ello se acudió con un maestro albañil con experiencia en carpintería para la estimación de la mano de obra.

Los materiales y el costo de mano de obra para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado se visualizan en la **Tabla 19 y 20**, respectivamente.

**Tabla 19.***Costos de materiales para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado.*

Material	Cantidad	Dimensiones	Precio (\$)	Cantidad necesaria	Precio Total (\$)
Clavos	50 clavos	40 x 2,5 mm	1,33	100	2,66
Puerta de madera	1 puerta	2m x 80cm	36,9	1	36,9
Perfiles de madera	1 perfil	3cm x 3cm x 2,2 m	4,29	11	73,03
Malla Mosquitera fibra de vidrio	1 metro	1,50 x 1 m	1,36	1	1,36
Tablones de madera	1 tablón	2 x 22 x 240 cm	10	23	230
Plancha de Zinc	1 plancha	2,4m x 80cm x 20mm	7,39	2	14,78
Bisagra Grande	2 bisagras	7,6 cm	3,99	1	3,99
Bisagra Pequeña	2 bisagras	5,08 x 3,81 cm	2,2	1	2,2
Tubería de ventilación de PVC	1 tubería	3 m x 200 mm	9,12	1	9,12
Ladrillos	1 ladrillo		0,28	96	26,88
Arena	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	112,78	0,16	18,04
Grava	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	155,55	0,2	31,11
Cemento	1 bolsa	50 kg	7,32	2	16,64
Acero en barras corrugadas	1 varilla	9 mm x 3 m	8.35	4	33,4
<b>TOTAL</b>					<b>498,02</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

**Tabla 20.***Costos de mano de obra para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado*

Encargado	Actividades	Precio (\$)
<b>Peón</b>	Preparación del terreno (nivelación, corte, relleno y trazado)	25
<b>Maestro albañil y peón</b>	Fundir la losa (llenado de hormigón y encofrado de madera)	60
<b>Carpintero y Peón</b>	Construcción de la infraestructura (paredes, puerta, techo)	80
	Armado y construcción del sanitario de madera	25
<b>TOTAL</b>		<b>190</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

Los costos de materiales para la construcción del pozo séptico se enlistan en la **Tabla 21**. Ya que el pozo séptico será construido de concreto reforzado, además de contar con tuberías de entrada y salida, por tal motivo se cotizó el precio de mano de obra (**Tabla 22**) con un maestro albañil con experiencia en plomería.

**Tabla 21.***Costos de materiales para la construcción del pozo séptico.*

Material	Cantidad	Dimensiones	Precio (\$)	Cantidad necesaria	Precio Total (\$)
Malla mosquitera de fibra de vidrio	1 metro	1,50 x 1 m	9,12	1	1,36

Tubería de ventilación de PVC	1 tubería	3 m * 110 mm	0,28	1	26,88
Tees de PVC	1 tee	110 mm	2,49	2	4,98
Arena	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	112,78	0,64	18,04
Grava	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	155,55	1,46	31,11
Cemento	1 bolsa	50 kg	7,32	4	16,64
Acero en barras corrugadas (3/8)	1 varilla	9 mm x 3 m	8,35	30	250,42
Kit de instalación WC	1	-	13,02	1	13,02
Inodoro WC dual blanco	1	-	83,04	1	83,04
<b>TOTAL</b>					<b>690,12</b>

Elaborado por: Totoy, 2022.

**Tabla 22.**

*Costos de mano de obra para la construcción de pozo séptico*

<b>Encargado</b>	<b>Actividades</b>	<b>Precio (\$)</b>
<b>Peón</b>	Preparación del terreno (excavación manual)	26
<b>Maestro Albañil y Peón</b>	Replanteo de hormigón simple	6.50
	Hormigón simple	162.50
<b>Carpintero y Peón</b>	Encofrado	91
<b>Fierrero y Peón</b>	Malla electrosoldada	53
<b>Albañil y Peón</b>	Armado y construcción del sanitario	25
<b>Plomero y Peón</b>	Ensamblar tubería de PVC al pozo	20
<b>TOTAL</b>		<b>384</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.3.2 COSTOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de a letrina (**Tabla 32**), contempla el mantenimiento de la caseta por ejemplo labores de reparación como reemplazo/reparación de los tablones de madera en caso de daño o cubrir las fisuras que puedan aparecer en la losa de hormigón. En cuanto a la limpieza de la tubería de ventilación, se deben desalojar obstrucciones que puedan encontrarse en su interior, por ejemplo, telarañas o pequeñas hojas.

Para el mantenimiento del pozo (**Tabla 32**) se inspecciona que las tuberías se encuentren en buen estado. Además, se deben reparar las fisuras que pueden llegarse a encontrar en las paredes del pozo de no hacerlo habrá filtraciones ajenas a las aguas negras que ingresan al interior del tanque.

**Tabla 23.**

*Costos de mantenimiento de la letrina de hoyo seco ventilado*

<b>Tecnología</b>	<b>Actividades</b>	<b>Precio (\$)</b>
<b>Letrina de Hoyo Seco Ventilado</b>	Mantenimiento de la caseta	35
	Limpiar la tubería de ventilación	0
	Reparación de fisuras en la losa	10

<b>TOTAL</b>		<b>45</b>
<b>Pozo Séptico</b>	Reparación de tuberías	20
	Reparación de fisuras en el tanque	20
<b>TOTAL</b>		<b>40</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.3.3 COSTOS DE EVACUACIÓN DE RESIDUOS FECALES

En base a la **Ecuación 2**, misma que fue desarrollada en el **Anexo III**, cuando la altura alcanzada por las excretas dentro del hoyo sea de 4.5 m, se deberá mover la caseta y la losa hacia una nueva zona del terreno o se deberán evacuar las excretas contratando un servicio de tanquero. Sin embargo, lo más recomendable por motivos de costos y para evitar que el suelo se derrumbe sobre el hoyo en caso de contratar un tanque de evacuación, es mover la caseta hacia un nuevo lugar (IRC Wash, 1982).

Para el dimensionamiento del tanque se eligió una periodicidad de limpieza de 5 años, el cual es el máximo valor al cual se recomienda realizar esta labor. De acuerdo con la **Ecuación 9**, la profundidad máxima que los lodos deben alcanzar dentro del tanque para que se realice la limpieza es de 0.9 m, este cálculo fue desarrollo dentro del **Anexo III**.

La evacuación puede realizarse de dos maneras, la primera es contratando un servicio de tanquero, cuyo costo oscila los \$500,00 por las 4 horas de trabajo, sin embargo, este costo podría reducirse a \$70,00 por familia en el caso de que 30 de las 50 familias de la comunidad contraten el servicio.

Otra opción es contratar un servicio de evacuación de residuos fecales por medio de bomba manual, el servicio tiene un costo de \$110,00.

**Tabla 24.** *Costos de evacuación de residuos fecales para la letrina y el pozo séptico.*

<b>Tecnología</b>	<b>Costo de evacuación (\$)</b>
Letrina de hoyo seco ventilado	0
Pozo Séptico	70 - 110

Elaborado por: Totoy, 2022

## 3.4 CRITERIOS DE CALIFICACIÓN PARA LOS FACTORES TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

La calificación de 0 al 5 que se le dará a cada uno de los factores técnicos, ambientales, sociales, y económicos, se realizará en función a lo investigado en bibliografía, en las respuestas otorgadas por las personas pertenecientes a la comunidad gracias a la aplicación de encuestas realizadas entre las familias de la

comunidad (**Figura 10**) y a partir de los resultados de laboratorio de caracterización de las propiedades del suelo de San Rafael.



**Figura 10.** Encuestas realizadas a la Comunidad de San Rafael  
Elaborado por: Totoy, 2022

Para determinar el número de encuestas en San Rafael, se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times z_{\alpha}^2 \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

**Ecuación 13.** Número de encuestas a aplicar en una población conocida

$$n = \frac{50 \times 1.96^2 \times 0.90 \times (1 - 0.90)}{0.12^2 \times (50 - 1) + 1.64^2 \times 0.90 \times (1 - 0.90)}$$

$$n = 16.5 \approx 17$$

**donde;**

**n** = Tamaño de la muestra

**N** = Tamaño de la población (50)

**z** = Depende del nivel de confianza (1.96 con nivel de confianza del 90%)

**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (90%)

**q** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (1 - p)

**e** = Error de estimación máximo aceptado (10%)

La probabilidad de que ocurra el evento estudiado (0.9) fue tomado en base a (Bravo, 2022). El error de estimación fue tomado en base al valor del nivel de confianza (0.9) (Aguilar, 2005). En el **Anexo V** y **Anexo VI**, se adjunta el modelo de encuestas que se aplicó y las encuestas realizadas en la comunidad en San Rafael.

### 3.4.1 FACTORES TÉCNICOS

Los factores técnicos que se evaluarán son 9. La determinación de los rangos de calificación de 3 de ellas se hizo en base a bibliografía (distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento, facilidad de mantenimiento y tiempo de vida de la tecnología), 2 de ellas en base a resultados de laboratorio (permeabilidad del suelo y estabilidad del suelo) y 4 de ellas tomando en cuenta las respuestas otorgadas por la comunidad a partir de la bibliografía consultada (abastecimiento de agua, frecuencia de mantenimiento, tiempo de construcción, disponibilidad del terreno).

#### 3.4.1.1 Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento

La distancia mínima a la que una fuente de abastecimiento de agua debe encontrarse de una tecnología de saneamiento se encuentra desglosada en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.**

*Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento*

Tecnología	Distancia (m)
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	≥30
Pozo Séptico	≥15

Recuperado y adaptado (WEDC, 2011)

Con la finalidad de conocer si las tecnologías a implementar respetan esta distancia dentro de la comunidad, se realizó durante la visita técnica el levantamiento de este dato, midiendo la distancia existente entre la fuente de abastecimiento más próxima de la cual se alimenta la comunidad y la casa que se encuentra más cercana a esta, lo que dio como resultado una longitud de 150 m.

Mientras entre la fuente de agua y de la tecnología la distancia sugerida sea mayor, tendrá la calificación de 5, cuando sea la sugerida será de 3 y cuando la distancia sea menor a la recomendada la calificación de 1 (**Tabla 26**).

**Tabla 26.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con la distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento*

Criterio	Calificación
Deficiente distancia (menor a la sugerida)	1
Adecuada Distancia (la sugerida)	3
Muy buena distancia (mayor a la sugerida)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.2 Permeabilidad del Suelo

El tipo de suelo sobre el cual se recomienda que la tecnología sea implementada, se encuentra vinculado según su textura, a su vez esta última guarda correlación con un coeficiente de permeabilidad (k). A continuación, en la **Tabla 27**, se muestra dicha información

**Tabla 27.**

*Coefficiente de permeabilidad según la textura del suelo*

Tecnología	Permeabilidad	Textura de suelo	Rangos del coeficiente de permeabilidad (k) [cm/s]
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	Poco permeable	Arcilla y limo	$2 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-1}$
Pozo Séptico	Permeable	Arena	$1 \times 10^{-11} - 5 \times 10^{-7}$

Recuperado de (FAO, s.f.)

Con la intención de determinar qué tan idóneo es construir las tecnologías de saneamiento en la comunidad, se tomó una muestra inalterada de suelo de San Rafael. Luego, las muestras fueron enviadas a laboratorio donde se realizó el ensayo de permeabilidad del suelo por tres ocasiones, para determinar el coeficiente de permeabilidad (k) (**Tabla 28**). Para más información del proceso llevado a cabo para la recolección de muestras, remitirse al proyecto de integración curricular “Alternativas para el manejo de excretas de la comunidad San Rafael, Parroquia Checa” desarrollado por David Cajas.

**Tabla 28.**

*Coefficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael*

Muestra	Coefficiente de permeabilidad (k) [cm/s]	Coefficiente de permeabilidad corregido(k) [cm/s]
1	$1.1922 \times 10^{-6}$	$10^{-5} - 10^{-6}$
2	$2.6975 \times 10^{-6}$	
3	$1.7338 \times 10^{-6}$	

A partir del valor del coeficiente de permeabilidad corregido, se colocaron los criterios de calificación (**Tabla 29**).

**Tabla 29.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con el coeficiente de permeabilidad*

Criterio	Calificación
Coefficiente de permeabilidad fuera del rango	1
Coefficiente de permeabilidad dentro del rango	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.3 Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento

Ya que la letrina, es una tecnología en seco, funciona sin la presencia de agua. El pozo séptico requiere la presencia de un inodoro, este cuenta con un tanque de agua,

en cada descarga se usa agua para transportar la orina y excretas hacia el pozo séptico.

**Tabla 30.**

*Agua que necesitan las tecnologías para su funcionamiento.*

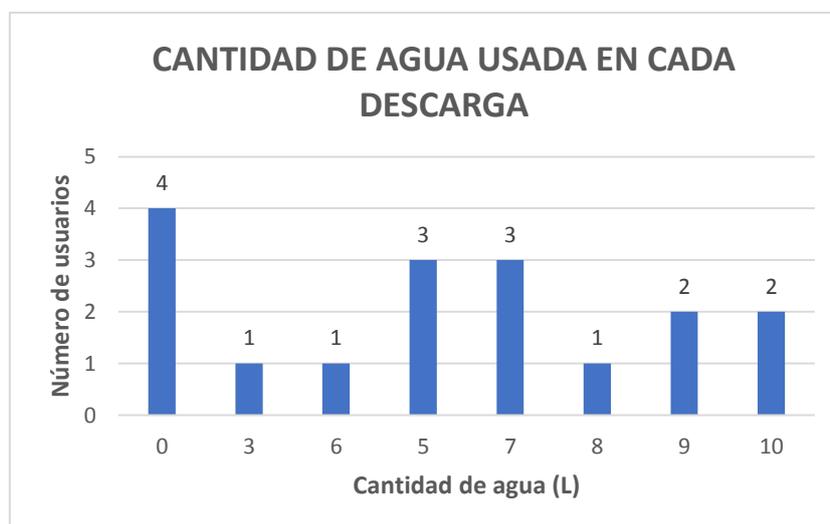
Tecnología	Cantidad de agua necesaria para el funcionamiento (L)
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	0
Pozo Séptico	*7

Elaborado por: Totoy, 2022

Nota: \*El valor de 7 L/descarga se ha considerado teniendo en cuenta la cantidad de agua usada cada vez que se baja la palanca de un inodoro comercial normal, es decir que no es modelo dual o ahorrador.

Con el propósito de determinar los criterios de calificación, durante la entrevista se preguntó “¿Qué cantidad de agua utiliza para evacuar sus excretas?”. Ya que este dato generalmente no suele ser conocido por el usuario, se ingresó a los baños y se midió el volumen del tanque de agua de los inodoros o se determinó el volumen de baldes usados para realizar una descarga, esto último se ejecutó en aquellos hogares donde al bajar la palanca no se liberaba agua. Por último, para aquellos usuarios que no contaban con baño y defecaban al aire libre, se colocó el valor de 0 L por descarga.

En la **Figura 11**, la cantidad de agua utilizada por cada familia por descarga.



**Figura 11.** Cantidad de agua utilizada en cada descarga de las 17 familias encuestadas en San Rafael encuestada.

Elaborado por: Totoy, 2022

En base a los resultados expuestos en la **Figura 11**, se determinó que el volumen promedio de agua usada por cada miembro de la familia para evacuar las excretas fue

de 5 L. Este valor fue tomado para establecer criterio de calificación expuesto en la **Tabla 31**.

**Tabla 31.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con la cantidad de agua necesaria para que funcione la tecnología*

Criterio	Calificación
La tecnología funciona con > 5 L	1
La tecnología funciona con ≤ 5	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.4 Frecuencia de Mantenimiento

Es importante tener en cuenta el tipo de cuidados que requieren las tecnologías, ya que esto requiere de tiempo invertido por parte del usuario. A continuación, en la **Tabla 32**, se detalla el tipo de actividades de mantenimiento y el tiempo que llevan realizarlas, expresadas en horas y días por año.

**Tabla 32.**

*Comparativa de la frecuencia de mantenimiento requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Tecnología	Actividades	Tiempo que toma realizar la actividad
<b>Letrina de Hoyo Seco Ventilado</b>	Mantenimiento de la caseta	± 1 día al año
	Limpiar la tubería de ventilación	½ horas al año
	Reparación de fisuras en la losa	± 2 horas al año
	Movimiento de la caseta hacia un nuevo hoyo	1 día cada 20 años
<b>Pozo Séptico</b>	Reparación de tuberías	± 1 día cada 5 años
	Reparación de fisuras en el tanque	± 1 día cada 2 años
	Evacuación de lodos	¼ día cada 5 años

Recuperado y adaptado (WEDC, 2011)

Con la finalidad de tener los valores de frecuencia en una misma unidad, en la **Tabla 33** se ha colocado el tiempo total de mantenimiento en días por año.

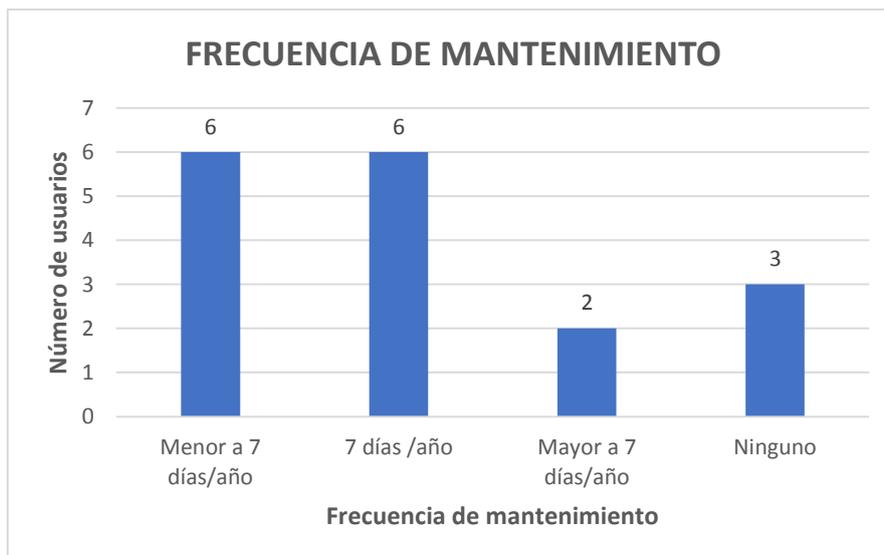
**Tabla 33.**

*Comparativa de los días de mantenimiento por año requeridos por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Tecnología	Tiempo que toma realizar la actividad
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	1 días/año
Pozo Séptico	3 días/año

Elaborado por: Totoy, 2022

Con el objeto de determinar en base a qué valor se otorgará la calificación del criterio frecuencia de mantenimiento, se realizó la pregunta “¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?” Las respuestas obtenidas se resumen en la **Figura 12**.



**Figura 12.** Días al año al que cada familia encuestada en San Rafael está dispuesta a destinar para el mantenimiento de las tecnologías.  
Elaborado por: Totoy, 2022

En referencia a las respuestas obtenidas en la **Figura 12**, el valor de 7 días/año se toma como base para colocar la calificación del criterio (**Tabla 34**).

**Tabla 34.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con el mantenimiento requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Criterio	Calificación
Alta frecuencia de mantenimiento (> 7 días/año)	1
Baja frecuencia de mantenimiento ( $\leq$ 7 días/año)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.5 Facilidad de mantenimiento

Ya que el mantenimiento es vital para respetar la vida útil de la tecnología, se han desglosado las principales actividades que se deben tener en cuenta con el fin de preservar la tecnología y el tipo de experticia que conlleva realizar las mismas.

Como se observa en la **Tabla 35**, el nivel de dificultad de las actividades de mantenimiento difiere dentro de una misma tecnología. Con el fin otorgar un grado de dificultad a cada actividad se consideraron tres rangos: actividades de nula dificultad, entrenamiento leve y contratación de servicios.

**Tabla 35.**

*Comparativa del nivel de dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Tecnología	Actividades	Singularidades	Dificultad de mantenimiento
Letrina de Hoyo Seco	Mantenimiento de la caseta	Contratación de carpintero	Contratación de servicios

<b>Ventilado</b>	Limpiar la tubería de ventilación	A cargo del dueño de casa	Ninguna
	Reparación de fisuras en la losa	Contratación de un maestro albañil	Contratación de servicios
	Movimiento de la caseta hacia un nuevo hoyo	Contratación de peón	Contratación de servicios
<b>Pozo Séptico</b>	Reparación de tuberías	Contratación de plomero	Contratación de servicios
	Reparación de fisuras en el tanque	Contratación de maestro albañil	Contratación de servicios
	Evacuación de lodos	Contratación de tanquero o bomba manual	Contratación de servicios

Elaborado por: Totoy, 2022

Las actividades enlistadas en la **Tabla 35** tienen diferente dificultad de realización (**Tabla 36**). Se otorgó la máxima ponderación a aquellas labores de mantenimiento con nula dificultad, y la menor calificación aquellas que requieren contratar servicios, es decir que no puedan ser realizadas por el usuario.

**Tabla 36.**

*Comparativa del nivel de dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Dificultad de mantenimiento	Calificación
Contratación de servicios (albañilería, plomería o carpintería)	1
Entrenamiento leve (haber leído previamente la guía de diseño)	3
Ninguna (actividad de limpieza cotidianas)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

De las cuatro actividades de mantenimiento de la letrina de hoyo seco ventilado, tres requieren de la contratación de servicios y una corresponde a una actividad diaria. En cuanto al pozo séptico las tres actividades de mantenimiento requieren contratar servicios. Por lo tanto, se realizó un promedio con la calificación que se le ha asignado a cada actividad por su grado de dificultad (**Tabla 37**), en base a las calificaciones de la **Tabla 36**.

**Tabla 37.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con la dificultad requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Tecnología	Suma de la dificultad de mantenimiento	Dificultad promedio
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	1+5+1+1	2
Pozo Séptico	1+1+1	1

Elaborado por: Totoy, 2022

Al hacer promedios se observa que el resultado no siempre será de 1,3 o 5, por esta razón se colocó un rango de calificación con su correspondiente criterio de dificultad. A este rango se le dispuso de una calificación de 1,3 y 5 (**Tabla 38**).

**Tabla 38.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con la dificultad de mantenimiento requerida para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Criterio	Rango Calificación	Calificación
Difícil mantenimiento	1- 3	1
Moderada dificultad de mantenimiento	3 - 4	3
Fácil mantenimiento	4 - 5	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.6 Tiempo de construcción

En la **Tabla 39**, se puede observar el tiempo que cada una de las tecnologías necesitan para ser construidas. Este tiempo se basa en el criterio de un maestro albañil y carpintero, en el caso de la letrina y de un maestro albañil para el pozo.

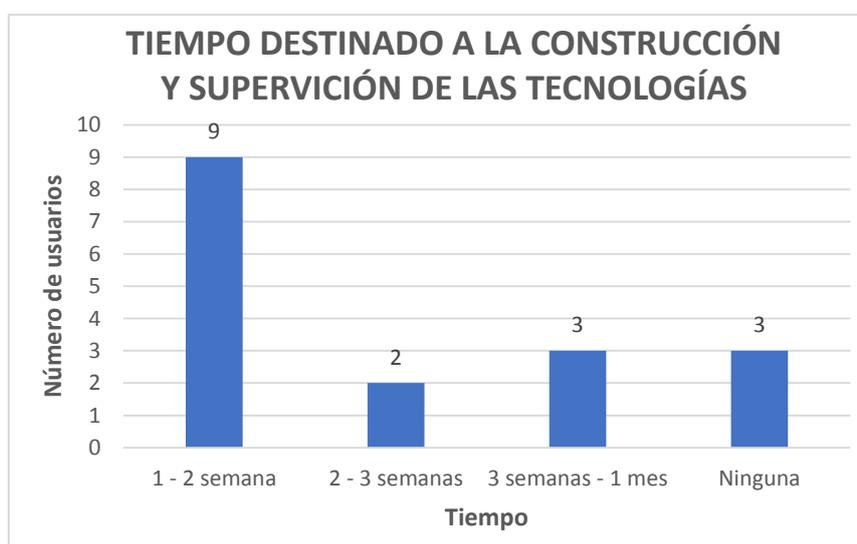
**Tabla 39.**

*Comparativa del tiempo de construcción requerido para la construcción de la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

Tecnología	Tiempo de construcción requerido (semanas)
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	1 – 2
Pozo Séptico	2 – 3

Elaborado por: Totoy, 2022

Con el objeto de determinar los criterios con los que se trabajarán para otorgar una ponderación a las tecnologías de saneamiento, durante la entrevista se realizó la siguiente pregunta “¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?” Las respuestas obtenidas se resumen en la **Figura 13**.



**Figura 13.** Días al año al que cada familia encuestada en San Rafael está dispuesta a destinar para el mantenimiento de las tecnologías.

Elaborado por: Totoy, 2022

A partir de los resultados de la encuesta (**Figura 13**), se colocaron los criterios de calificación (**Tabla 40**).

**Tabla 40.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con el tiempo de construcción requerido para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico*

<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Elevado tiempo de construcción (> 3 semanas)	1
Moderado tiempo de construcción (2 – 3 semanas)	3
Bajo tiempo de construcción (1 – 2 semana)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.7 Estabilidad del suelo

La capacidad de carga que tiene un suelo se encuentra relacionado con la estabilidad del suelo, por tal razón en la **Tabla 41** y **Tabla 42**, se detalla el peso que poseen las partes de la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico, respectivamente.

**Tabla 41.**

*Peso estimado de la letrina de hoyo seco ventilado*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso unitario (kg)</b>	<b>Peso Total</b>
Clavos	100 clavos	0.2 kg/clavo	20
Puerta de madera	1 puerta	30 kg/puerta	30
Perfiles de madera	11 perfiles	600 kg/ m <sup>3</sup>	0.13
Malla Mosquitera fibra de vidrio	1 m <sup>2</sup>	0.08 kg/ m <sup>2</sup>	0.08
Tablones de madera	23 tablones	600 kg/ m <sup>3</sup>	145.73
Plancha de Zinc	2 planchas	1.38/m	6.62
Bisagra Grande	2 bisagras	0.5 kg/bisagra	1
Bisagra Pequeña	2 bisagras	0.1 kg/bisagra	0.2
Tubería de ventilación de PVC	1 tubería	1.86/tubería	1.86
Losa	1 losa	2300 kg/m <sup>3</sup>	414
<b>Peso de la construcción (kg)</b>			<b>619.62</b>
<b>Peso de la construcción (ton)</b>			<b>0.62</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

**Tabla 42.**

*Peso estimado del pozo séptico*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso unitario</b>	<b>Peso Total</b>
Malla Mosquitera fibra de vidrio	0.5 m <sup>2</sup>	0.08 kg/ m <sup>2</sup>	0.04
Tubería de ventilación de PVC	1	0.91	0.91
Tees	2	0.2	0.4
Tanque hormigón	2.3 m <sup>3</sup>	2300 kg/m <sup>3</sup>	5290
<b>Peso de la construcción (kg)</b>			<b>5291.35</b>
<b>Peso de la construcción (ton)</b>			<b>5.3</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

La capacidad de carga para la letrina y el pozo (**Tabla 43**), se determinó a partir del peso total de cada una de las tecnologías y de sus correspondientes áreas de construcción.

**Tabla 43.***Capacidad de carga de las tecnologías de saneamiento*

Tecnología	Peso de la construcción (ton)	Área de construcción (m <sup>2</sup> )	Capacidad de carga (ton/m <sup>2</sup> )
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	0.62	2	0.31
Pozo Séptico	5.3	3	1.77

Elaborado por: Totoy, 2022

Para poder determinar la capacidad de carga del suelo de San Rafael, se requiere conocer su humedad, densidad, cohesión y ángulo de fricción. El cálculo de la capacidad se detalla en el estudio “Alternativas para el manejo de excretas de la comunidad de San Rafael, Parroquia Checa” del autor David Cajas (**Tabla 44**).

**Tabla 44.***Capacidad de carga del suelo de San Rafael*

Criterio	Valor	Capacidad de carga del suelo (ton/m <sup>2</sup> )
Humedad (%)	34.86	930
Densidad (g/ m <sup>3</sup> )	1.73	
Cohesión (kg/ cm <sup>2</sup> )	1.90	
Ángulo de fricción (°)	30.54	

Recuperado de (Cajas, 2022)

Los rangos de la **Tabla 45**, se eligieron en función a la capacidad de carga del suelo de San Rafael.

**Tabla 45.***Ponderación otorgada de acuerdo con la capacidad de carga de la tecnología.*

Criterio	Calificación
Coefficiente de permeabilidad fuera de rango (> 930 ton/ m <sup>2</sup> )	1
Coefficiente de permeabilidad dentro del rango (≤ 930 ton/ m <sup>2</sup> )	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.8 Disponibilidad del terreno

Por lo general, el sanitario de las tecnologías de arrastre hidráulico se instala dentro del hogar, mientras que su sistema de recolección o disposición final se instala fuera del mismo. Sin embargo, la recolección de excretas de tipo seco se caracteriza por construir tanto el sanitario como la tecnología de recolección de excretas fuera del hogar (Frenoux et al., 2010; Ministerio de Vivienda, 2018; OPS et al., 2006).

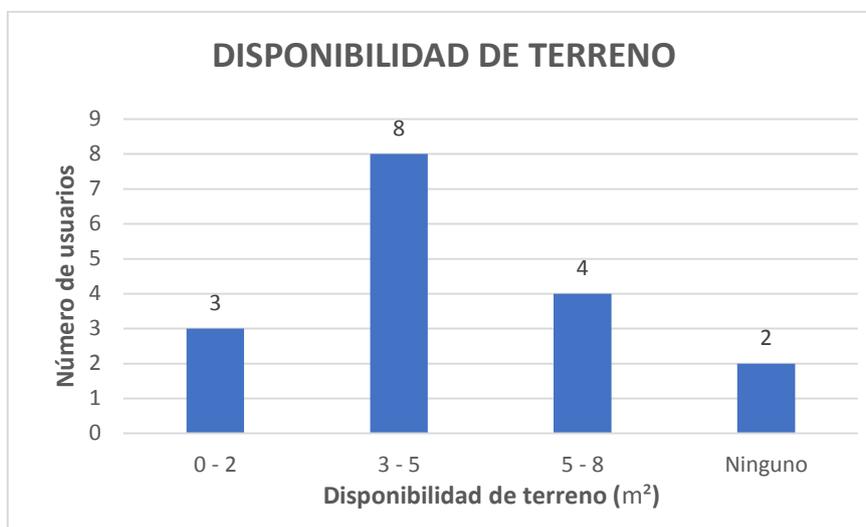
Dentro de la **Tabla 18** se resumieron las principales dimensiones que tendrán las dos tecnologías. La **Tabla 46**, detalla el área de construcción que ocupan las tecnologías.

**Tabla 46.***Área requerida para la construcción de las tecnologías.*

Tipo de tecnología	Área requerida (m <sup>2</sup> )
Letrina de hoyo seco ventilado	2
Pozo Séptico	3

Elaborado por: Totoy, 2022

Para determinar el espacio con el que los pobladores de San Rafael cuentan para construir las tecnologías, durante la visita técnica se preguntó a cada uno de los encuestados lo siguiente: “¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?”.



**Figura 14.** Disponibilidad del terreno dispuesta a destinar para la construcción de la tecnología de saneamiento.  
Elaborado por: Totoy, 2022

En base a los resultados obtenidos en la **Figura 14** se colocaron los criterios de calificación (**Tabla 47**).

**Tabla 47.**  
*Ponderación otorgada de acuerdo con la disponibilidad del terreno.*

Criterio	Calificación
Terreno no disponible por cada familia (>5m <sup>2</sup> )	1
Terreno disponible por cada familia (≤ 3 m <sup>2</sup> – 5 m <sup>2</sup> )	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.1.9 Tiempo de vida de la tecnología

Un mayor tiempo de vida útil es más atractivo para quien se disponga a construir una tecnología de saneamiento. Los tiempos de vida útil (**Tabla 48**) se cumplen siempre y cuando se evacuen los lodos cada 5 años para el caso del pozo séptico y para la letrina el tiempo de vida culmina cuando el hoyo se llena hasta los 4.5 m de excretas ya que se debe trasladar la caseta hacia otro lugar del terreno (Frenoux et al., 2010).

**Tabla 48.**  
*Tecnología de saneamiento (letrina de hoyo seco ventilado y pozo séptico) con su tiempo de vida útil*

Tipo de tecnología	Tiempo de vida útil (años)
Letrina de hoyo seco ventilado	20
Pozo Séptico	20-40

Recuperado de (Frenoux et al., 2010)

Los rangos de la **Tabla 49**, se eligieron en función del tiempo de vida útil que tienen la letrina de hoyo seco ventilado, pozo séptico y otras tecnologías de saneamiento como el biodigestor, letrina compostera, baño de arrastre hidráulico y letrina de pozo seco abnegado.

**Tabla 49.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con la vida útil de la tecnología.*

<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Deficiente vida útil (< 5 años)	1
Adecuada vida útil (5 - 10 años)	3
Óptima vida útil (>10 años)	5

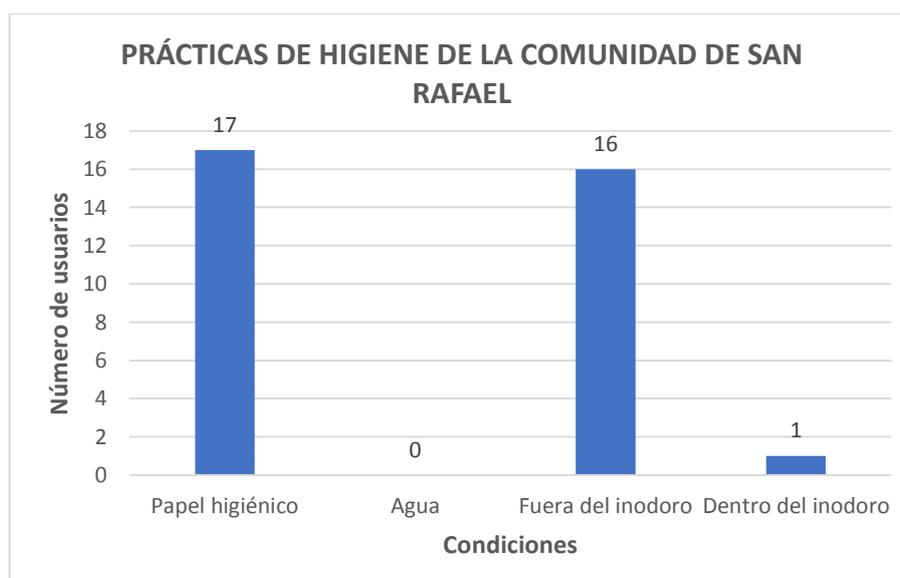
Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.2 FACTORES SOCIALES

Los factores sociales que se evaluarán son 2. La determinación de los rangos de calificación de ambas se hizo tomando en cuenta las respuestas otorgadas por la comunidad a partir de la bibliografía consultada.

#### 3.4.2.1 Disposición de materiales de limpieza anal

Para determinar qué tecnología de saneamiento es más apropiada a instaurar en base a las prácticas de limpieza anal de las familias en San Rafael, dentro de la encuesta se preguntó “¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?” “¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?”. En la **Figura 15** se exponen las respuestas otorgadas por los encuestados, en la que todos coincidieron en que usan papel higiénico y lo disponen fuera del inodoro.



**Figura 15.** Prácticas de higiene sanitaria de los habitantes de San Rafael  
Elaborado por: Totoy, 2022

Los criterios de calificación se colocaron en base a lo que en teoría es la práctica de limpieza anal más recomendada de acuerdo con el uso de agua o no para evacuar las excretas.

**Tabla 50.**

*Ponderación otorgada a las tecnologías secas de acuerdo con la disposición del producto de limpieza anal.*

<b>Criterio de la Letrina de Hoyo Seco Ventilado</b>	<b>Calificación</b>
El usuario usa agua	1
El usuario usa papel y deposita dentro del hoyo	3
El usuario usa papel y lo deposita fuera del hoyo	5

Elaborado por: Totoy, 2022

**Tabla 51.**

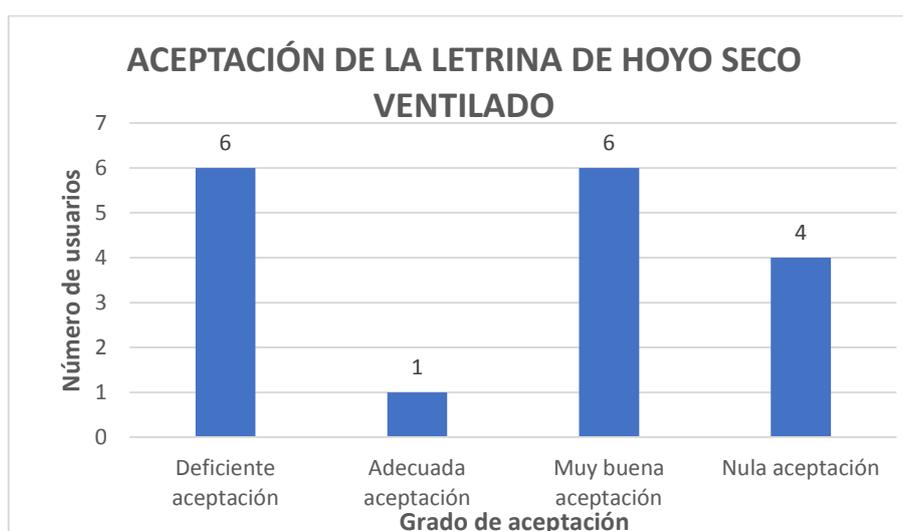
*Ponderación otorgada a las tecnologías que usan agua de acuerdo con la disposición del producto de limpieza anal.*

<b>Criterio del Pozo Séptico</b>	<b>Calificación</b>
El usuario usa papel y deposita dentro del inodoro	1
El usuario usa agua	3
El usuario usa papel y lo deposita fuera del inodoro	5

Elaborado por: Totoy, 2022

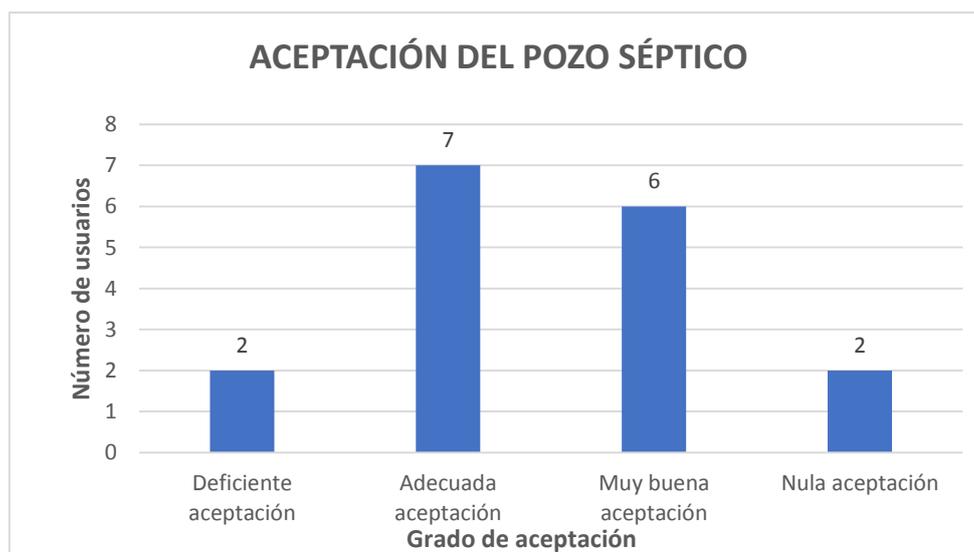
### 3.4.2.2 Aceptación cultural

Para determinar el grado de aceptación de las tecnologías, durante la entrevista a los habitantes de San Rafael se procedió explicar brevemente qué es cada tecnología, las partes que la componen, ventajas y desventajas, además se mostró a los encuestados una fotografía de la tecnología para que sirva de soporte visual. Posteriormente se hizo la siguiente pregunta “¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado y al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esas calificaciones?” las respuestas obtenidas se encuentran expuestas en las **Figura 16** y **Figura 17**.



**Figura 16.** Aceptación de la letrina de hoyo seco ventilado entre los encuestados.

Elaborado por: Totoy, 2022



**Figura 17.** Aceptación que tiene el pozo séptico entre los encuestados.  
Elaborado por: Totoy, 2022

Los criterios de calificación de la **Tabla 52**, se eligieron en función a 4 grados de aceptación que se pueden tener hacia las tecnologías.

**Tabla 52.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con el nivel de aceptación que tienen las tecnologías dentro de la comunidad de San Rafael.*

Criterio de aceptación	Calificación
Nula aceptación	0
Deficiente aceptación	1
Adecuada aceptación	3
Muy buena aceptación	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.3 FACTORES AMBIENTALES

Los factores técnicos que se evaluarán son 3. La determinación de los rangos de calificación de todas de ellas se hizo en base a bibliografía.

#### 3.4.3.1 Aprovechamiento de residuos fecales

En el caso de la letrina de hoyo seco ventilado, las excretas podrían aprovecharse indirectamente como abono, al sembrar una planta sobre el lugar donde residía el antiguo hoyo, siempre y cuando se lo haga dos años después (Fewtrell & Bartram, 2001).

Por otro lado, los lodos provenientes de los pozos sépticos no podrán ser aprovechados por el usuario, pues al evacuar estos por medio de un camión de vaciado o bomba manual, la empresa que presta estos servicios es la encargada de

llevarse los. La **Tabla 53** resalta que no todas las tecnologías pueden aprovechar los lodos producidos.

**Tabla 53.**

*Aprovechamiento de excretas o lodos por cada una de las tecnologías.*

Tecnología	Aprovechamiento de residuos fecales
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	2 años
Pozo Séptico	No

Elaborado por: Totoy, 2022

Los rangos de la **Tabla 54**, se eligieron en función del tiempo en el que la letrina de hoyo seco ventilado, pozo séptico y otras tecnologías de saneamiento como el biodigestor, letrina compostera, baño de arrastre hidráulico y letrina de pozo seco abnegado, tardan en aprovechar los residuos fecales como lodos o excretas.

**Tabla 54.**

*Ponderación otorgada de acuerdo con el aprovechamiento de excretas o lodos.*

Criterio (Tiempo de aprovechamiento)	Calificación
No existe aprovechamiento	0
Deficiente aprovechamiento de lodos (5 años)	1
Adecuado aprovechamiento de lodos (2 años)	3
Muy buen aprovechamiento (< 6 meses)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.3.2 Uso de agua por la tecnología

En varias comunidades, el líquido vital es un bien que se ahorra con mucho recelo, pues este es destinado a labores agrícolas o ganaderas, o bien para el consumo humano. La **Tabla 55**, detalla la cantidad de agua utilizada en cada descarga por cada una de las dos tecnologías de saneamiento objeto de estudio

**Tabla 55.**

*Comparativa entre la cantidad de agua utilizada por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.*

Tecnología	Usa agua
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	No
Pozo Séptico	Sí

Elaborado por: Totoy, 2022

Las tecnologías en seco como es el caso de la letrina de hoyo seco ventilado tienen una gran ventaja al no usar agua para evacuar las excretas, sin embargo, el pozo séptico requiere la instalación de inodoro con descarga, lo cual implica uso de agua (Ministerio de Vivienda, 2018; OPS et al., 2006). A partir de lo dicho, se han determinado los criterios de calificación expuestos en la **Tabla 56**, teniendo como mayor ponderación las tecnologías que no usan agua, y por el contrario aquellas que sí lo hacen se las valorará con la menor calificación.

**Tabla 56.***Ponderación otorgada de acuerdo con el uso de agua*

<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Usa agua	1
No usa agua	5

Elaborado por: Totoy, 2022

**3.4.3.3 Presencia de vectores**

En cuanto a la letrina de hoyo seco ventilado, ya que el inodoro se encuentra sobre el sitio de almacenamiento de excretas, el olor atrae a vectores de enfermedades como moscas y ratas. Sin embargo, la presencia de las primeras puede ser evadida siempre y cuando se limpie el tubo de ventilación y se reemplace la malla mosquitera en caso de que esta esté corroída. Para evitar que las ratas se vean atraídas hacia la construcción, es necesario mantener cerrada la puerta de la caseta, una vez se abandone esta.

Por otro lado, ya que el inodoro que se conecta al pozo séptico se encuentra en el interior del hogar y ya que el pozo se encuentra impermeabilizado en su totalidad, pues es construido con concreto, los malos olores que puedan generarse tienen una menor incidencia hacia el exterior, lo que repercute en menor medida que moscas y ratas se acerquen hacia la vivienda o al baño.

Por lo anteriormente expuesto, en la **Tabla 57**, se coloca si existe atracción de vectores debido a la presencia de la letrina de hoyo seco ventilado o el pozo séptico.

**Tabla 57.***Comparativa entre la atracción de vectores generada por cada una de las tecnologías.*

<b>Tecnología</b>	<b>Existe atracción de vectores por la existencia de la tecnología</b>
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	Si
Pozo Séptico	No

Elaborado por: Totoy, 2022

Los criterios de calificación mostrados en la **Tabla 58**, se han colocado considerando que la presencia de vectores de enfermedades como moscas y ratas no solo puede traer disgusto al usuario, sino además generar un problema de salud pública. Por ello la ausencia de ellos se traduce en estipular la mayor ponderación.

**Tabla 58.***Ponderación otorgada de acuerdo con el grado de atracción de vectores*

<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Alta presencia de vectores	1
La presencia de vectores es media	3
No existe presencia de vectores	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.4 FACTORES ECONÓMICOS

Los factores técnicos que se evaluarán son 3. La determinación de los rangos de calificación se hizo en base a cotizaciones realizadas.

#### 3.4.4.1 Costos de mantenimiento

El desglose de los costos de mantenimiento expuestos en la **Tabla 59**, fueron determinados con anterioridad y pueden encontrarse en la **Tabla 23**.

**Tabla 59.**

*Comparativa entre la cantidad de agua utilizada por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.*

Tecnología	Costo de mantenimiento (\$)
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	45
Pozo Séptico	40

Elaborado por: Totoy, 2022

Para determinar los criterios con los que se trabajarán para otorgar una ponderación a las tecnologías de saneamiento, se preguntó a la comunidad “¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?” Las respuestas obtenidas se resumen en la **Figura 18**. De estos valores se determinó que las familias están dispuestas a destinar anualmente entre \$20,00 a \$30.



**Figura 18.** Disposición a pagar por el mantenimiento anual de las tecnologías  
Elaborado por: Totoy, 2022

Los criterios de calificación mostrados en la **Tabla 60**, se han colocado en función del costo de mantenimiento que la mayoría de los pobladores de San Rafael están dispuestos a pagar.

**Tabla 60.**

*Ponderación otorgada a la tecnología según lo que la población esté dispuesta a pagar por el mantenimiento.*

<b>Criterio</b>	<b>Calificación</b>
Alto costo de mantenimiento (> \$30)	1
Bajo costo de mantenimiento ( $\leq$ \$20 - \$30)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.4.2 Costos de construcción

Los costos de construcción son el resultado de la suma de los costos de mano de obra y los costos de los materiales necesarios para la construcción de la tecnología de saneamiento. El desglose de los costos expuestos en la **Tabla 61**, fueron determinados con anterioridad y pueden encontrarse en la **Tabla 19**, **Tabla 20**, **Tabla 21** y **Tabla 22**.

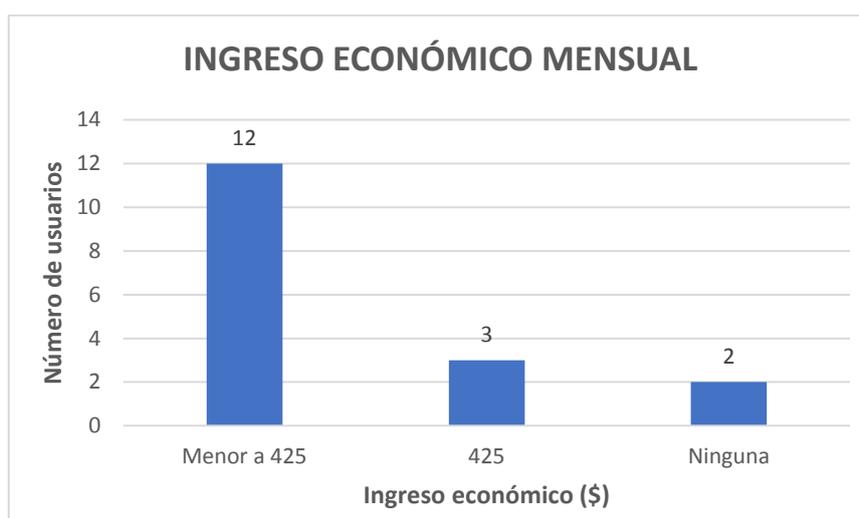
**Tabla 61.**

*Ponderación otorgada a la tecnología según sus ingresos económicos.*

<b>Tecnología</b>	<b>Costo de mano de obra (\$)</b>	<b>Costos de materiales (\$)</b>	<b>Costo de construcción (\$)</b>
Letrina de Hoyo Seco Ventilado	190	498.02	688.02
Pozo Séptico	384	690,12	1074.16

Elaborado por: Totoy, 2022

Con el objeto de determinar los criterios con los que se trabajarán para otorgar una ponderación a las tecnologías de saneamiento, durante la entrevista se realizó la siguiente pregunta “¿Cuál es su ingreso económico mensual?” Las respuestas obtenidas se resumen en la **Figura 19**.



**Figura 19.** Ingreso económico mensual percibido por familia.  
Elaborado por: Totoy, 2022

De estos valores se determinó que la comunidad percibía un ingreso mensual menor a \$425, es decir por debajo del salario básico de 2022. A partir de este resultado se colocaron los criterios de calificación expuestos en la **Tabla 62**.

**Tabla 62.**

*Ponderación otorgada a la tecnología según los ingresos económicos de la comunidad de San Rafael.*

Criterio	Calificación
Costo de construcción mayor al ingreso percibido por cada familia (>425)	1
Costo de construcción menor al ingreso percibido por cada familia ( $\leq$ \$425)	5

Elaborado por: Totoy, 2022

### 3.4.4.3 Costos de evacuación de residuos fecales

El desglose de los costos por evacuación de residuos fecales en la **Tabla 63**, fueron determinados con anterioridad y pueden encontrarse en la **Tabla 24**.

**Tabla 63.**

*Comparativa entre los costos de evacuación de residuos fecales para la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en cada descarga.*

Tecnología	Costo de evacuación (\$)
Letrina de hoyo seco ventilado	0
Pozo Séptico	70 - 110

Elaborado por: Totoy, 2022

Los criterios de calificación expuestos en la **Tabla 64** fueron colocados en base a si se requiere o no pagar por un servicio de evacuación de los lodos de la tecnología de saneamiento.

**Tabla 64.**

*Ponderación otorgada a la tecnología de acuerdo con si la evacuación de residuos fecales tiene o no costo.*

Tecnología	Costo de evacuación (\$)
Se requiere pagar por la evacuación	1
No se requiere pagar por la evacuación	5

Elaborado por: Totoy, 2022

## 3.5 OPERACIÓN DE LA MATRIZ DE DECISIÓN

La matriz de decisión que se usará para seleccionar la mejor tecnología de saneamiento consta de cinco columnas (A, B, C, D y E) (**Anexo VI**).

En la columna A se colocó el porcentaje de ponderación que tomarán en conjunto los factores 9 factores técnicos, 2 sociales, 10 ambientales y 3 económicos, explicados con anterioridad y que se enlistaron en la columna B.

En cuanto a los criterios técnicos, se dispuso que estos tuvieran el mayor peso, es decir 40%, dentro de la calificación final pues al tratarse de un proyecto ingenieril, se

debe tener una visión en el que la tecnología cumpla con las especificaciones técnicas que son vitales durante la construcción y tiempo de vida útil de la tecnología.

Uno de los mayores obstáculos que se tienen en la ruralidad es la índole económica, ya que si bien se puede tener el apoyo de la comunidad y la innovación ambiental que salvaguarden a la comunidad y medio ambiente, sin contar con un presupuesto con el que se puedan cubrir gastos que devienen de la construcción, no se podrá ejecutar el levantamiento de la tecnología. Por ello se le dio a este factor una ponderación dentro de la calificación global de 30%.

Finalmente, pero no menos importante, es menester puntualizar y valorar la índole ambiental y social, ya que ambas van de la mano se les dio una ponderación de 15% a cada una de ellas.

En la columna B se encuentran enlistados los criterios de selección de cada uno de los factores: técnicos, sociales, ambientales y económicos.

Los 18 criterios fueron calificados individualmente en la columna C, tomando valores de 1 cuando se considere deficiente, 3 cuando se considera adecuado y 5 cuando se estime como excelente.

La calificación total de los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos se colocaron suponiendo que cada uno de ellos obtuviera la máxima calificación, es decir 5. Por ejemplo, la calificación total del factor técnico es 45, ya que al tener 9 criterios y suponiendo que cada uno de ellos obtuvieran una calificación de 5, se obtiene dicho valor.

Los resultados de la columna D son el resultado de dividir la calificación obtenida por los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos, para la calificación total del factor en cuestión.

Finalmente, en la columna E se multiplicó el resultado obtenido en la columna D por su correspondiente valor de A. La suma de los valores en E corresponderá a la calificación que tiene la tecnología sobre 100 puntos.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A partir de los criterios de calificación determinados para los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos en la sección: 3.4 Criterios de Calificación para los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos, se otorgará una calificación a cada tecnología de saneamiento y se analizarán los resultados.

Posteriormente las calificaciones de cada uno de los parámetros que conforman los cuatro factores anteriormente mencionados serán ingresadas a la matriz de decisión y se seguirá la metodología explicada durante la sección: 3.5 Operación de la matriz de decisión, para posteriormente realizar un análisis de los puntajes obtenidos en las dos matrices de decisión y así determinar la mejor tecnología de saneamiento.

#### **4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

##### **4.1.1 RESULTADOS DE LOS FACTORES TÉCNICOS**

###### **4.1.1.1 Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y sistema de saneamiento**

Ya que en San Rafael la casa más cercana al reservorio de agua se encuentra a 150 m, hay una muy buena distancia para el levantamiento de cualquiera de las dos tecnologías de saneamiento, pues bibliográficamente la distancia a la que debe construirse la letrina y el pozo, en relación con el reservorio de agua, es  $\geq 30$  m y  $\geq 15$  m, respectivamente.

La construcción de cualquiera de las dos tecnologías asegura que los lodos y efluentes provenientes de las tecnologías de saneamiento no se pongan en contacto con el agua que sirve de abastecimiento a la comunidad, por ello se les dio la máxima calificación, es decir 5 puntos.

###### **4.1.1.2 Permeabilidad del suelo**

El coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael es de  $10^{-5} - 10^{-6}$  cm/s, este valor se encuentra dentro del rango de permeabilidad recomendado para la letrina que es de  $2 \times 10^{-7} - 2 \times 10^{-1}$  cm/s. Sin embargo, para el pozo séptico el coeficiente de permeabilidad recomendado debe encontrarse dentro

del rango de  $1 \times 10^{-11} - 5 \times 10^{-7}$ , este rango deja fuera al coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael que es de  $10^{-5} - 10^{-6}$ .

Entonces, se puede concluir que la permeabilidad en San Rafael es adecuada para la letrina de hoyo seco ventilado, lo que la hace capaz de eliminar agentes que causan enfermedades, previniendo la contaminación de aguas subterráneas, además de que evita que las aguas residuales se desborden hacia la superficie del suelo, por tal razón tiene una calificación de 5 puntos.

Ya que el coeficiente de permeabilidad del pozo séptico corresponde a un suelo de textura permeable, el coeficiente de permeabilidad del suelo de San Rafael que es poco permeable no es el indicado para implementar esta tecnología pues al retener más agua, relantiza el proceso de filtración que deben tener los efluentes provenientes del pozo séptico, por esta razón se le otorga una calificación de 1 punto.

#### **4.1.1.3 Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento**

Ya que la letrina de hoyo seco ventilado prescinde del uso de agua para realizar una descarga, la hace acreedora de la máxima calificación, es decir 5 puntos., ya que las familias de la zona usan en promedio 5 L de agua para que sea utilizado en el baño.

Sin embargo, ya que el pozo séptico requiere la instalación de un inodoro de arrastre hidráulico que en el mercado usa aproximadamente 7 L por descarga, no lo hace ideal a implementarse en los hogares pues para su funcionamiento requiere de una mayor cantidad de agua utilizada en cada descarga de lo que la comunidad usa, por tal motivo se le calificó con 1

Se concluye que la letrina de hoyo seco ventilado es la tecnología que se alinea a las necesidades de la comunidad de San Rafael en cuanto a la cantidad de agua por descarga que las familias pueden destinar para descargar las excretas y/o aguas negras.

#### **4.1.1.4 Frecuencia de mantenimiento**

En cuanto a la frecuencia de mantenimiento, la letrina requiere de al menos de 1 día para reparar daños en la estructura de la caseta, como daños en la madera, obstrucciones en la tubería de ventilación o fisuras en la losa.

El pozo séptico necesita de al menos 3 días al año para hacer cumplir las labores de reparación en las tuberías de entrada, salida o la de ventilación y para corregir fisuras que puedan encontrarse en las paredes del tanque, o la tapa que lo recubre.

Ya que las familias de San Rafael pueden destinar menos de 7 días a la semana para ejecutar las principales actividades de mantenimiento, se tiene un tiempo suficiente para que la letrina y el pozo séptico puedan ser inspeccionados y reparados en caso de necesitarlo, por tal motivo ambas tecnologías obtienen 5 puntos.

#### **4.1.1.5 Facilidad de mantenimiento**

La letrina de hoyo seco ventilado requiere de cuatro principales labores de mantenimiento, una de ellas posee nula dificultad, lo que se traduce en una calificación de 5. Las tres actividades restantes necesitan de la contratación de servicios para su ejecución, es decir tienen una calificación de 1. Al promediar estos valores, se obtiene una calificación de 2.

En cuanto al pozo séptico se deben ejecutar tres labores de mantenimiento que requieren la contratación de servicios para su ejecución, es decir tienen una calificación de 1. Al promediar estos valores, se obtiene una calificación de 1.

Los valores de 2.3 y 1 se encuentran dentro del rango de 1-3, es decir se los cataloga como difícil mantenimiento, por tal motivo ambas tecnologías obtienen la mínima calificación, es decir 1 punto.

#### **4.1.1.6 Tiempo de construcción**

La letrina demora en construirse un tiempo aproximado de 1 a 2 semanas, mientras el pozo séptico requiere de 2 a 3 semanas, por ello se calificó con 5 puntos a la letrina de hoyo seco ventilado y 3 puntos al pozo séptico

La letrina de hoyo seco es mejor que el pozo séptico, puesto que las personas de la comunidad prefieren que se les entregue en un menor plazo de tiempo la tecnología de saneamiento, pues parte de los encuestados destinan gran parte de su tiempo a actividades laborales ya sea en campo o fuera de su comunidad, por lo que se les dificulta quedarse en casa supervisando el proceso de construcción.

#### **4.1.1.7 Estabilidad del suelo**

La estabilidad del suelo se encuentra relacionada directamente con la capacidad de carga del suelo. La capacidad de carga para la letrina de hoyo seco ventilado es 0.31 ton/m<sup>2</sup> y para el pozo séptico es de 1.77 ton/m<sup>2</sup>. Estos valores se obtuvieron determinando el peso de los materiales de cada tecnología y el área de construcción que se debe destinar a la construcción (**Tabla 43**). La capacidad de carga del suelo de

San Rafael fue de 930 ton/m<sup>2</sup>, este valor se determinó por ensayos de laboratorio (**Tabla 44**).

Se concluye que el suelo de la comunidad es apto para soportar las cargas que se aplican sobre él, es decir es seguro construir la letrina y el pozo séptico, ya que los valores de capacidad de carga de las tecnologías son menores que la capacidad de carga de San Rafael, por tal motivo ambas tecnologías reciben una calificación de 5 puntos.

#### **4.1.1.8 Disponibilidad del terreno**

Las tecnologías requieren de un espacio de construcción de 2 m<sup>2</sup> (letrina) y 3 m<sup>2</sup> (pozo séptico). Esto les otorga una gran ventaja pues según lo constatado durante la visita a la comunidad los dueños del hogar estaban dispuestos a destinar de 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup> para la construcción de las tecnologías. Se concluye que las dos tecnologías tienen espacio suficiente para ser construidas en los hogares, por este motivo se les otorgó a ambas la calificación máxima de 5 puntos.

#### **4.1.1.9 Tiempo de vida de la tecnología**

Ya que la letrina tiene un tiempo de vida útil de 20 años y el pozo séptico de 20 a 40 años (siempre y cuando se realicen las labores de mantenimiento) se concluye que ambas tecnologías obtuvieron la calificación máxima de 5 puntos

### **4.1.2 RESULTADOS DE LOS FACTORES SOCIALES**

#### **4.1.2.1 Disposición de materiales de higiene anal**

Debido a que del grupo el total de encuestados mencionó que usan papel higiénico y luego de usarlo lo disponen fuera del inodoro, es decir en un tacho o funda de basura, la letrina y el pozo séptico han obtenido la mayor calificación es decir 5 puntos, pues esta práctica de higiene evita interferencias en el funcionamiento de las tecnologías.

#### **4.1.2.2 Aceptación cultural**

Las calificaciones en cuanto a aceptación cultural para cada una de las tecnologías se encuentran en función de la opinión de la mayoría de encuestados.

De las respuestas obtenidas en la encuesta, la **Figura 17** muestra que la letrina obtuvo un empate de respuestas pues el 36% mostró tener una aceptación deficiente y el otro 36% indicó tener una muy buena aceptación hacia la tecnología. Por lo tanto, se

decidió toma el criterio de aceptación intermedio, es decir el de adecuada aceptación cuya ponderación corresponde a 3 puntos.

La **Figura 18** indica que en cuanto al pozo séptico el 41% de los encuestados mostraron tener una adecuada aceptación hacia la tecnología.

De acuerdo con lo expuesto con anterioridad, se concluye que las familias de San Rafael mostraron una aceptación adecuada para ambos sistemas de saneamiento (correspondiente a una calificación de 3 puntos), esto quiere decir que no se mostraron reacios a familiarizarse con el manejo y mantenimiento de las tecnologías, pero tampoco se encontraron en extremo motivados por implementar estas alternativas de saneamiento en sus hogares.

### **4.1.3 RESULTADOS DE LOS FACTORES AMBIENTALES**

#### **4.1.3.1 Aprovechamiento de residuos fecales**

Las excretas de la letrina pueden ser aprovechadas indirectamente siempre y cuando no se contrate un servicio de evacuación de lodos, y en su lugar, cuando las excretas alcancen una altura de 6.5 m dentro del hoyo, se cierre el hoyo, se mueva la caseta hacia un nuevo hoyo y se espere dos años para poder plantar en el lugar abandonado.

Los lodos del pozo séptico no pueden ser aprovechados por la comunidad, ya que al contratar un servicio de tanquero que evacue dicho material, la empresa de servicios debe hacerse responsable de su disposición final.

Se concluye que de construirse el pozo séptico el usuario no podrá aprovechar en lo absoluto de los residuos fecales para utilizarlos como abono o fertilizante por ello se lo califica con 0 puntos, en contraste con la instalación de la letrina que aprovecha adecuadamente las excretas en el interior del hoyo (3 puntos).

#### **4.1.3.2 Agua utilizada en cada descarga por la tecnología.**

Ambientalmente la mejor opción se traduce en aquella que consume la menor cantidad de agua para su funcionamiento. Ya que la letrina no usa agua, se le otorgó la calificación máxima de 5 puntos, mientras que el pozo al encontrarse conectado con un inodoro que usa agua obtuvo la menor calificación, es decir 1 punto.

#### **4.1.3.3 Presencia de vectores**

En cuanto a la presencia de vectores, las calificaciones difirieron, ya que no existe presencia de vectores debidas a la presencia del pozo, gracias a que este se

encuentra impermeabilizado en su totalidad, por ello se le valoró con 5 puntos. Por otro lado, en la letrina la presencia de vectores es media debido a que vectores como moscas o ratas se pueden ver atraídos por los olores provenientes del inodoro por ello su calificación es de 3 puntos.

#### **4.1.4 RESULTADOS DE LOS FACTORES ECONÓMICOS**

##### **4.1.4.1 Costos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento de la letrina y el pozo son de \$45 y \$40, respectivamente. Ya que ambas tecnologías tienen un costo de mantenimiento mayor al rango de \$20 - \$30, valores que la comunidad puede pagar, los costos de mantenimiento se consideran altos, por lo tanto, ambas tecnologías reciben la calificación de 1 punto.

##### **4.1.4.2 Costos de construcción**

Las familias en San Rafael tienen un ingreso mensual menor al salario básico llegando inclusive a vivir del día a día.

La letrina y el pozo tienen un costo de construcción de \$688.02 y \$1074.16, respectivamente. Para la compra de materiales y contratación de mano de obra, las dos tecnologías superan el valor del salario básico unificado de Ecuador en 2022, es decir sobrepasan los \$425.

Ya que el costo de construcción de ambas tecnologías es mayor al ingreso percibido por cada familia, es decir a \$425, se las califica con 1 punto.

##### **4.1.4.3 Costos de evacuación de residuos fecales**

Finalmente, el último criterio por analizar es qué tecnología tiene ventaja sobre la otra debido a los costes por la evacuación de lodos. Para el caso de la letrina, ya que lo más recomendable es mover la caseta una vez el hoyo se llene de material fecal, obtuvo la máxima calificación, es decir 5 puntos. Por otra parte, el pozo séptico requiere la contratación de servicios que evacuen los lodos por lo tanto la calificación de esta tecnología es de 1 punto.

#### **4.2 SELECCIÓN DE LA MEJOR TECNOLOGÍA DE SANEAMIENTO**

Las calificaciones fueron ingresadas a dos matrices de decisión una para la letrina de hoyo seco ventilado y otra para el pozo séptico. Estas matrices de decisión calculan

sobre 100 puntos, la calificación total que tiene cada tecnología considerando los factores técnicos, sociales, ambientales y económicos que se han expuesto durante el presente trabajo.

**Tabla 65.**

*Matriz de decisión de la letrina de hoyo seco ventilado*

	A	B	C	D	E (%)
#	%	CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA	CALIFICACIÓN 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy bueno	Total de C/ (1.10,2.3,3.4,4.4)	D*A
1	40	<b>FACTORES TÉCNICOS</b>			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y tecnología de saneamiento	5		
1.2		Permeabilidad del suelo	5		
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento	5		
1.4		Frecuencia de mantenimiento	5		
1.5		Facilidad de mantenimiento	1		
1.6		Tiempo de construcción	5		
1.7		Estabilidad del suelo	5		
1.8		Disponibilidad del terreno	5		
1.9		Tiempo de vida de la tecnología	5		
1.10		<b>Calificación total del factor técnico (45)</b>	41,00	0,91	36,44
2	15	<b>FACTORES SOCIALES</b>			
2.1		Disposición de materiales de higiene anal	5		
2.3		Aceptación cultural	3		
2.4		<b>Calificación total del factor social (10)</b>	8,00	0,8	12,00
3	15	<b>FACTORES AMBIENTALES</b>			
3.1		Aprovechamiento de residuos fecales	3		
3.2		Uso de agua por la tecnología	5		
3.3		Presencia de vectores	3		
3.4		<b>Calificación total del factor ambiental (15)</b>	11,00	0,73	11,00
4	30	<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>			
4.1		Costos de mantenimiento	1		
4.2		Costos de construcción	1		
4.3		Costos de evacuación de residuos fecales	5		
4.4		<b>Calificación total del factor económico (15)</b>	7,00	0,47	14,00
	100				<b>73,44</b>

Elaborado por: Totoy, 2022

**Tabla 66.**

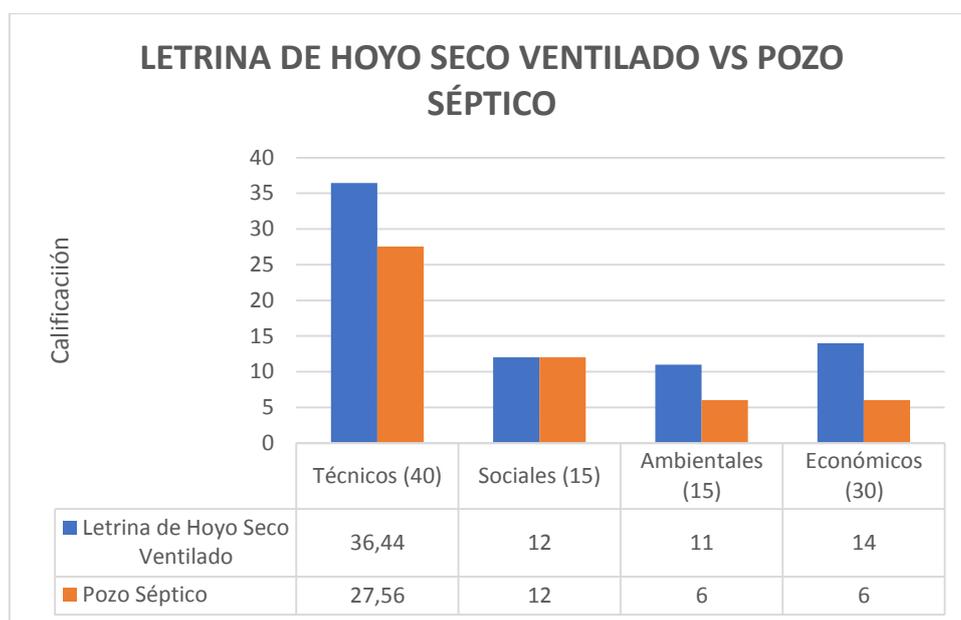
*Matriz de decisión del pozo séptico.*

	A	B	C	D	E (%)
#	%	CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA	CALIFICACIÓN 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy bueno	Total de C/ (1.10,2.3,3.4,4.4)	D*A
1	40	<b>FACTORES TÉCNICOS</b>			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y tecnología de saneamiento	5		
1.2		Permeabilidad del suelo	1		
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento	1		
1.4		Frecuencia de mantenimiento	5		
1.5		Facilidad de mantenimiento	1		
1.6		Tiempo de construcción	3		
1.7		Estabilidad del suelo	5		
1.8		Disponibilidad del terreno	5		
1.9		Tiempo de vida de la tecnología	5		
1.10		<b>Calificación total del factor técnico (45)</b>	31,00	0,69	27,56
2	15	<b>FACTORES SOCIALES</b>			
2.1		Disposición de materiales de higiene anal	5		
2.3		Aceptación cultural	3		
2.4		<b>Calificación total del factor social (10)</b>	8,00	0,80	12,00
3	15	<b>FACTORES AMBIENTALES</b>			
3.1		Aprovechamiento de residuos fecales	0		
3.2		Uso de agua por la tecnología	1		
3.3		Presencia de vectores	5		
3.4		<b>Calificación total del factor ambiental (15)</b>	6,00	0,40	6,00
4	30	<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>			
4.1		Costos de mantenimiento	1		
4.2		Costos de construcción	1		
4.3		Costos de evacuación de residuos fecales	1		
4.4		<b>Calificación total del factor económico (15)</b>	3,00	0,20	6,00
	100				51,56

Elaborado por: Totoy, 2022

De acuerdo con los resultados de la matriz de decisión, la letrina de hoyo seco ventilado es la tecnología que mayor puntuación alcanzó con un total de 73,44% (Tabla 65). En contraste, la tecnología húmeda, es decir el pozo séptico es la tecnología que menos valor obtuvo, por lo que es la que menos se recomienda instalar en la comunidad de San Rafael, pues su calificación fue de 55,11% (Tabla 66).

En la Figura 20, se puede observar que la letrina de hoyo seco ventilado obtuvo en los factores técnicos, ambientales y económicos una mayor calificación que la obtenida por el pozo. En cuanto a los factores sociales es el único parámetro donde obtuvo la misma calificación que su contraparte la tecnología húmeda.



**Figura 20.** Comparativa entre las calificaciones obtenidas por la letrina de hoyo seco ventilado y el pozo séptico en función de los factores de selección.  
Elaborado por: Totoy, 2022

**Técnicamente la letrina de hoyo seco ventilado** obtuvo una calificación de 36.44% sobre 40%. La razón de este resultado se debe a que la distancia que el reservorio de agua del cual se abastece la comunidad se encuentra lo suficientemente adecuado, lo que disminuye la probabilidad de contaminación por heces fecales. La permeabilidad del suelo de San Rafael:  $10^{-5} - 10^{-6}$  cm/s, es apropiada para que los efluentes de la tecnología se filtren en el suelo, pues se recomiendan que el suelo donde se instala la tecnología seca tenga  $2 \times 10^{-7}$  cm/s. Ya que la letrina es seca, su funcionamiento no depende de los 5 L de agua que las familias utilizan para evacuar sus excretas.

Además, la frecuencia en el mantenimiento de la tecnología es de 1 día al año, tiempo que no sobrepasa los 7 días que las familias de San Rafael pueden destinar para esta labor. La facilidad de mantenimiento es un factor que incidió negativamente en la

calificación técnica pues para preservar el pozo séptico se requiere contratar de servicios como lo son albañil, plomero, carpintero y peón.

El tiempo de construcción de la letrina es de 1 a 2 semanas, este tiempo es el preferido por la mayoría de las familias. El peso que puede soportar el suelo en San Rafael es 1.77 ton/ m<sup>2</sup>, el peso de la letrina es 0.31 ton/m<sup>2</sup>, ya que este valor es menor al presentado por el suelo de San Rafael no se compromete la estabilidad del suelo al construir sobre él la letrina. En cuanto a la disponibilidad del terreno, la tecnología requiere de 2 m<sup>2</sup>, área que obedece a los 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup> que las familias pueden destinar en su terreno. Finalmente, el tiempo de vida de la tecnología es de 20 años esto la califica con un tiempo de vida óptima.

En cuanto al factor **social** la letrina obtuvo un 12%, ya que las prácticas de higiene anal de la comunidad, que consisten en usar papel higiénico y disponerlo fuera del inodoro, no interfieren negativamente en el funcionamiento de la letrina. Sin embargo, fue la aceptación cultural el parámetro que tuvo un impacto negativo en la calificación, pues al momento de realizar la visita a los hogares y explicar el funcionamiento de la letrina algunas familias mostraron rechazo en disponer su baño a las afueras de su hogar. Otros prefirieron no darle ninguna calificación ya que consideraban el factor económico como el mayor impedimento para construir la tecnología o también comentaron que ya llevaban años recibiendo visitas de organizaciones, estudiantes, etc., que les han propuesto diferentes proyectos de saneamiento pero que hasta la fecha no han llevado a la práctica.

En referencia a los **factores ambientales** (11%), una vez que se haya abandonado el hoyo de la letrina cuando las excretas hayan alcanzado los 6.45 m de altura dentro del hoyo, se debe esperar 2 años para plantar sobre el lugar y aprovechar indirectamente las excretas que tras pasar por procesos de degradación servirán como abono para el terreno. La tecnología al ser seca no utiliza el recurso agua, lo cual es una característica importante ya que en la zona el líquido vital es usado recelosamente por las familias para las labores de agricultura y ganadería. En cuanto a los vectores existe el peligro de atracción de moscas y rata debido a los olores que se podrían emitir de no mantenerse a la tecnología o por dejar abierta la puerta lo que atrae por el olor a los vectores de enfermedades anteriormente mencionados.

En relación con el **factor económico** (14%), la letrina sobrepasó el valor de 20 – 30 que las familias están dispuestas a destinar para esta labor. Los costos de construcción son un gran impedimento para construir la letrina ya que este sobrepasa

los \$425, cantidad superior al salario básico en Ecuador de 2022. En cuanto a los costos por evacuación de residuos fecales, ya que las excretas no requieren ser evacuados por un tanquero, se traduce como un costo que no se debe pagar.

En contraste la calificación de los **factores técnicos** del **pozo séptico** fue de 31.11% sobre 40%. Esta calificación tiene su razón debido a que el reservorio de agua que abastece a la comunidad se encuentra a 150 m de la casa más cercana, lo que es favorable ya que esta distancia ayuda a disminuir la probabilidad de contaminación del agua de abastecimiento por heces fecales. Un parámetro que incidió negativamente en la calificación del factor técnico fue la permeabilidad del San Rafael que es de  $5.45 \times 10^{-6}$  cm/s, no es la adecuada para recibir los efluentes provenientes del pozo séptico que responde a un suelo de tipo permeable con coeficiente de  $2 \times 10^{-7}$  y  $1 \times 10^{-11}$  cm/s.

Otro parámetro que tuvo impacto negativo fue el agua que necesita la tecnología para su funcionamiento, las familias de San Rafael utilizan 5 L de agua para evacuar sus excretas en cada descarga, el pozo séptico no responde a esta limitante pues para el análisis se tomó en cuenta que estaría conectado al inodoro más económico encontrado en el mercado que es del tipo comercial de 7 L por descarga.

De la misma manera que la letrina, la frecuencia de mantenimiento del pozo séptico no requiere más de 7 días al año, tiempo que las familias de San Rafael pueden destinar para esta labor. La facilidad de mantenimiento es un factor que incidió negativamente en la calificación técnica de la letrina pues para preservar la tecnología se requiere contratar de servicios como lo son albañil, plomero, y un tanquero para evacuar las excretas.

El tiempo de construcción del pozo séptico es de 2-3 semanas, sin embargo, este tiempo no es el preferido por la mayoría de las familias. En cuanto a la estabilidad del suelo, el peso que puede soportar el suelo en San Rafael es 1.77 ton/ m<sup>2</sup>, en contraste el peso del pozo séptico es de 1.77 ton/m<sup>2</sup>, ya que este valor es menor al presentado por el suelo de San Rafael no se compromete la estabilidad del suelo al construir sobre el pozo séptico. Ya que esta tecnología requiere de 3 m<sup>2</sup> para la construcción área que obedece a los 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup> que las familias pueden destinar en su terreno. Finalmente, el tiempo de vida de la tecnología es de 20-40 años esto lo califica con un tiempo de vida óptimo.

En cuanto al factor **social** la letrina obtuvo un 12%, ya que las prácticas de higiene anal de la comunidad, que consisten en usar papel higiénico y disponerlo fuera del inodoro, no interfieren negativamente en el funcionamiento del pozo séptico. Sin embargo, el factor que incidió negativamente fue la aceptación cultural ya que consideraban el factor económico como el mayor impedimento para construir la tecnología o no se encontraban interesados ya que manifestaron que llevaban años recibiendo visitas de organizaciones, estudiantes, etc., que les han propuesto diferentes proyectos de saneamiento pero que hasta la fecha no han llevado a la práctica.

En referencia a los **factores ambientales** (6%), los residuos fecales que para el pozo séptico corresponden a los lodos que se acumulan en el tanque, no pueden ser aprovechados por los usuarios ya que para retirar estos se requiere contratar un servicio de tanquero, y son estos los que se llevan los lodos para disponerlos en un lugar final. En cuanto al uso de agua, esta tecnología sí lo hace, por ello este parámetro incidió negativamente. En cuanto a los vectores ya que el pozo séptico se encuentra a 3 m, no existe peligro de que las personas que usan el baño se pongan en contacto con ratas o moscas.

En relación con el **factor económico** (14%), la letrina sobrepasó el valor de 20 – 30 que las familias están dispuestas a destinar para esta labor. Los costos de construcción son un gran impedimento para construir la letrina ya que este sobrepasa los \$425, cantidad superior al salario básico en Ecuador de 2022. En cuanto a los costos por evacuación de residuos fecales, ya que las excretas no requieren ser evacuados por un tanquero, se traduce como un costo que no se debe pagar.

Finalmente, en el factor económico el pozo obtuvo una calificación de 6%. Los costos de mantenimiento son mayores al rango que la comunidad puede pagar que es de \$20 - \$30, además la construcción de esta tecnología supera los \$425. Como se ha mencionado a lo largo del documento los lodos del tanque deben ser evacuados cada 5 años, lo que se traduce en un gasto para las familias. En la actualidad en San Rafael cuentan con pozos ciegos que luego de pasar 5 años se llenan de lodos, en lugar de evacuar su contenido los usuarios cierran el hoyo para construir en un nuevo lugar un nuevo pozo ciego. Por esta razón de construirse un pozo séptico es posible que las personas no evacuen los lodos pasados los 5 años y decidan cerrar la tecnología, lo que no es económicamente viable ya que si deciden construir otro pozo séptico deben invertir nuevamente \$1074.16, además del dinero se debe considerar que en el terreno esta tecnología ocupa 3m<sup>2</sup>.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- La letrina de hoyo seco ventilado tiene una calificación final de 73,44%, de aquí se desglosan las puntuaciones para los factores técnicos (36,44%), sociales (12%), ambientales (11%) y económicos (14%). En contraste el pozo séptico presenta una calificación total de 55,11% de lo cual el factor técnico se calificó con 27.56%, el social con 12%, ambiental con 6% y económicamente califica con 6%. En conclusión, la tecnología de saneamiento más adecuada para la comunidad de San Rafael es la letrina de hoyo seco ventilado.
- El costo de construcción de la letrina de hoyo seco ventilado (\$688.02) fue menor que el que requiere el pozo séptico (\$1074.16). Sin embargo, ambos valores superan los ingresos que percibe cada familia de la comunidad (menores al salario básico unificado para el año 2022, es decir \$425). Por tal motivo se dificulta la aplicación de estas dos tecnologías en la comunidad. No obstante, los costos podrían aminorar si las familias acceden a un financiamiento, auspicio o si se reducen los costos de materiales al usar materiales que sean propios de la zona o reciclados.
- La letrina de hoyo seco ventilado genera abono de las excretas que se depositan en el hoyo una vez pasan 2 años luego de haber cerrado el hoyo, a diferencia del pozo séptico cuyos lodos al ser evacuados por un servicio de tanquero no permite que los usuarios aprovechen este residuo fecal y se beneficien de él. Por lo que se concluye que la letrina de hoyo seco no solo se limita a ser una tecnología de saneamiento, sino también una oportunidad para que las excretas que se depositan en el interior del hoyo puedan usarse como abono de manera indirecta, fortaleciendo la actividad agrícola que se practica en la comunidad de San Rafael.
- Para el dimensionamiento de todo el pozo séptico se hizo uso de ecuaciones cuyos datos dependían completamente de tomar información del lugar como lo es el número de habitantes por familia, el tipo de estrato económico de estas y la temperatura del lugar. En contraste para la letrina de hoyo seco ventilado, se usó tan solo en una fórmula el número de habitantes por familia para determinar el volumen del hoyo y se tomó en cuenta la temperatura de la zona para elegir el

diámetro que tendría la tubería de ventilación. Sin embargo, el dimensionamiento de las partes restantes de la letrina se hizo en base netamente en recomendaciones bibliográficas. Por lo tanto, se concluye que el dimensionamiento de la letrina de hoyo seco ventilado no se atiende netamente a criterios ingenieriles como sí lo hace un pozo séptico.

- La letrina de hoyo seco tiene ventajas sobre el pozo séptico ya que una vez que culmina su tiempo de vida útil que es en 20 años, las partes que aún están en buen estado pueden reutilizarse y no se necesita contratar un servicio de tanquero para evacuar las excretas, a diferencia del pozo séptico en el que se deben evacuar los lodos cada 5 años por medio de la contratación de un tanquero, práctica que dista de lo que se hace en la actualidad con los pozos ciegos con los que cuentan varias familias en San Rafael, pues cierran estos pozos y no los evacúan. Además, una vez culmina la vida útil del pozo séptico el usuario debe invertir nuevamente en todo el material de construcción, sin opción a reciclar material de la antigua tecnología húmeda.
- Se elaboró la guía de diseño “Letrina de Hoyo Seco Ventilado” y “Pozo Séptico” como una herramienta de ayuda para que las familias de San Rafael puedan apoyarse de material dinámico que les permita familiarizarse con la tecnología conociendo sus partes principales, las dimensiones que deben tener, el mantenimiento y evacuación de excretas o lodos y los materiales que se recomiendan usar.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se sugiere al GAD de Checa intervenga con inversión y que establezca convenios con universidades para que se puedan llevar a cabo proyectos de vinculación que cuenten con la colaboración de profesores, estudiantes y organizaciones, que puedan hacer factible la construcción de tecnologías de saneamiento no convencionales.
- Se invita al GAD de Checa, en caso de darse proyectos de construcción de saneamiento en San Rafael, darles el debido seguimiento para poder identificar problemas o falencias, corregirlos y así asegurar que la tecnología cumpla e inclusive extienda su vida útil.

- Se recomienda a desarrollar proyectos relacionados con el aprovechamiento de las excretas generadas por la letrina o los lodos provenientes del pozo séptico con el fin de que las comunidades puedan sacar el mayor rédito a estos residuos fecales ya sea para usarlos directamente en su terreno o venderlos en el mercado.
- Se sugiere llevar a cabo estudios o proyectos que ayuden en la adecuada dotación del líquido vital a las viviendas, pues durante la visita a San Rafael se evidenció en algunos casos el agua era limitada para ciertas familias, esto debido a que la conducción se hacía por medio de un canal abierto, desperdiciando el recurso que podría servir para abastecer con una mayor cantidad de agua a los hogares permitiendo la implementación de tecnologías de tipo húmedo como el pozo séptico.
- Se aconseja utilizar la información entregada en el presente trabajo de integración y los productos derivados de esta como son las guías de diseño y las hojas de cálculo en Excel, para que sirvan de orientación a posibles estudios a futuro que busquen mejorar la calidad de vida de la comuna de San Rafael.
- Se recomienda que en caso de que comunidades ajenas a San Rafael toman como orientación las guías de diseño presentadas en este trabajo, se remitan a las hojas de cálculo de Excel para que en base a su realidad modifiquen los parámetros que inciden en el dimensionamiento de las tecnologías, como por ejemplo las prácticas de higiene anal, el estrato económico, número de personas por familia, etc.
- Se propone que durante el desarrollo de las encuestas el entrevistador lleve consigo material como imágenes o videos que sirvan de apoyo para facilitar el entendimiento de lo que se quiere dar a conocer. Además, mantener siempre un lenguaje amigable y entendible para que lo que se expresa pueda ser comprendido por aquellos que está siendo encuestados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegoke, A. A., & Stenstrom, T.-A. (2019). Cesspits and Soakpits. *Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)*. <https://doi.org/10.14321/WATERPATHOGENS.58>
- Aguilar, S. (2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>
- Alrawi, A., Aziz, S., Fakhrey, E., Omar, I., & Shaheed, I. (2021). The effect of blackwater disposal on municipal wastewater and soil properties with potential solutions: erbil as a case study, Kurdistan Region, Iraq. *Global NEST Journal*, 23(3), 434–443. <https://doi.org/10.30955/gnj.003798>
- Bani, R., & Amoatey, P. (2011). *Wastewater Management*. [https://www.researchgate.net/publication/221911472\\_Wastewater\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/221911472_Wastewater_Management)
- Bravo, C. (2022). *Tratamiento de agua en el hogar y almacenamiento seguro para la comuna de San Rafael-Checa, cantón Quito*. [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/22454/1/CD%2011939.pdf>
- Brikké, F., & Bredero, M. (2003). *Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42538/9241562153.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, R., & Pérez, R. (2009). *Saneamiento Rural y Salud: Guía para Acciones a Nivel Local*.
- EPA. (s.f.). *How Your Septic System Works | US EPA*. Retrieved January 12, 2022, from <https://www.epa.gov/septic/how-your-septic-system-works>
- EPA. (2000). *Decentralized Systems Technology Fact Sheet Septic System Tank*. [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/septic\\_system\\_tank.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/septic_system_tank.pdf)
- EPA. (2005). *A Homeowner's Guide to Septic Systems*. [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/homeowner\\_guide\\_long.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/homeowner_guide_long.pdf)
- FAO. (s.f.). *Soil Permeability*. Retrieved August 28, 2022, from [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706e/x6706e09.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e09.htm)
- Fewtrell, L., & Bartram, J. (2001). *Water quality: Guidelines, Standards and health: Assessment of Risk and Risk management for Water-Related Infectious Diseases*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42442/924154533X.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Franceys, R., Pickford, J., & Reed, R. (1992). *A Guide to the Development of on-Site Sanitation*. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39313/9241544430\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39313/9241544430_eng.pdf)

- Frenoux, C., Gabert, J., Guillaume, M., & Monvois, J. (2010). *How to select appropriate technical solutions for sanitation - Guide 4 - Methodological Guides*.
- Harvey, P. (2007). *Excreta Disposal in Emergencies A Field Manual An Inter-Agency Publication*.  
[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf)
- INEC, & UNICEF. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: Medición de los ODS en Ecuador*. [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- IRC Wash. (1982). *Water for the World Overview of Sanitation*.  
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/301-7289.pdf>
- Joe, L. (2019). *Modelling Viral Emissions from Pit Latrines to Groundwater*.  
<https://edepot.wur.nl/525123>
- Joint Monitoring Programme. (2021). *Open defecation | JMP*.  
<https://washdata.org/monitoring/inequalities/open-defecation>
- Khan, M. N., & Mohammad, F. (2014). Eutrophication: Challenges and solutions. *Eutrophication: Causes, Consequences and Control*, 2, 1–15.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6_1)
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000*. [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=16483](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483)
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2018). *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural. Perú. Resolución Ministerial N° 192-2018-Vivienda*. [www.vivienda.gob.pe](http://www.vivienda.gob.pe)
- Obeng, P. A., Oduro-Kwarteng, S., Keraita, B., Bregnhøj, H., Abaidoo, R. C., Awuah, E., & Konradsen, F. (2019). *Practical Paper Redesigning the ventilated improved pit latrine for use in built-up low-income settings*.  
<https://doi.org/10.2166/washdev.2019.098>
- OMS. (s.f.). *Saneamiento: Saneamiento y salud*. Retrieved January 30, 2022, from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
- OPS, CEPIS, & UNATSABAR. (2006). *Algoritmo para la Selección de la Opción Tecnológica y Nivel de Servicio en Saneamiento*.
- Orner, K., Naughton, C., & Stenstrom, T.-A. (2018). *Global Water Pathogen Project Part Four. Management of Risk From Excreta and Wastewater Pit Toilets (Latrines)*. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.56>
- PAHO. (2010). *SANEAMIENTO RURAL Y SALUD / GUÍA PARA ACCIONES A NIVEL LOCAL*.
- SCA. (2012). *Design and Installation of On-site Wastewater Systems: Septic Tank*.  
[https://www.waternsw.com.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0009/114759/Designing-and-Installing-On-Site-Wastewater-Systems-complete-document.pdf](https://www.waternsw.com.au/__data/assets/pdf_file/0009/114759/Designing-and-Installing-On-Site-Wastewater-Systems-complete-document.pdf)

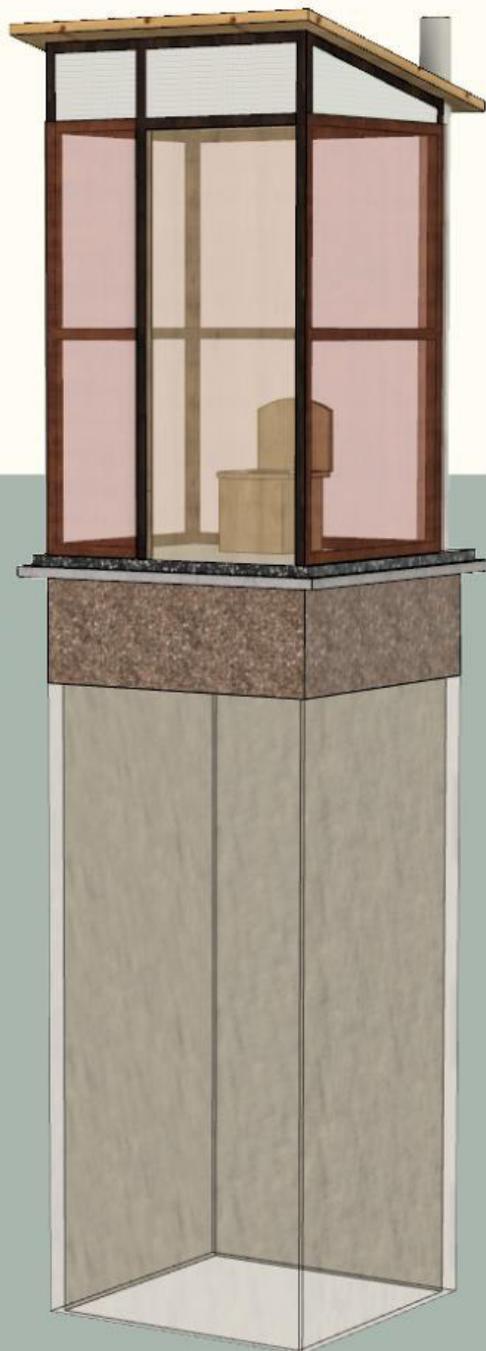
- The World Bank. (2021). *People practicing open defecation (% of population) | Data*. <https://data.worldbank.org/indicator/SH.STA.ODFC.ZS>
- UNLP. (2019). *APUNTES DE EDAFOLOGÍA*. [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42966/mod\\_resource/content/1/TEMA%206%20-%20ESTRUCTURA%20Y%20ESTABILIDAD%20ESTRUCTURAL%2026-3-19.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42966/mod_resource/content/1/TEMA%206%20-%20ESTRUCTURA%20Y%20ESTABILIDAD%20ESTRUCTURAL%2026-3-19.pdf)
- Vidal, B. (2014). *Blackwater sanitization with urea in Sweden-sanitization effect and environmental impact*. <http://stud.epsilon.slu.se>
- WEDC. (2011). *Septic tank and aqua privy design*.
- WEDC. (2014a). *Latrine pit excavation and linings*. <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G024-Latrine-pit-excavation-on-line.pdf>
- WEDC. (2014b). *Ventilated improved pit (VIP) latrines*. <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G027-VIP-latrines-on-line.pdf>
- WHO. (s.f.). *Fact Sheet 3.4: Simple Pit Latrines*. Retrieved January 30, 2022, from [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/emergencies/fs3\\_4.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs3_4.pdf)
- WHO. (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf>

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
GUÍA DE DISEÑO DE LA LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO

# Letrina de Hoyo Seco Ventilado

## DISEÑO



— Contenido —

## GÚÍA DE DISEÑO

- 1 INTRODUCCIÓN A LA LETRINA
- 2 ¿DÓNDE CONSTRUIR LA LETRINA?
- 3 CONSTRUCCIÓN Y DIMENSIONES
- 4 MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA
- 5 EVACUACIÓN DE LODOS
- 6 PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO
- 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
- 8 MATERIALES

# ¿CÓMO USAR LA PRESENTE GUÍA?

La presente guía de diseño es una herramienta para brindar al lector una visión detallada de lo que es una letrina de hoyo seco ventilado, pasos en la construcción y materiales necesarios para hacerlo, su mantenimiento y la periodicidad con la que este debe ser realizado. .

Se debe tener en cuenta que el proceso de construcción y materiales usados no son irremplazables, es decir, puede optarse por usar materiales del sector para disminuir en costos, siempre y cuando esto no comprometa la seguridad del usuario y del trabajador.

La guía se encuentra estructurada en 7 secciones:

- 1. Introducción a la letrina:** Explicación de lo que es esta tecnología de saneamiento y las partes que la componen).
- 2. Dónde construir la letrina:** Distancia mínima a la que debe encontrarse la letrina de puntos estratégicos de la propiedad.
- 3. Construcción y dimensiones:** Paso a paso de la construcción y las dimensiones de las partes que componen la letrina.
- 4. Mantenimiento y limpieza:** Tips para asegurar la vida útil de la letrina.
- 5. Evacuación de lodos:** Opciones de evacuación de excretas y cuándo hacerlo,
- 6. Periodicidad de mantenimiento:** Tiempo necesario con el que se debe realizar las labores de mantenimiento.
- 7. Referencias bibliográficas**
- 8. Materiales:** Cantidades y dimensiones de los materiales.



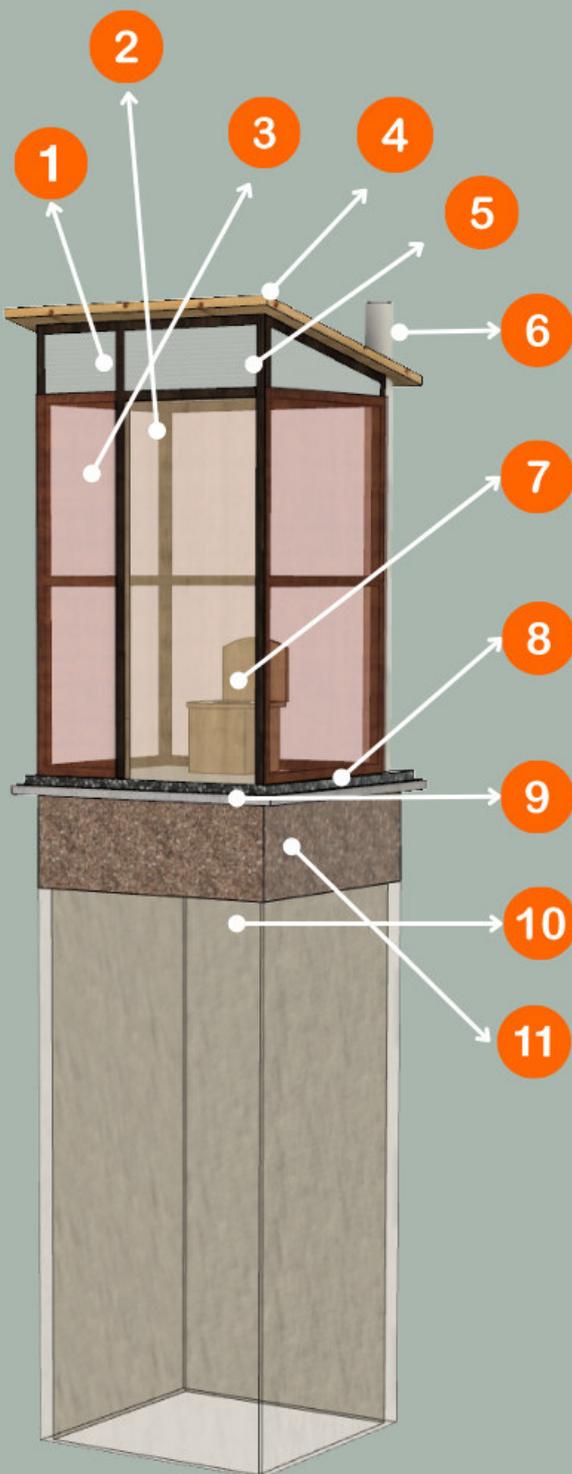
## ¿QUÉ ES?

La **letrina** es una de las tecnologías de saneamiento más simples, se caracteriza por **no necesitar de agua** para la evacuación de excretas. Cuando a este sistema se le añade un tubo de ventilación pasa a tener el nombre de **letrina de hoyo seco ventilado**.

## PARTES DE LA LETRINA

Estructuralmente la letrina es un pequeño compartimiento o **caseta (1)** que posee una **puerta (2)**, **paredes (3)** y **techo (4)** (para ofrecer privacidad y evitar la entrada de animales), una pequeña **ventana (5)** o abertura que permite la entrada de aire, un **tubo largo de ventilación (6)** con dirección vertical.

El **inodoro (7)**, por donde ingresarán las excretas, se coloca sobre una **losa (8)**, alrededor de esta última se coloca un **brocal (9)**. Todo esto se encuentra posicionado sobre un **hoyo (10)** que ha sido excavado en el suelo, al cual se le colocará un **revestimiento (11)**, que asegurará que la estabilidad del suelo se mantenga.

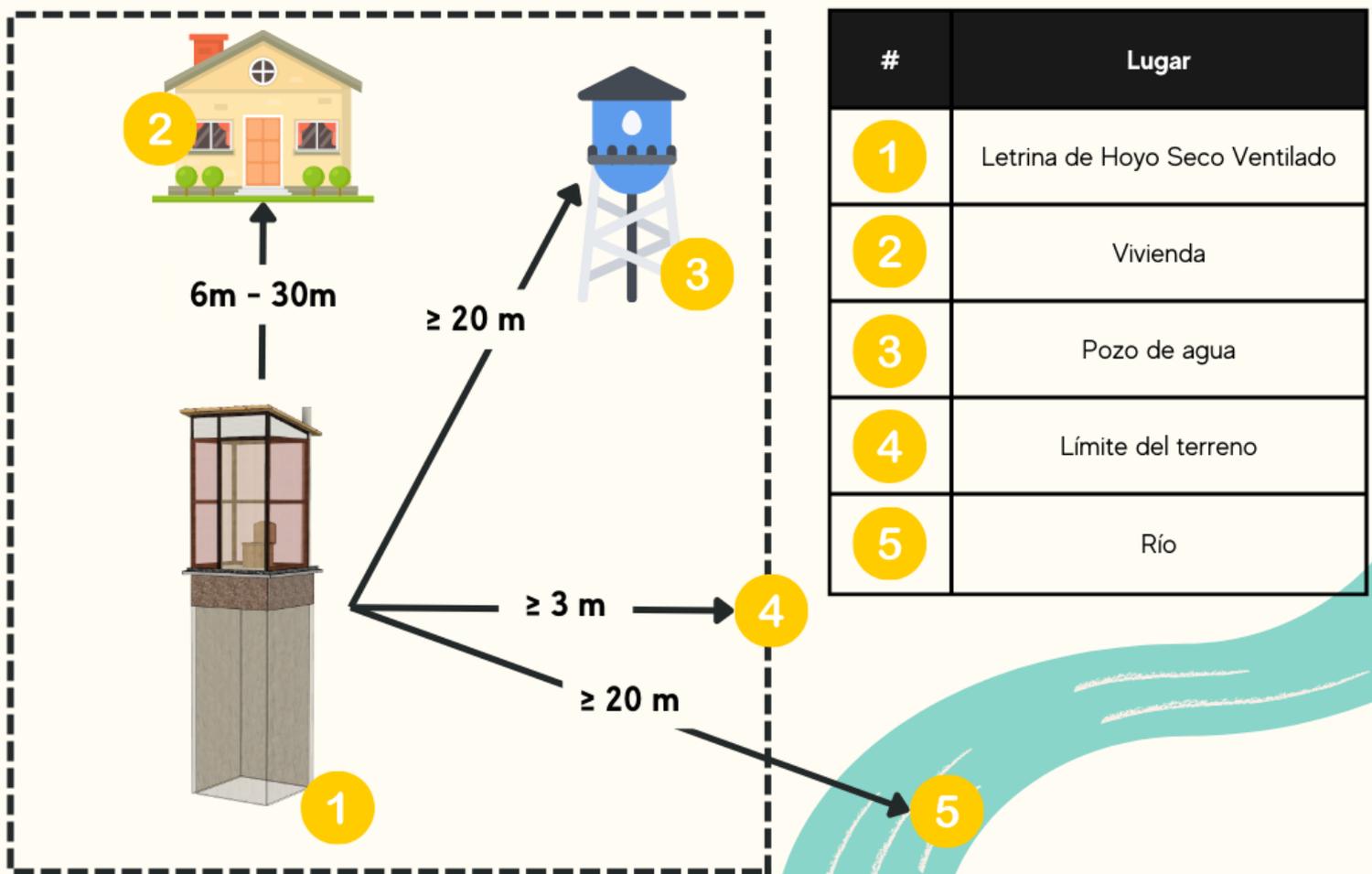


## ¿DÓNDE CONSTRUIR LA LETRINA?

Es importante colocar la letrina a una distancia segura de la **vivienda**, **pozo de agua**, **límite del terreno** y fuentes superficiales de agua como **ríos**. Esto con la finalidad de evitar que se propagen **enfermedades infecciosas** como la poliomielitis, hepatitis, cólera, tifoidea, criptosporidiosis, ascariasis y esquistosomiasis.

A su vez la selección de un lugar seguro para la construcción, evitará daños ambientales como la **eutrofización**, que es el incremento en la concentración de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N) y fósforo (P), en los cuerpos de agua o la modificación de las propiedades del suelo como cambios en el contenido de humus y porosidad, desbalance en el microbiota del suelo, incremento del pH y aumento de la salinidad.

Por lo anteriormente mencionado se tiene que construir la letrina siguiendo las distancias detalladas en la **Figura A**.



**Figura A.** Distancia desde la letrina a diferentes puntos del terreno y del medio

## MATERIALES



Hormigón



Madera



Clavos



Ladrillos



Bisagras

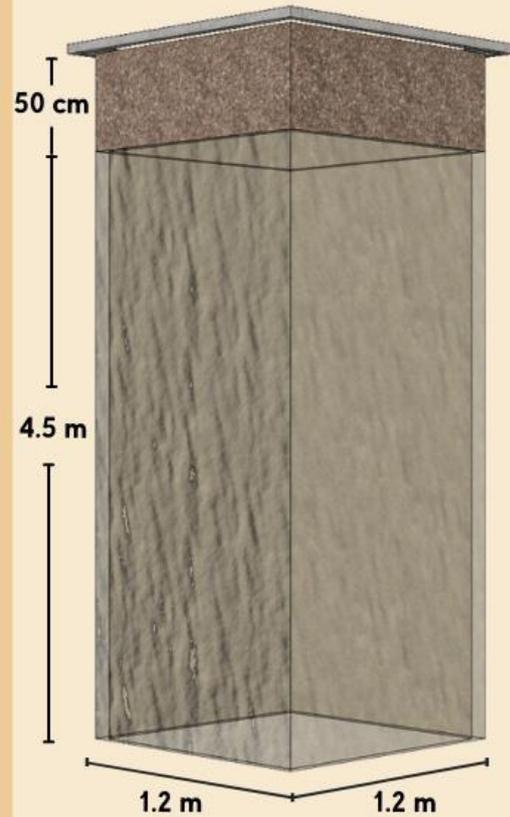


Figura 1. Hoyo excavado en el suelo

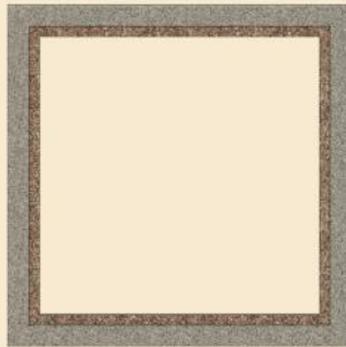


Figura 2. Brocal

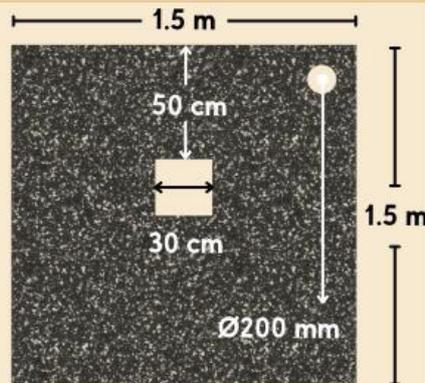


Figura 3. Losa

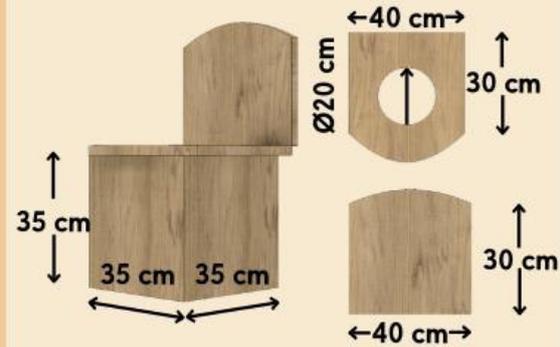


Figura 4. Inodoro



Figura 5. Losa + Brocal + Inodoro

1. Excavar un **hoyo** de 5 m en el suelo, de **1.2 m x 1.2 m** de largo y ancho y **revestir** con ladrillo los primeros 50 cm del hoyo, tal como se expone en la **Figura 1**. La parte mas baja del hoyo deberá encontrarse mínimo a **2 m sobre el nivel freático del suelo**.
2. Colocar una hilera de ladrillos alrededor del perímetro superior del hoyo, a modo de **brocal**, tal como se indica en la **Figura 2**.
3. Fabricar una **losa** de concreto reforzado de **1.5 m x 1.5 m** y un **grosor** de **80 mm**. Usar **barillas corrugadas** de **diámetro 8 mm**. Tener en cuenta que la losa deberá tener un agujero cuadrado de **30 cm x 30 cm** y una circunferencia de diámetro de **200 mm**, como se observa en la **Figura 3**.
4. Construir un inodoro de madera, con las dimensiones sugeridas en la **Figura 4**. Usar **bisagras** para unir **la tapa y el asiento**. Con los **clavos** unir estos dos últimos con **el pedestal** del inodoro.
5. Colocar la **losa** sobre el **brocal**, y sobre la primera situar el **inodoro de madera** (**Figura 5**)

## MATERIALES



Malla Mosquitera



Madera



Clavos



Zinc



Tubo de PVC

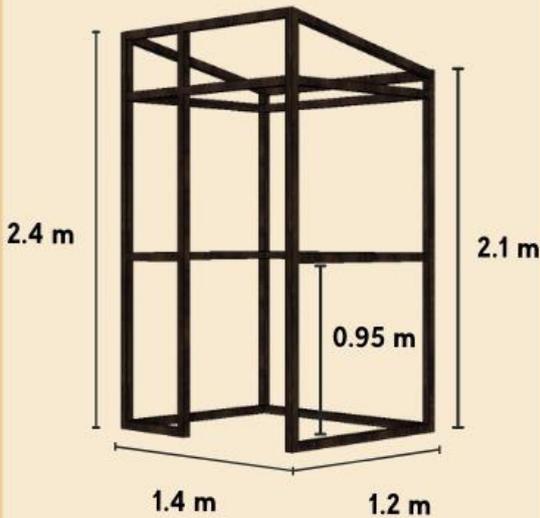


Figura 6. Esqueleto de caseta



Figura 7. Puerta y paredes de la caseta

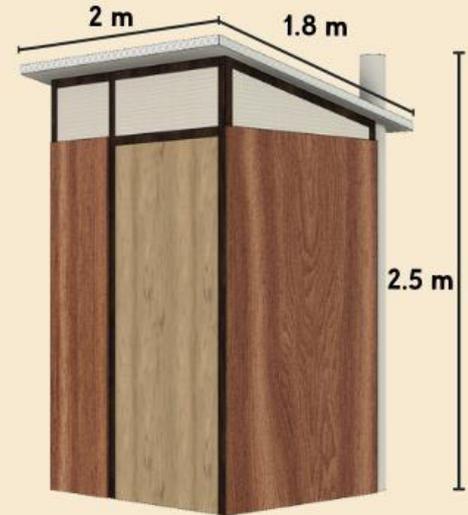


Figura 8. Ventana y tubo de ventilación de la caseta

1. Construir el esqueleto de la caseta, usando **madera** estructural de 5 cm de grosor y sujetarlas con **clavos** para mantenerlas unidas. Las medidas que deberá tener este esqueleto se observan en la **Figura 6**.

2. Colocar una **plancha de madera o palets** alrededor de las paredes de la caseta, tall como se muestra en la **Figura 7**. Unirlas al esqueleto con ayuda de clavos.

3. Situar una **puerta** de madera de **2 m x 80 cm**, tal como se muestra en la **Figura 7**.

4. Cubrir las **ventanas** de la parte superior del esqueleto con **malla mosquitera**, tal como se muestra en la **Figura 8**.

5. Empotrar el tubo de ventilación de diámetro 200 mm y alto de 2.5 m, sobre la losa. Colocar una **malla mosquitera**, en la parte superior del tubo tal como se muestra en la **Figura 10**.

6. Realizar un agujero de 200 mm de diámetro en el **techo de zinc** de **1.6 m x 1.6 m**, para que el tubo pueda pasar por el (**Figura 9**).

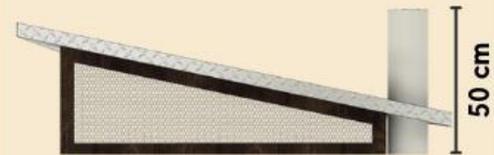


Figura 9. Altura mínima a la que debe estar el tubo de ventilación respecto a las paredes de la caseta

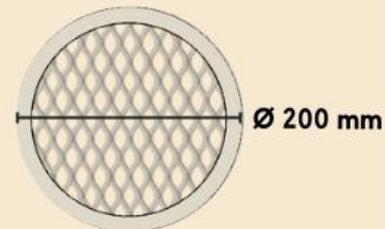


Figura 10. Tubo de ventilación protegido con malla mosquitera

**Inodoro**

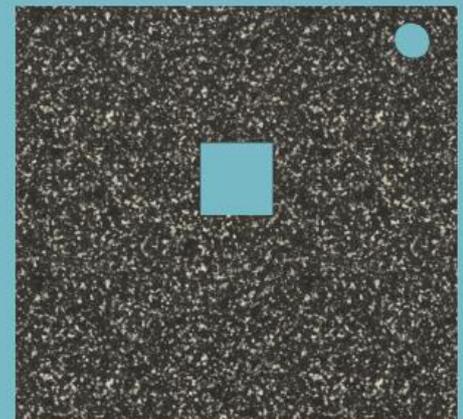
- Mantener el orificio de excretas o el inodoro cubierto cuando no esté en uso.
- Limpiar diariamente el inodoro con ayuda de un cepillo, agua y jabón cuidando que no entre gran cantidad de agua al hoyo.
- Para evitar la salida de malos olores y la reproducción de moscas, cada vez que se hace uso de la letrina añadir una taza de aserrín, tierra o ceniza.
- Examinarlo al menos una vez al mes, en caso de encontrar daños, repararlo con los materiales con los que fue construido

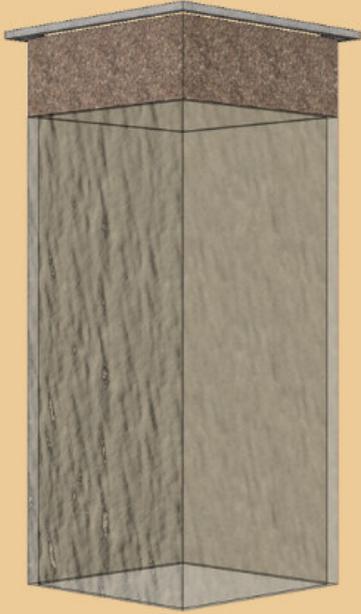
**Caseta y Tubo de Ventilación**

- Las telarañas, las moscas muertas y los huevos de araña deben ser desalojados del tubo de ventilación, para asegurar el correcto flujo de aire.
- Inspeccionar que el tubo de ventilación no se encuentre corroído o dañado, caso contrario se lo deberá reparar o reemplazar de ser necesario.
- Mantener el interior del refugio oscuro.
- Mantener la puerta cerrada cuando la letrina no esté siendo utilizada.
- Examina la caseta al menos una vez al mes, en caso de encontrar daños, repararlo con los materiales con los que fue construido.

**Losa**

- Se debe realizar mensualmente, un chequeo del estado de la losa, para asegurar que no haya fisuras.
- Limpiarla al menos una vez por semana, con ayuda de una escoba.
- Lavar la losa utilizando un trapeador y una sustancia jabonosa, en caso de no contar con los implementos anteriormente mencionados, rociar cenizas sobre la superficie.



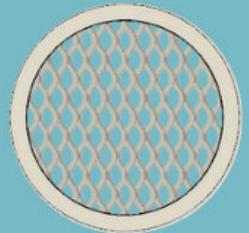


## Hoyo

- Con el fin de mejorar el grado de porosidad del suelo del hoyo, añadir periódicamente hojas.
- Siempre que sea posible, se debe evitar arrojar dentro del hoyo, material de limpieza anal y agua.
- En el momento en que entre el contenido dentro del hoyo y la losa exista una distancia de 0.5 m, este deberá o bien ser sellado o vaciado con una tanque de vaciado de excretas.

## Malla Mosquitera

- Inspeccionar que no se encuentre corroída o dañada, caso contrario se la deberá reparar o reemplazar de ser necesario



Tiempo de vida  
20 años



Tiempo en que las excretas llenan el hoyo haciéndolo inoperable

Quando la altura de las excretas alcancen los 6.5 m dentro del hoyo, se deberá mover la caseta y la losa hacia una nueva zona del terreno o se deberán evacuar las excretas contratando un servicio de tanquero



Figura 11. Camión de vaciado



Figura 12. Traslado de caseta

## Movimiento de la caseta y losa



1. Seguir los pasos 1 y 2 detallados en la página 3 de la presente Guía de Diseño.
2. Cargar la losa de la antigua letrina entre cuatro a seis personas y montarla en una carreta para transportarla hacia el nuevo hoyo excavado. Inspeccionar el estado de la losa. En caso de encontrarse fisuras, repararlas.
3. Desmontar toda la caseta y montarla sobre la losa. Si la caseta no se encuentra en buen estado utilizar las partes que aún se encuentren operables para construir o reparar la nueva caseta.

## Cierre y abandono del hoyo

Una vez montada toda la letrina en el nuevo lugar, es necesario sellar el hoyo donde anteriormente se encontraba la estructura sanitaria, por lo tanto se debe:

1. Colocar 60 cm de tierra (aquella excavada para la construcción del nuevo pozo) sobre el hoyo que será abandonado. Después de dos años, se puede optar por sembrar vegetación sobre el área.

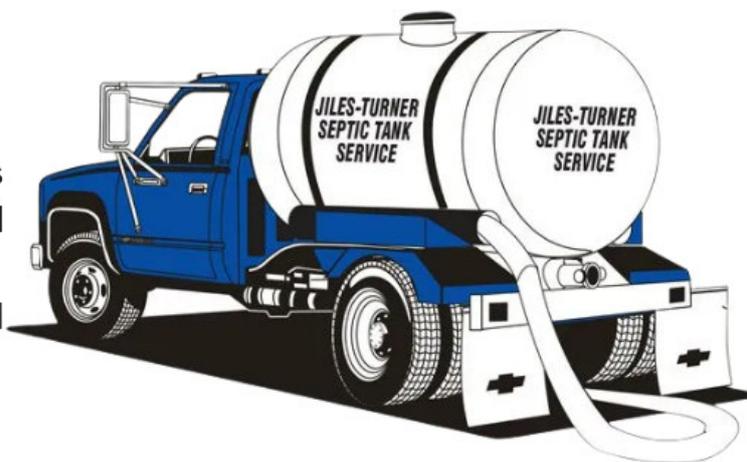
## \*Tanque de vaciado de excretas

### Opción 1

1. Desmontar el inodoro.
2. Ingresar el tubo de evacuación de excretas conectado al tanque de evacuación, a través del agujero dejado tras la sustracción del inodoro.
3. Una vez culminado el trabajo, volver a colocar el inodoro en su lugar.

### Opción 2

1. Separar el tubo de ventilación que se encuentra sujeto a la losa y el techo.
2. Ingresar el tubo de evacuación de excretas conectado al tanque de evacuación, a través del agujero dejado tras la sustracción del tubo de ventilación.
3. Una vez culminado el trabajo, volver a colocar el tubo de ventilación en su lugar.



**Se podrá evacuar las excretas con tanque de vaciado, únicamente cuando durante la construcción del hoyo este haya sido revestido en su totalidad y no tan solo los primeros 50 cm del hoyo.**

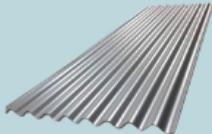
## PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

Actividades	Dificultad de mantenimiento	Tiempo que toma realizar la actividad	Equipo y materiales para realizar la actividad
Mantenimiento de la caseta	Contratación de carpintero	± 1 día al año	Cemento o madera, dependiendo del material de la caseta
Limpiar la tubería de ventilación	A cargo del dueño de la casa	½ horas al año	Franela y detergente con agua para limpiar los borde la tubería
Reparación de fisuras en la losa	Contratación de maestro albañil	± 2 horas al año	Mortero y resina epoxi
Mover la caseta y tubería hacia otro hoyo	Contratación de peón	1 día cada 20 años	Fuerza humana

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Harvey, P. (2007). Excreta Disposal in Emergencies A Field Manual An Inter-Agency Publication. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf)
- IRC Wash. (1982). Water for the World Overview of Sanitation. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/301-7289.pdf>
- WEDC. (2014a). Latrine pit excavation and linings. <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G024-Latrine-pit-excavation-on-line.pdf>
- WEDC. (2014b). Ventilated improved pit (VIP) latrines. <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G027-VIP-latrines-on-line.pdf>
- WHO. (n.d.). Fact Sheet 3.4: Simple Pit Latrines. Retrieved January 30, 2022, from [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/hygiene/emergencies/fs3\\_4.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/hygiene/emergencies/fs3_4.pdf)



LOSA				
Material	Cantidad	Dimensiones	Lugar donde se lo coloca	Descripción gráfica
Varilla Corrugada	12 varillas	8 mm de diámetro y 1.5 de longitud	Losa	
Cemento	2 bultos	50 kg	Losa	
Arena	0.16 m <sup>3</sup>		Losa	
Grava	0.2 m <sup>3</sup>		Losa	
HOYO				
Material	Cantidad	Dimensiones	Lugar donde se lo coloca	Descripción gráfica
Ladrillos	32 + 40 ladrillos	20 cm x 13 cm x 12 cm	Revestimiento y brocal	
CASETA				
Material	Cantidad	Dimensiones	Lugar donde se lo coloca	Descripción gráfica
Plancha de zinc	1 plancha	1.6 x 1.6	Techo	

<b>CASETA</b>				
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Lugar donde se lo coloca</b>	<b>Descripción gráfica</b>
Perfiles	8	2 de 35 cm 2 de 12 cm 2 de 1.3 2 de 1.15 m	Techo	
Madera estructural	9	5 de 2 m 2 de 1.10 m 1 de 45 cm 1 de 1.30 m	Esqueleto de la caseta	
Tablas de madera	23	2 x 22 x 240 cm	Paredes de la caseta e inodoro	
Malla mosquitera	1	5.5 m	Ventana y tubo de ventilación	
Clavos	100	40 x 2.5 mm	Caseta, inodoro, puerta, techo y ventanas	
Tubería de ventilación	1	2.5 m de longitud de 150 mm de diámetro		
Puerta	1	2 m x 80 cm	Caseta	

**ANEXO II**  
GUÍA DE DISEÑO DE LA LETRINA DE POZO SÉPTICO

# Pozo Séptico

# DISEÑO



## GÚIA DE DISEÑO

- 1 INTRODUCCIÓN ALPOZO SÉPTICO
- 2 ¿DÓNDE CONSTRUIR EL POZO?
- 3 CONSTRUCCIÓN Y DIMENSIONES
- 4 MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA
- 5 INSPECCIÓN DE LOS LODOS
- 6 INSPECCIÓN DE LAS GRASAS
- 7 EVACUACIÓN DE LODOS
- 8 PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO
- 9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
- 10 MATERIALES

Contenido

# ¿CÓMO USAR LA PRESENTE GUÍA?

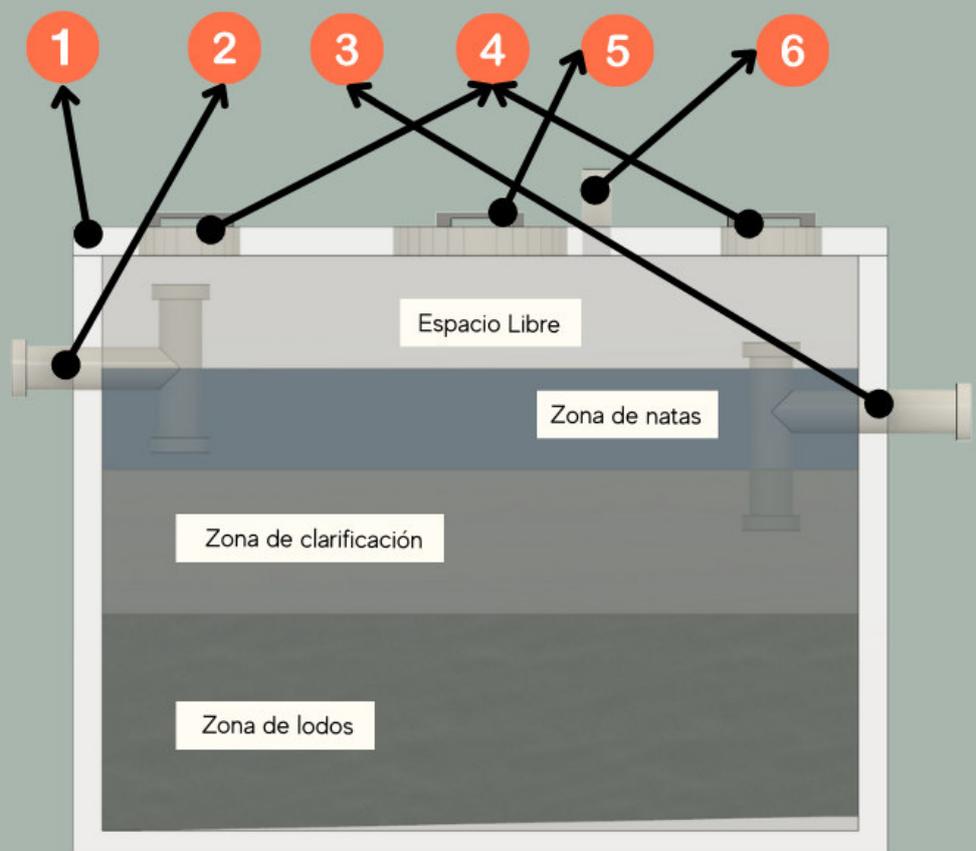
La presente guía de diseño es una herramienta para brindar al lector una visión detallada de lo que es un pozo séptico, pasos en la construcción y materiales necesarios para hacerlo, su mantenimiento y la periodicidad con la que este debe ser realizado.

Se debe tener en cuenta que el proceso de construcción y materiales usados no son irremplazables, es decir, puede optarse por usar materiales del sector para disminuir en costos, siempre y cuando esto no comprometa la seguridad del usuario y del trabajador.

La guía se encuentra estructurada en 10 secciones:

- 1. Introducción al pozo séptico:** Donde se explica lo que es esta tecnología de saneamiento y las partes que la componen.
- 2. Dónde construir el pozo séptico:** La distancia mínima a la que debe encontrarse el pozo séptico de puntos estratégicos de la propiedad.
- 3. Construcción y dimensiones:** Paso a paso de la construcción y las dimensiones de las partes que componen el pozo séptico.
- 4. Mantenimiento y limpieza:** Tips para asegurar la vida útil del pozo séptico.
- 5. Inspección de los lodos:** Altura de los lodos.
- 6. Inspección de las grasas:** Atura de las grasas.
- 7. Evacuación de lodos:** Opciones de evacuación de excretas y cuándo hacerlo.
- 8. Periodicidad de mantenimiento:** Tiempo necesario con el que se debe realizar las labores de mantenimiento
- 9. Referencias bibliográficas**
- 10. Materiales:** Cantidades y dimensiones de los materiales.





## ¿QUÉ ES?

Un **pozo séptico** es un **tanque subterráneo hermético** fabricado con de hormigón que recibe las aguas grises del hogar, a través de una tubería que se encuentra conectada al retrete. Los **sólidos pesados** se asientan en el fondo del contenedor formando **lodos**, mientras que, las **grasas, aceites** y las **partículas más livianas** se mantienen en el nivel superficial del agua, flotando

## PARTES DEL POZO SÉPTICO

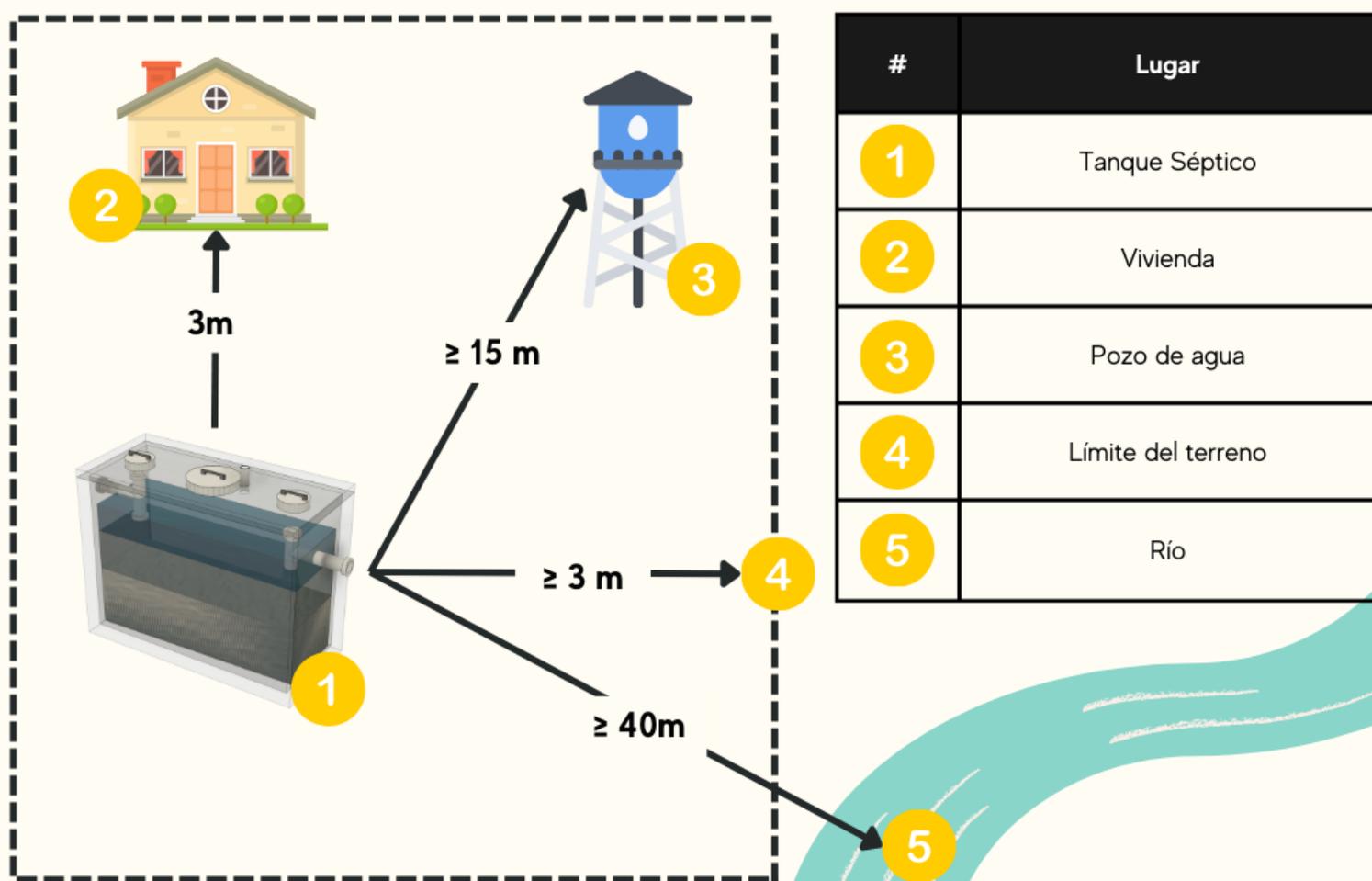
Este tanque cuenta con **una (1)** cámara que recepta las aguas negras, por medio de una **tubería de entrada (2)**. El agua libre de lodos saldrá a través de la **tubería de salida (3)**. Ambas tuberías tienen forma de T, esto para impedir que las aguas grises regresen nuevamente al domicilio, o que los lodos y la espuma evacuen directamente hacia sistemas que reciben sus efluentes para un tratamiento secundario. En la parte superior del tanque se coloca un techo, que cuenta con dos **tapas removibles (4)** de forma circular por donde se podrá dar limpieza a las tuberías del tanque. Además, en la mitad de estas losas, se coloca una **tapa de inspección (5)**, la misma que será usada para evacuar los lodos. Finalmente para que los gases que se forman en el tanque puedan evacuar, se dispone en la parte central del techo una **tubería de ventilación (6)** con su respectiva malla mosquitera.

## 2 ¿DÓNDE CONSTRUIR EL POZO SÉPTICO?

Es importante colocar el pozo séptico a una distancia segura de la **vivienda**, **pozo de agua**, **límite del terreno** y fuentes superficiales de agua como **ríos**. Esto con la finalidad de evitar que se propagen **enfermedades infecciosas** como la poliomielitis, hepatitis, cólera, tifoidea, criptosporidiosis, ascariasis y esquistosomiasis.

A su vez la selección de un lugar seguro para la construcción, evitará daños ambientales como la **eutrofización**, que es el incremento en la concentración de nutrientes, especialmente de nitrógeno (N) y fósforo (P), en los cuerpos de agua o la modificación de las propiedades del suelo como cambios en el contenido de humus y porosidad, desbalance en el microbiota del suelo, incremento del pH y aumento de la salinidad.

Por lo anteriormente mencionado se tiene que construir el tanque siguiendo las distancias detalladas en la **Figura A**.



**Figura A.** Distancia desde el pozo séptico a diferentes puntos del terreno y del medio

# 3 CONSTRUCCIÓN Y DIMENSIONES

## MATERIALES



Grava



Arena



Palas



Tubería en T

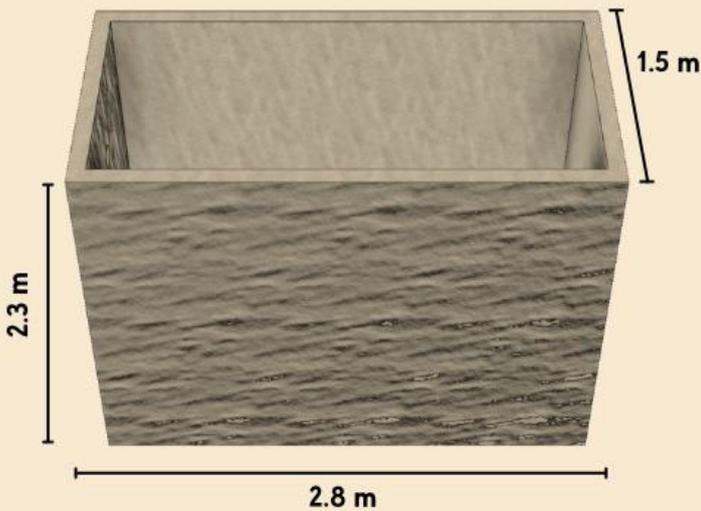


Figura 1. Hoyo excavado

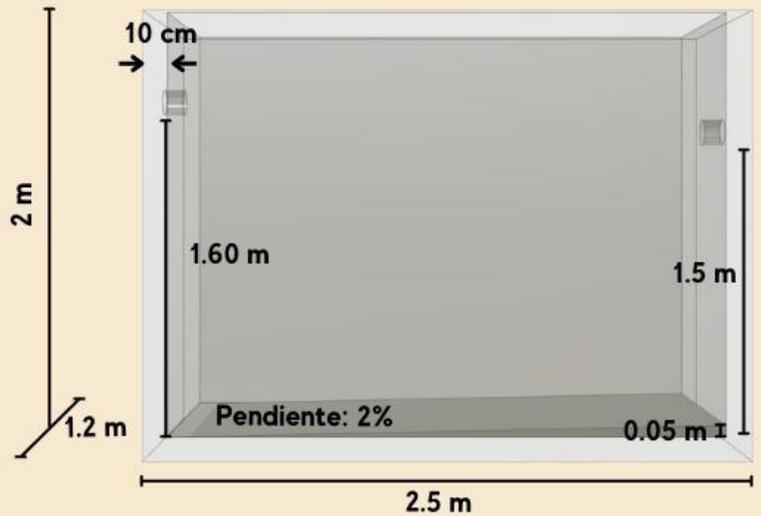


Figura 2. Pozo Séptico

1. Excavar en el suelo un **hoyo** de **2.3 m** de **profundidad** y **2.8 m x 1.5 m** de ancho y largo, respectivamente tal como se expone en la Figura 1, con ayuda de palas. Colocar una escalera en el interior del hoyo para que la persona que está realizando este trabajo pueda salir de él.
2. Añadir una **capa de grava** de **75 mm de grosor** en el fondo del hoyo
3. Construir un tanque de \*concreto, con dimensiones **2m x 1m x 2m** de **largo, ancho y profundidad**, respectivamente, cuyas paredes posean un **grosor** de **10 cm**, tal como se muestra en la **Figura 2**.
4. Dejar aberturas circulares de diámetro 16 cm en los laterales del tanque, tal como se muestra en la **Figura 2**.
5. Insertar las tuberías de entrada y salida de 15 cm de diámetro a través de los orificios anteriormente perforados en el tanque, tal como se muestra en la **Figura 3**. Ayudarse de concreto para cubrir el espacio entre el orificio y la tubería.
6. Rellenar con grava los espacios laterales entre el suelo y tanque.

\***Concreto:** La mezcla usando una parte de cemento por dos partes de arena por tres partes de grava y suficiente agua para hacer una mezcla bastante espesa

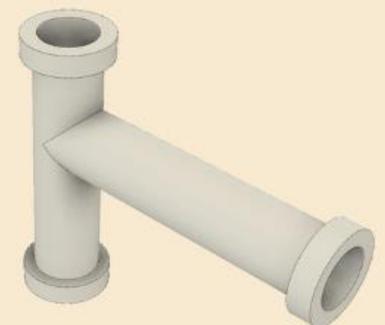
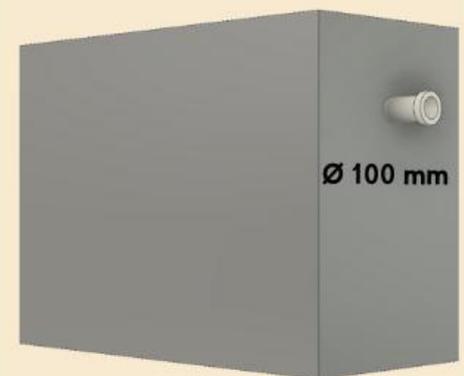


Figura 3. Tubos de entrada y salida

### 3 CONSTRUCCIÓN Y DIMENSIONES

## MATERIALES



Hormigón



Tubo de PVC



Manija



Malla Mosquitera



Figura 4. Techo del Pozo Séptico

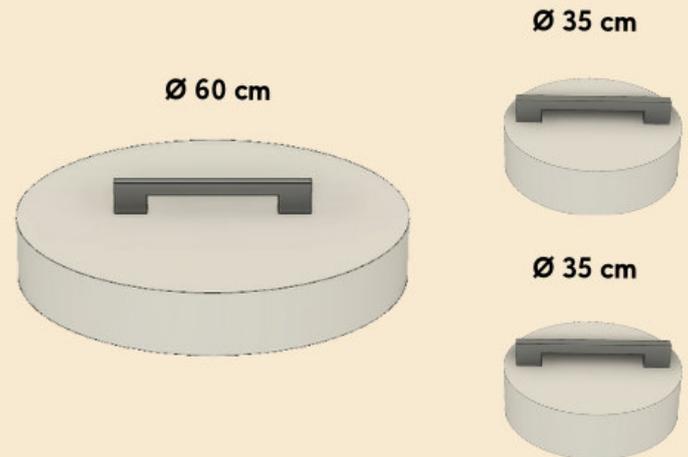


Figura 5. Dimensiones de las tapas

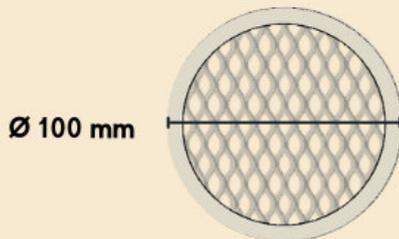


Figura 6. Malla mosquitera

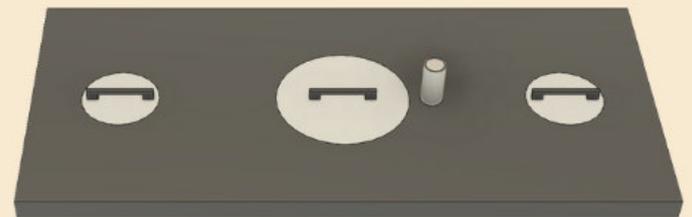


Figura 7. Tapas y tubería sobre el techo del Pozo Séptico

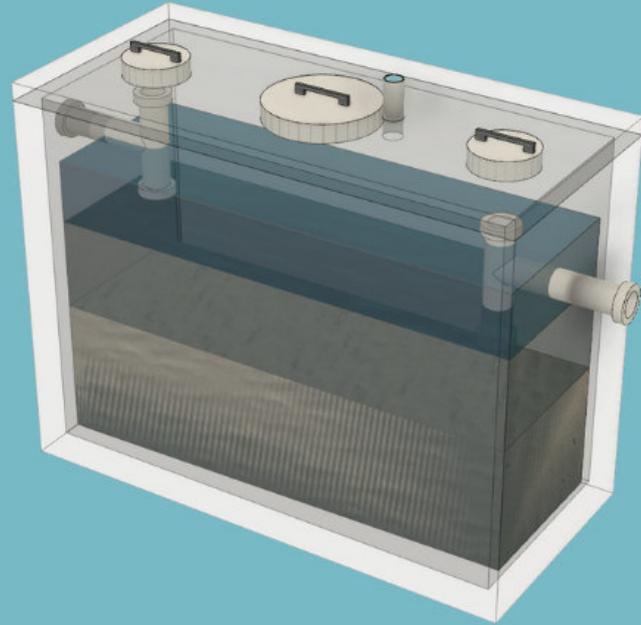
1. Colocar en la parte superior del tanque, un techo de concreto de 10 cm de grosor, con largo y ancho igual a las del tanque, tal como se ve en la **Figura 4**.
2. Realizar cuatro agujeros en el techo, dos en los lados laterales de 35 cm de diámetro, uno en la mitad de 60 cm de diámetro, y junto a este último realizar un pequeño agujero de 10 cm (tubería de ventilación), tomar de referencia la **Figura 4**.
3. Fabricar tapas de concreto con las siguientes dimensiones: 2 de 35 cm de diámetro (losas removibles) y una de 60 cm de diámetro (losa de inspección), tal como se muestra en la **Figura 5**. Cada una de las tapas deberá tener una manija para facilitar la manipulación de las mismas. Colocarlas sobre el techo como se muestra en la **Figura 7**.
4. Ubicar una malla mosquitera en la parte superior del tubo de ventilación, de 100 mm de diámetro y 20 cm de longitud, tal como se muestra en la **Figura 6**. Posicionarlo en el agujero del techo que tiene el mismo diámetro, tal como se muestra en la **Figura 7**.

## TAPAS Y TUBO DE VENTILACIÓN



**Tanque**

- Para labores de limpieza, es importante utilizar cantidades rigurosas de jabón, ya que el vertimiento de detergente u otros productos de limpieza en grandes proporciones, puede alterar los procesos químicos-biológicos que se llevan dentro del tanque
- El desecho de materiales no biodegradables como plásticos, toallas sanitarias y pañales es perjudicial para la vida útil y mantenimiento del tanque.
- Agregar un poco de lodo a un tanque nuevo asegurará la presencia de microorganismos y mejorará la digestión anaeróbica de las excretas.
- No se recomiendan usar aditivos. Los aditivos son innecesarios para el correcto funcionamiento y pueden hacer que el lodo y la grasa del tanque séptico se descarguen hacia el suelo, lo que provocaría una falla prematura. Algunos aditivos en realidad pueden contaminar las aguas subterráneas.
- Mantener siempre las tapas en su lugar, para evitar que animales o personas caigan en el interior del tanque.

**Tubo de ventilación**

- Las telarañas, las moscas muertas y los huevos de araña deben ser desalojados del tubo de ventilación, para asegurar el correcto flujo de aire.
- Inspeccionar que el tubo de ventilación no se encuentre corroído o dañado, caso contrario se lo deberá reparar o reemplazar de ser necesario.
- Inspeccionar que la malla mosquitera no se encuentre corroída o dañada, caso contrario se lo deberá reparar o reemplazar de ser necesario

**Inodoro**

- Se debe verter un balde de agua diariamente por el inodoro al tanque séptico, para mantener el sello de agua y para limpiar la grasa que podría acumularse en la tubería, caso contrario podrían criarse moscas.



## MATERIALES



Palas



Tela



Poste



Cuerda



Cinta métrica

Suelo apilado lejos del tanque abierto

Poste de medición de lodos bajado a través de la tubería de salida

Losa de inspección removida

Grasa

La marca negra en la tela muestra la profundidad del lodo

Lodos

Profundidad del líquido

Figura 7. Poste de inspección de nivel de lodos

Poste

Paño de color claro atado al poste

2.5m

1m

Figura 8. Poste de inspección de nivel de lodos

Para determinar si se deben evacuar los lodos del tanque, una vez cada año se deberá abrir la tapa removible que se encuentra sobre la tubería de salida y se deberán seguir los pasos detallados a continuación:

1. Envuelva una tela de color claro alrededor de un extremo de un poste de 2,5 m y asegúrelo con una cuerda o cordel. Guiarse en la **Figura 8**.
2. Baje el poste por la tubería de salida hasta el fondo del tanque, como se muestra en la **Figura 7**.
3. Después de unos minutos, retire lentamente y con cuidado el poste. La profundidad del lodo se puede distinguir del efluente por las partículas oscuras que se adhieren a la tela, como se muestra en la **Figura 7**.
4. Con una **cinta métrica**, mida la profundidad del lodo en el poste.
5. Si la profundidad del lodo es igual o superior a **90 cm**, es necesario evacuar los lodos del tanque. Si la profundidad del lodo es inferior a un tercio de la profundidad del líquido, continúe y **mida la profundidad de la grasa**.

# INSPECCIÓN DE GRASAS

## MATERIALES



Palas



Tela



Poste



Cuerda



Cinta métrica

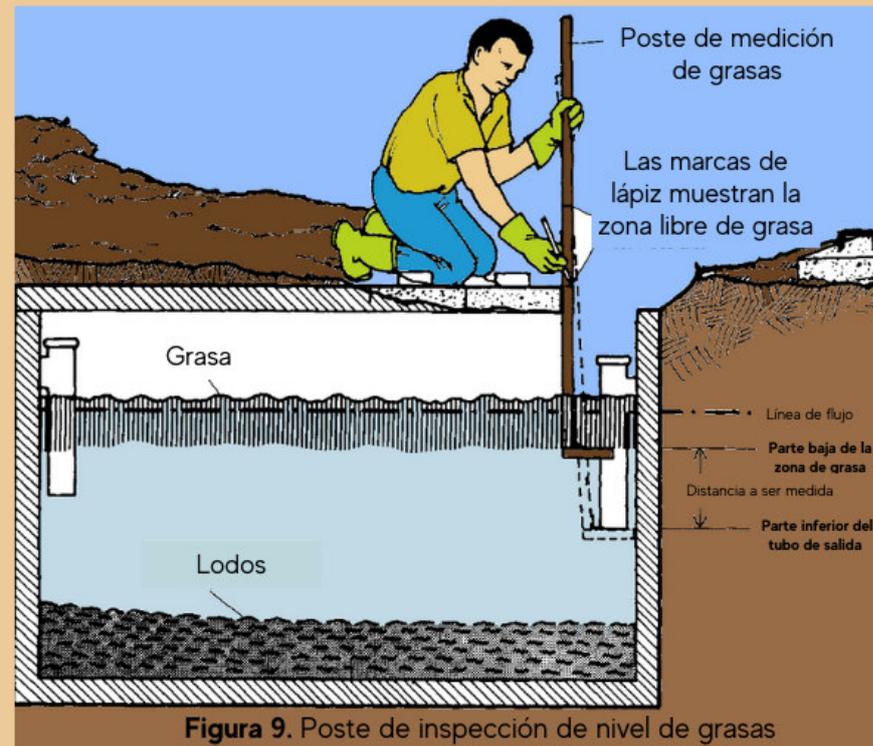


Figura 9. Poste de inspección de nivel de grasas

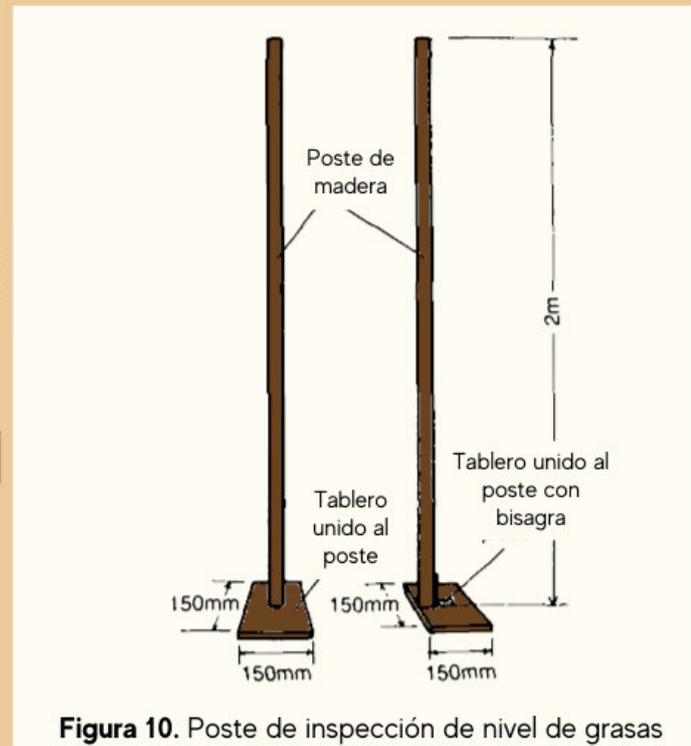


Figura 10. Poste de inspección de nivel de grasas

1. Unir una tabla cuadrada de 150 mm a un poste de 2 m con clavos o una bisagra. La bisagra hace que sea mucho más fácil empujar la tabla y el poste hacia abajo a través de la grasa, como se muestra en la **Figura 10**.
2. Empuje la tabla y el poste hacia abajo a través de la zona de grasas.
3. Levante el poste lentamente como se muestra en la **Figura 9**, hasta que pueda sentir la parte baja de la zona de grasas. Esto se puede saber ya que se empezará a sentir una cierta resistencia a que el poste se eleve.
4. Con ayuda de un lápiz, realice una marca en el poste para mostrar la profundidad de la zona de grasas, tal como se puede visualizar en la **Figura 9**.
5. Utilizando el mismo procedimiento, del paso 3, ubique la tabla en la parte inferior del tubo de salida y marque con ayuda de un lápiz el poste.
6. Medir la distancia entre las dos marcas con la cinta métrica. Si es de 100 mm o menos, el tanque debe ser limpiado. Si la distancia es superior a 100 mm, no es necesario limpiar el depósito en este momento.

# EVACUACIÓN DE EXCRETAS

Tiempo de vida  
20 años - 40 años



Tiempo en que las excretas llenan el hoyo haciéndolo inoperable

Cuando durante el proceso de inspección de lodos o grasas se determine que hay que realizar una evacuación del contenido del tanque, este deberá ser removido usando un tanque de evacuación de lodos o haciéndolo de \*manera manual.



Figura 11. Camión de vaciado



Figura 12. Remoción manual

## Tanque de vaciado de lodos

1. Abrir la tapa de inspección de lodos
2. Ingresar el tubo de evacuación de excretas conectado al tanque de evacuación, a través del agujero dejado tras la sustracción del inodoro.
3. Una vez culminado el trabajo, volver a colocar la tapa en su lugar



\*El **vaciado manual** es poco recomendado ya que el usuario no solo tendrá que ponerse en contacto con el material dentro del tanque, sino que deberá posteriormente, gestionar en qué lugar disponer del material extraído, lo que **representa un gran peligro para la salud del ser humano y del medio ambiente.**



A pesar de que el tanque ha sido diseñado para tener una frecuencia de mantenimiento y limpieza cada 5 años, se recomienda **realizar la inspección de lodos y de grasas cada año** para corroborar que el contenido del tanque necesita o no ser evacuado.



La **contratación de un tanquero** o servicio que evacue el contenido del tanque resulta ser **costoso**, por lo cual se recomienda que entre los vecinos de la zona que cuentan con esta tecnología de saneamiento, se organicen para que puedan contratar un mismo servicio y de esa manera buscar la posibilidad de tener un descuento.

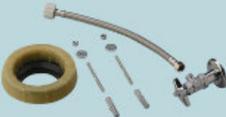
## PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

Actividades	Dificultad de mantenimiento	Tiempo que toma realizar la actividad	Equipo y materiales para realizar la actividad
Reparación de tuberías	Contratación de plomero	± 1 día cada 5 años	Tuberías y juntas
Reparación de fisuras en el tanque	Contratación de maestro albañil	± 1 día cada 2 años	Mortero y resina epoxi
Evacuación de lodos	Contratación de tanquero	¼ día cada 5 años	Tanque de vaciado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Harvey, P. (2007). Excreta Disposal in Emergencies A Field Manual An Inter-Agency Publication. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/HARVEY%202007%20Excreta%20Disposal%20in%20Emergencies%20%20A%20Field%20Manual.pdf)
- IRC Wash. (1982). Water for the World Overview of Sanitation. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/301-7289.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000. [https://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=16483](https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483)
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013). Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos. [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/IS.020.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.020.pdf)
- OPS, CEPIS, & UNATSABAR. (2005). Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005.%20Gu%C3%ADa%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20tanques%20s%C3%A9pticos.pdf)
- WEDC. (2011). Septic tank and aqua privy design. <https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/resources/booklets/G030-Septic-tank-and-aqua-privy-design-online.pdf>



TANQUE				
Material	Cantidad	Dimensiones	Lugar donde se lo coloca	Descripción gráfica
Malla mosquitera de fibra de vidrio	1 m	1,50 x 1 m	Tubo de ventilación	
Tubería de ventilación de PVC	1 tubería	3 m x 110 mm	Sobre la tapa del pozo séptico	
Tees de PVC	2	110 mm	Entrada del pozo séptico	
Acero en barras corrugas	24 varillas	8 mm de diámetro y 1.5 de longitud	Losa	
Cemento	2 bultos	0.58 m <sup>3</sup>	Losa	
Arena	-	0.16 m <sup>3</sup>	Losa	
Grava	-	0.2 m <sup>3</sup>	Losa	
Kit de instalación WC	1 kit	-	Baño en el interior del hogar	
Inodoro WC dual blanco	1 baño	-	Baño en el interior del hogar	

**ANEXO III**  
DIMENSIONAMIENTO DE LA LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO QUE  
SE CONSTRUIRÁ EN SAN RAFAEL

- **DETERMINACIÓN DEL ÁREA DEL HOYO ( $A_{hoyo}$ )**

Se recomienda que las dimensiones del hoyo se encuentren en los rangos que se presentan a continuación:

**Tabla 67.**

*Rango de dimensiones adecuadas para el hoyo.*

Dimensiones del hoyo	Dimensiones (m)
Ancho ( $a_{hoyo}$ )	1.0 – 1.2
Largo ( $b_{hoyo}$ )	1.1 – 2

De acuerdo con los rangos de ancho y largo recomendados para el hoyo (**Tabla 67**), se ha establecido estas dimensiones en la **Tabla 68**.

**Tabla 68.**

*Ancho y alto del hoyo de la letrina*

Ancho ( $a_{hoyo}$ ) [m]	Largo ( $b_{hoyo}$ ) [m]
1.2	1.2

$$A_{hoyo} = a_{hoyo} \times b_{hoyo}$$

$$A_{hoyo} = 1.2 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$$

$$A_{hoyo} = 1.44 \text{ m}^2$$

- **DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HOYO ( $V_{hoyo}$ )**

Los datos proporcionados a continuación servirán de base para el dimensionamiento del volumen del hoyo.

**Tabla 69.**

*Datos de San Rafael*

¿Ingresa agua en la letrina?	Tipo de material usado para la limpieza anal	Tiempo de vida del pozo (TV)	Población contribuyente al sistema (N)
Sin entrada de agua en la letrina	Material de limpieza anal biodegradable (papel, hojas, mazorcas de maíz)	20	5

A partir de los datos (**Tabla 69**), se determinó en función de la información de la **Tabla 6** que la tasa de acumulación de excretas ( $t_a$ ) es igual a 60 y sin entrada de agua en la letrina.

$$V_{hoyo} = \frac{TV \times N \times t_a}{1000} + (0.5 \times A_{hoyo})$$

$$V_{hoyo} = \frac{20 \text{ años} \times 5 \text{ hab} \times 60 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}}{1000} + (0.5 \times 1.44 \text{ m}^2)$$

$$V_{\text{hoyo}} = 6.72 \text{ m}^3 \approx 7 \text{ m}^3$$

- **DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL HOYO ( $H_{\text{hoyo}}$ )**

Se recomienda que las dimensiones del hoyo se encuentren en los rangos que se presentan a continuación:

**Tabla 70.**

*Rango de dimensiones adecuadas para el hoyo*

Consideraciones	Dimensiones (m)
Profundidad ( $H_{\text{hoyo}}$ )	Al menos 1.5 sobre el manto freático

Se deberá calcular la profundidad del hoyo, de acuerdo con las medidas seleccionadas para el ancho y largo del mismo.

$$H_{\text{hoyo}} = \frac{V_{\text{hoyo}}}{A_{\text{hoyo}}}$$

**Ecuación 14. Profundidad del hoyo**

donde;

$$H_{\text{hoyo}} = \text{volúmen del hoyo [m}^3\text{]}$$

$$V_{\text{hoyo}} = \text{volúmen del hoyo [m}^3\text{]}$$

**Tabla 71.**

*Consideraciones importantes que tomar en cuenta de acuerdo con la dimensión de la profundidad del hoyo a excavar.*

Profundidad	Dimensiones (m)
Si $H_{\text{hoyo}} = 2.5 \text{ m} - 3.5 \text{ m}$	$a_{\text{hoyo}} + 0.15$ $b_{\text{hoyo}} + 0.15$
> 3.5	No se recomienda cavar manualmente, debido a la posibilidad de derrumbe.

$$H_{\text{hoyo}} = \frac{V_{\text{hoyo}}}{A_{\text{hoyo}}}$$

$$H_{\text{hoyo}} = \frac{6.72 \text{ m}^3}{1.44 \text{ m}^2}$$

$$H_{\text{hoyo}} = 4.7 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

- **TRASLADO DE LA TECNOLOGÍA HACIA UN NUEVO HOYO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LAS EXCRETAS**

El revestimiento de las paredes del hoyo será de 50 cm, valor que se encuentra dentro del rango recomendado de revestimiento de 0.50 m – 1 m.

$$H_{\text{excretas}} = H_{\text{hoyo}} - H_{\text{revest}}$$

$$H_{excretas} = 5 \text{ m} - 0.5 \text{ m}$$

$$H_{excretas} = 4.5 \text{ m}$$

- **DIMENSIONES DE LA LOSA**

La losa debe ser al menos 0.1 m más ancho y larga que el hoyo y el grosor ser 80 mm a 100 mm.

**Tabla 72.**

*Dimensiones de la losa*

Ancho de la losa [m]	Largo de la losa [m]	Grosor de la losa [mm]
1.5	1.5	80

- **DETERMINACIÓN DEL ÁREA ( $A_{caseta}$ ) y ALTURA DE LA CASETA ( $H_{caseta}$ )**

Para la construcción de la caseta se recomienda tomar en cuenta las consideraciones (IRC Wash, 1982) expuestas en la **Tabla 73**.

**Tabla 73.**

*Rango de dimensiones adecuadas para la caseta.*

Dimensiones de la caseta	Dimensiones
Área ( $A_{caseta}$ ) (m <sup>2</sup> )	1.0 – 2.3
Alto ( $H_{caseta}$ ) (m)	1.8 – 2.1

De acuerdo con los rangos de área y altura de la caseta recomendados (**Tabla 73**), se ha establecido estas dimensiones en la **Tabla 74**.

**Tabla 74.**

*Rango de dimensiones adecuadas para la caseta.*

Área ( $A_{caseta}$ ) (m <sup>2</sup> )	Alto ( $H_{caseta}$ ) (m)
1.7	2.1

Para obtener un área de 1.7 m<sup>2</sup>, se trabajará con un ancho ( $a_{caseta}$ ) de 1.4 m y largo ( $b_{caseta}$ ) de 1.2 m.

- **DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL TECHO ( $a_{techo}$ ) ( $b_{techo}$ )**

$$a_{techo} = a_{caseta} + 0.6$$

$$a_{techo} = 1.4 \text{ m} + 0.6$$

$$a_{techo} = 2 \text{ m}$$

$$b_{techo} = b_{caseta} + 0.6$$

$$b_{techo} = 1.2 + 0.6$$

$$b_{techo} = 1.8 \text{ m}$$

- **DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE VENTILACIÓN**

**Tabla 75.** *Altura mínima a la cual debe encontrarse la parte más alta del tubo con respecto al punto más alto en el techo.*

Consideración	Distancia (m)
Altura del tubo por encima del punto más alto del techo	≥ 0.5

Recuperado de (IRC Wash, 1982)

**Tabla 76.**

*Diámetro de la tubería de ventilación en función del material a utilizarse y el clima del sector.*

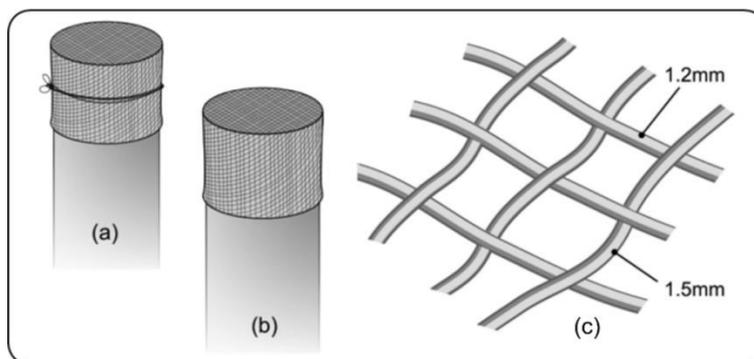
Tipo de Material	Diámetro (mm)	
	Caliente (>17°C)	Frío (<17°C)
PVC o similar	100	200
Mampostería	150	250

Recuperado de (IRC Wash, 1982)

Ya que el clima de San Rafael oscila entre, y ya que se quiere el material de la tubería es de PVC de acuerdo con la **Tabla 76** el diámetro debería ser de 200 mm.

- **MALLA MOSQUITERA**

- La malla mosquitera será colocada sobre el tubo de ventilación y en las ventanas de la caseta.
- La malla podrá ajustarse al tubo usando alambre galvanizado (**Figura 21a**), con la ayuda de una cuerda de nylon a modo de collar o bien con pegamento (**Figura 21b**).



**Figura 21.** Colocación de la red mosquitera sobre el tubo de ventilación y representación gráfica de la malla mosquitera.  
Recuperado y adaptado (WEDC, 2014b)

- El tamaño de las aberturas debe ser lo suficientemente amplias para permitir el flujo de aire, pero pequeño para impedir que las moscas entren o salga del hoyo.
- En caso de elegir otro tipo de material diferente al expuesto en la **Tabla 77**, se corre el riesgo de que esta sufra de corrosión o puedan ser atacadas por pájaros o animales pequeños

**Tabla 77.**

*Tiempo de duración de la malla mosquitera en función del tipo de material del cual esté hecha.*

<b>Material</b>	<b>Tiempo de duración</b>
Aluminio	Indefinido si se las conserva
Acero inoxidable	Indefinido pero costosas
Malla de fibra de vidrio recubiertas de PVC	5 años
Metal	Se corroen en menos de un año

Recuperado de (IRC Wash, 1982)

- e) Con la finalidad de asegurar que la malla se encuentra en buenas condiciones, es necesario inspeccionarla cada seis meses, y de ser posible entre periodos más cortos de tiempo.
- f) Si se eligen tuberías de PVC, es necesario pulir sus filos, para evitar que estos corten o dañen la malla.
- g) En caso de el material usado para la tubería sea ladrillo o bloque, una opción es colocar la malla entre los ladrillos.

Para impedir la entrada de moscas a la letrina y a su vez permitir el flujo libre de aire, a continuación, en la **Tabla 78**, se adjunta el área recomendada que deberían tener los orificios de la malla:

**Tabla 78.**

*Área recomendada de los agujeros de la malla mosquitera*

<b>Condición</b>	<b>Área</b>
Impide el flujo de aire	< 1.5 mm × 1.2 mm
Recomendada	1.5 mm × 1.2 mm
Permite la entrada de moscas	> 1.5 mm × 1.2 mm

Con la finalidad de obtener de manera más rápida todos los cálculos explicados anteriormente, estos fueron automatizados en un documento Excel. En el siguiente link se podrá descargar la plantilla: [Letrina de Hoyo Seco Hoja de Cálculo](#)

## LETRINA DE HOYO SECO VENTILADO

¿Ingresa agua en la letrina?	Sin entrada de agua en la letrina	
Tipo de material usado para la limpieza anal	Material de limpieza anal biodegradable (papel, hojas, mazorcas de maíz)	
Tasa de acumulación de excretas (ta)	60	L/hab.día
Tiempo de vida del pozo (TV)	20	años
Población contribuyente al sistema (N)	5	hab
Clima de la región (°C)	Frío (< 17°C)	

	Seleccionar valor
	Ingresar valor
	No ingresar valor

### DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Dimensiones del hoyo (m)	
Ancho del pozo (ahoyo)	1,0 - 1,2
Largo del pozo (bhoyo)	1,1 - 2

Revestimiento del hoyo (m)	
Ancho del pozo (ahoyo)	0,5 - 1

Uso de agua	Tasa de acumulación de excretas (ta)	
	Material de limpieza anal biodegradable (papel, hojas, etc.)	Material de limpieza anal no biodegradable (plástico, rocas, etc.)
Agua usada para la limpieza anal	40	60
Sin entrada de agua en la letrina	60	90

Intervalos de limpieza (años)	Diámetro (mm)	
	Caliente (> 17°C)	Frío (< 17°C)
PVC o similar	100	200
Mampostería	150	250

#### Notas de importancia

- Una manera de constatar la estabilidad del suelo donde se va a construir la letrina es comparándolo con la estabilidad de las construcciones realizadas en el sector, si estas a pesar de los años continúan alineadas, entonces es probable que no se requiera de un revestimiento completo del hoyo.
- Si se tiene pensado vaciar el contenido del hoyo, este deberá ser revestido por completo para evitar que el hoyo colapse cuando se evacue su contenido.
- En caso de que se use ladrillo o bloque, el revestimiento poroso se puede hacer dejando algunas de las juntas verticales sin mortero o dejando agujeros en revestimientos continuos de hormigón o arcilla
- Para corroborar la efectividad del sistema de ventilación, se debe encender un cigarrillo y colocarlo sobre el hoyo de excretas. El humo deberá ser arrastrado hacia el hoyo y deberá salir por el tubo, asegurando que este no se quede atrapado dentro de la superestructura.
- La efectividad de la ventilación es mayor en zonas ventosas, de no ser así, se recomienda pintarlo de negro.
- Cuanto más alta sea la tubería, es menos probable que edificios u otras obstrucciones causen turbulencias en el aire reduciendo o incluso invirtiendo la corriente ascendente en la tubería.
- Es preferible que la ventilación se ubique en el lado que mira hacia el ecuador, ya que es el lado que recibe la mayor cantidad de luz solar.

#### Referencias Bibliográficas

- Guía de Opciones Tecnológicas para Sistemas de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano y Saneamiento en el Ámbito Rural. Perú. Resolución Ministerial N° 173-2016-Vivienda (Perú)
- Guías de Diseño para Letrinillas de Procesos Secos (OPS).

1. Cálculo de las dimensiones del hoyo (Vhoyo)		
Ancho del hoyo (ahoyo)	1,2	m
Largo del hoyo (bhoyo)	1,2	m

2. Cálculo del área superficial del hoyo (Ahoyo)		
$A_{hoyo} = a_{hoyo} \times b_{hoyo}$	1,44	m <sup>2</sup>

3. Volumen del hoyo (Vhoyo)		
$V_{hoyo} = \frac{TV \times N \times t_a}{1000} + (0,5 \times A_{hoyo})$	6,72	m <sup>3</sup>

4. Profundidad del hoyo (Hhoyo)		
$H_{hoyo} = \frac{V_{hoyo}}{A_{hoyo}}$	4,7	m

5. Perímetro del hoyo (Phoyo)		
$P_{hoyo} = (2 \times a_{hoyo}) + (2 \times b_{hoyo})$	4,8	m

6. Revestimiento del hoyo		
Longitud del revestimiento del hoyo (ahoyo)	0,5	m

8. Dimensiones de la losa			
Ancho (alosa) y largo de la losa (blosa)	1,5	1,5	m
Grosor de la losa		80	mm

9. Consideraciones de la caseta		
Área de la caseta (Acaseta)	1,7	m <sup>2</sup>
Alto de la caseta (Hcaseta)	2,1	m
Ancho (acaseta)	1,4	m
Largo de la caseta (bcaseta)	1,2	m
Ancho del techo (atecho)	2,0	m
Largo del techo (btecho)	1,8	m

10. Consideraciones para el inodoro		
Longitud del agujero de asentamiento	252	mm
Altura del pedestal con respecto a la losa	280	mm

11. Diámetro del tubo de ventilación			
Material	PVC o similar	200	mm

**ANEXO IV**  
DIMENSIONAMIENTO PARA EL POZO SÉPTICO QUE SE CONSTRUIRÁ EN  
SAN RAFAEL

- **INFORMACIÓN DEL LUGAR**

Los datos proporcionados a continuación servirán de base para el dimensionamiento del pozo séptico.

**Tabla 79.**

*Datos de San Rafael*

Tipo de Predio/Tipo de ocupantes	Población contribuyente al sistema (N) [hab]	Intervalo entre limpiezas del tanque ( $F_m$ ) [años]	Temperatura Ambiente Promedio [°C]
Clase Baja	5	5	10 < T ≤ 20

- **CONTRIBUCIÓN PER CÁPITA DE AGUAS RESIDUALES Y LODO FRESCO**

En San Rafael el pozo séptico se instalará en residencias cuya población tiene una situación socioeconómica baja (**Tabla 8**). A partir de lo expuesto en la **Tabla 79**, la contribución por habitante de aguas residuales (C) y lodo fresco se expone en la **Tabla 80**.

**Tabla 80.**

*Contribución per cápita de Aguas Residuales y de lodo fresco*

Contribución per cápita de Aguas Residuales (C) [L/hab · día]	Contribución per cápita de lodo fresco (Lf) [L/hab · día]
100	1

- **ESTIMACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN DIARIA DE AGUAS RESIDUALES (Q)**

$$Q = N \times C$$

$$Q = 5 \text{ hab} \times 100 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}$$

$$Q = 5 \text{ hab} \times 100 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}$$

$$Q = 500 \frac{L}{\text{día}}$$

- **TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRÁULICO (T)**

El valor de contribución per cápita de lodo fresco, deberá colocarse dentro del rango correspondiente (**Tabla 10**), para determinar el tiempo de retención.

**Tabla 81.**

*Tiempo de retención en función de la contribución per cápita de lodo fresco*

Tiempo de retención (t)	
días	horas
1	24

## 16. DETERMINACIÓN DE LA TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS EN EL TANQUE ( $k$ )

Ya que se desea que el intervalo de limpieza del pozo sea cada 5 años y se sabe que el clima en San Rafael oscila en promedio entre los  $10 \leq t \leq 20$ , a partir de estos valores de acuerdo a lo expuesto en la **Tabla 11**, se realizará la determinación de  $K$ .

**Tabla 82.**

*Valor de  $K$*

Valor de $K$ (día)
225

## 17. VOLUMEN ÚTIL DEL TANQUE ( $V_u$ )

$$V_u = 1000 + (N \times [(C \times t) + (k \times L_f)])$$

$$V_u = 1000 + (5 \text{ hab} \times \left[ \left( 100 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}} \times 1 \text{ día} \right) + \left( 225 \text{ día} \times 1 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}} \right) \right])$$

$$V_u = 2.63 \text{ m}^3 \approx 3 \text{ m}^3$$

## 18. PROFUNDIDAD ÚTIL ( $h$ )

A partir del volumen util determinado anteriormente, se debe observar dentro de qué rango de la **Tabla 83** cae, para saber la profundidad útil mínima y máxima del tanque.

**Tabla 83.**

*Profundidad útil mínima y máxima del tanque*

Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
1,2	2,2

## 19. ÁREA SUPERFICIAL DEL TANQUE ( $A_t$ )

Se elige una profundidad útil que se encuentre dentro de los rangos de la **Tabla 83**, en este caso se trabajará con 1,5 m

$$A_t = \frac{V_u}{h}$$

$$A_t = \frac{3 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m}}$$

$$A_t = 2 \text{ m}^2$$

## 20. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE ESPUMAS SUMERGIDAS ( $H_e$ )

$$H_e = \frac{0.7}{A_t}$$

$$H_e = \frac{0.7}{2 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{H_e = 0.35 \text{ m}}$$

#### 21. PROFUNDIDAD LIBRE DE LODOS ( $H_o$ )

$$H_o = 0.82 - (0.26 \times A_t)$$

$$H_o = 0.82 - (0.26 \times 2 \text{ m}^2)$$

$$\boxed{H_o = 0.3 \text{ m}}$$

#### 22. VOLUMEN DE DIGESTIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LODOS ( $V_d$ )

$$V_d = 70 \times 10^{-3} \times N \times F_m$$

$$V_d = 70 \times 10^{-3} \times 5 \text{ hab} \times 5 \text{ años}$$

$$\boxed{V_d = 1.75 \text{ m}^3}$$

#### 23. PROFUNDIDAD DE DIGESTIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LODOS ( $H_d$ )

$$H_d = \frac{V_d}{A_t}$$

$$H_d = \frac{1.75 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{H_d = 0.9 \text{ m}}$$

#### 24. VOLUMEN REQUERIDO PARA LA SEDIMENTACIÓN ( $V_s$ )

$$V_s = 10^{-3} \times N \times C \times t$$

$$V_s = 10^{-3} \times 5 \text{ hab} \times 100 \frac{\text{L}}{\text{hab} \cdot \text{día}} \times 1 \text{ día}$$

$$\boxed{V_s = 0.5 \text{ m}^3}$$

#### 25. PROFUNDIDAD MÍNIMA REQUERIDA PARA LA SEDIMENTACIÓN

$$H_s = \frac{V_s}{A_t}$$

$$H_s = \frac{0.5 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2}$$

$$\boxed{H_s = 0.25 \text{ m}}$$

#### 26. PROFUNDIDAD DE ESPACIO LIBRE ( $H_l$ )

$$H_l = 0.1 + H_o$$

$$H_l = 0.1 + 0.3 \text{ m}$$

$$\boxed{H_l = 0.50 \text{ m}}$$

Ya que  $H_l > H_s$ , la profundidad de espacio libre elegida será 0.50 m.

## 27. ANCHO (B) Y LARGO (L) DEL POZO SÉPTICO

La relación de largo y ancho tiene un valor de 2 a 4. A partir de la **Ecuación 15** y la expresión expuesta en la **Ecuación 16**, se podrán determinar las dimensiones del tanque.

$$A_t = L \times B$$

**Ecuación 15. Área superficial del tanque**

donde;

$A_t = \text{área del tanque [m}^2\text{]}$

$L = \text{largo del tanque [m]}$

$B = \text{ancho del tanque [m]}$

$$x = \frac{L}{B}$$

**Ecuación 16. Relación largo y ancho del tanque**

donde;

$x = \text{relación largo/ancho}$

Reemplazado la **Ecuación 16** en la **Ecuación 15**, se podrá determinar el ancho o el largo, según se despeje.

$$B = \sqrt{\frac{A_t}{x}}$$

$$L = \sqrt{A_t \times x}$$

**Ecuación 17. Ancho y largo del pozo séptico**

El tanque tendrá un grosor en función del volumen útil del tanque ( $V_u$ ) (**Tabla 84**)

**Tabla 84.**

*Grosor de paredes, base y tapa del pozo séptico en función del volumen del tanque.*

	Grosor (mm)			
	≥ 3800 L	3800-7600 L	7600- 23000 L	23000 – 38000 L
<b>Tapa</b>	100	100	150	150
<b>Base</b>	100	100	150	150

<b>Paredes</b>	100	150	150	200
----------------	-----	-----	-----	-----

Para dimensionar el tanque, se elegirá una relación largo ancho de 2.8, valor que se encuentra entre el rango de relación de 2 a 4.

$$B = \sqrt{\frac{A_t}{x}}$$

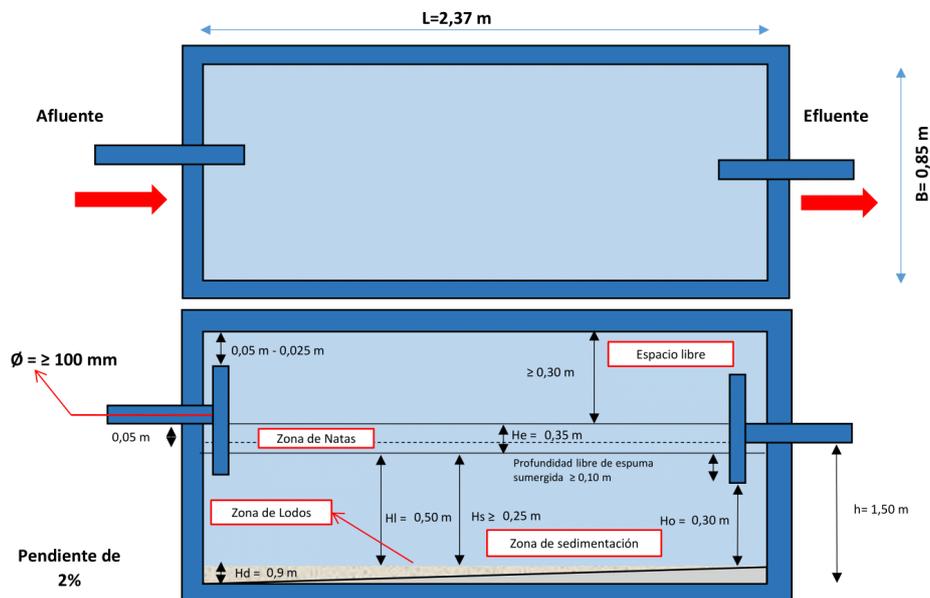
$$B = \sqrt{\frac{2 \text{ m}^2}{2.8}}$$

$$B = 0.85 \text{ m}$$

$$\frac{L}{B} = x$$

$$L = 0.85 \text{ m} \times 2.8$$

$$L = 2.38 \text{ m}$$



**Figura 22.** Dimensionamiento del pozo séptico  
Elaborado por: (Totoy, 2022)

Con la finalidad de obtener de manera más rápida todos los cálculos explicados anteriormente, estos fueron automatizados en un documento Excel. En el siguiente link se podrá descargar la plantilla [Pozo Séptico Hoja de Cálculo](#)

## TANQUE SÉPTICO RECTANGULAR

Tipo de Predio/Tipo de ocupantes	Clase baja	
Población contribuyente al sistema (N)	5	Hab
Intervalo entre limpiezas del tanque	5	Años
Temperatura Ambiente Promedio	10°C < T ≤ 20°C °C	

<b>1. Contribución per cápita de Aguas Residuales y lodo fresco</b>		
Contribución per cápita de Aguas Residuales (C)	100	L/hab.día
Contribución per cápita de lodo fresco (L <sub>f</sub> )	1	L/hab.día

<b>2. Estimación de la Contribución Diaria de Aguas Residuales</b>		
$Q = N \times C$	500	L/día

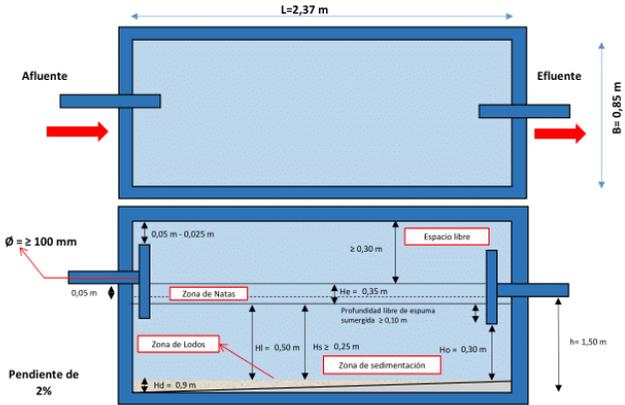
<b>3. Adopción del tiempo de retención hidráulica (t)</b>		
<b>Ingresar Intervalo</b>		
Hasta 1500 L/d	t	1 días
	t	24 horas

<b>4. Determinación de la tasa de acumulación de lodo en el tanque (K)</b>		
Tasa de acumulación (k) =	225	días

<b>5. Cálculo del volumen del Tanque Séptico (V)</b>		
$V_t = 1000 + (N \times [(C \times t) + (k \times L_f)])$	2,625	m³
	3	m³

<b>6. Determinación de las dimensiones del tanque</b>		
<b>Ingresar Intervalo (volumen del tanque)</b>		
Hasta 6 m³	Profundidad (m)	
	mínima	máxima
	1,2	2,2

1. Profundidad (h)	1,50 m	OK
2. Área del tanque (V/h)	2,0 m²	
3. Relación Largo/Ancho (entre 2 a 4)	2,80	
4. Ancho del Tanque Séptico (B)	0,85 m	
5. Largo del Tanque Séptico (L)	2,37 m	
6. Profundidad máxima de espuma sumergida (H <sub>e</sub> )	0,35 m	
7. Profundidad libre de lodo (H <sub>o</sub> )	0,30 m	
8. Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (V <sub>d</sub> )	1,75 m³	
9. Profundidad de digestión y almacenamiento de lodos (H <sub>d</sub> )	0,9 m	
10. Volumen requerido para la sedimentación (V <sub>s</sub> )	0,50 m	
11. Profundidad mínima requerida para la sedimentación (H <sub>s</sub> )	0,25 m	
12. Profundidad de espacio libre (H <sub>l</sub> )	0,50 m	
13. Prolongación de los ramales del fondo de las Tees	0,34 m	
14. Pendiente (2% orientada al punto de ingreso de los líquidos)	0,05	



	Seleccionar valor
	Ingresar valor
	No ingresar valor

### Notas de importancia

- El ancho del tanque deberá ser de 0,60 m, por lo menos, ya que ese es el espacio más pequeño en que puede trabajar una persona durante la construcción o las operaciones de limpieza.
- Cuando en la aplicación de las fórmulas de diseño se obtenga un volumen menor a 3m³, la capacidad total mínima se considera en 3 m³
- En general, la profundidad no deberá ser superior a la longitud total
- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100mm
- El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0,05m por debajo de la tubería de entrada
- Para mejorar la calidad de los efluentes, los tanques sépticos, podrán subdividirse en 2 o más cámaras. No obstante se podrán aceptar tanques de una sola cámara cuando la capacidad total del tanque séptico no sea superior a los 5 m³.
- La relación ancho / largo mínima para tanques prismáticos rectangulares de 2:1 y máxima de 4:1
- El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.

### Referencias Bibliográficas

- Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000*.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013). *Norma Técnica I.S. 020 Tanques Sépticos*.
- OPS, CEPIS, & UNATSABAR. (2005). *Guía para el Diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización*.

## DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco (L <sub>f</sub> ) (L/día)	
		C	L <sub>f</sub>
<b>Ocupantes permanentes</b>			
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
<b>Ocupantes temporales</b>			
Fábrica en general	persona	70	0,3
Oficinas temporales	persona	50	0,2
Edificio públicos o comerciales	persona	50	0,2
Escuelas	persona	50	0,2
Bares	persona	6	0,1
Restaurantes	persona	25	0,01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0,02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
4501 a 6000	0,75	18
6001 a 7500	0,67	15
7501 a 9000	0,58	14
más de 9000	0,5	12

Intervalos de limpieza (años)	Valores de K por intervalo de temperatura ambiente (t) en °C		
	t ≤ 0	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Volumen útil (m³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

**ANEXO V**  
MODELO DE ENCUESTA

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Fecha realizada: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

\_\_\_\_\_

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: \_\_\_\_\_

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

**ANEXO VI**  
**ENCUESTAS REALIZADAS**

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: Carmen Caticahuo

Edad: 57 años

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Aparición de moscas

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Mejor tratamiento de excretas

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utiliza agua

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es similar al pozo ciego y estoy familiarizada

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no hay mayor contacto con las deposiciones

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se podría aplicar con mejor captación de agua.

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?  
 Respuesta: 6 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

*[Handwritten signature]*  
 0999378325

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: Rosa Lema

Edad: 52

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

a. Ama de casa

b. Agricultor

c. Floricultor

d. Dependencia laboral

e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque podría generar malos olores

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque el clima no favorece las condiciones

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque pueden ingresar animales y olores

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque ha funcionado en mi hogar

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque la infraestructura es muy grande

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

Porque necesita mucha agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- Agua subterránea
- Reservorio de agua
- Agua embotellada
- No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- Agua subterránea
- Reservorio de agua
- Agua embotellada
- No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- Papel higiénico
- Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- Fuera del inodoro
- Dentro del inodoro
- Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- Menor a 7 días/año
- 7 días/año
- Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- 0 - 1 semana

- 2 - 3 semanas
- 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- 0 = no
- 1 = posiblemente
- 3 = tal vez
- 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- Fertilizantes / Bioles
- Compost
- No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- Menor a 425 \$
- 425 \$
- 426 \$ - 850 \$
- Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- 20\$ - 30\$
- 30\$ - 40\$
- 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- \$350 - \$550
- \$550 - \$750
- \$750 - \$1050
- > \$1050
- Otro valor:

Rosa Flavia

969 50 35 98

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: Angelino Chicaiza Quishpe

Edad: 71

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque dispone dos compartimientos

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque la temperatura no lograra alcanzarse

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utilizo agua

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque cuenta con otras partes en relación al pozo ciego

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no habria contacto directo con las deposiciones

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es necesario una gran cantidad de agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 428 \$ - 650 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: 0

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

*Angelines Chiriquiz*

0939 21 12 16

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: Clara Chicaiza

Edad: 49

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque podría aprovechar los residuos

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque había que probar si funciona

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no utiliza agua, fácil uso

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque es similar al pozo ciego

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no habría dolores desagradables

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

Porque quizá podría aplicarse en esta comunidad

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 7 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro:

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor:

Clara Ghisano  
0985877886

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

## ENCUESTA

Nombre y Apellido: Manuel Chusipanta

Edad: 50

Fecha realizada: 16/07/2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se debe separar la orina de los heces

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no podría funcionar

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque se producirían moscas

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque cuenta con un sistema parecido

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque no tengo contacto con los residuos no había olores

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Porque sería difícil medir el nivel del agua

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 5 litros

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

**ENCUESTA**

Nombre y Apellido: William Toapanta

Edad: 29 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 10 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bienes
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: 9150

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum-bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

**ENCUESTA**

Nombre y Apellido: María Changeluiza

Edad: 31

Fecha realizada: 15 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
<input type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 7L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro: \$ 200

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \$ 50

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Carmen Cacuango

Edad: 36 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

**ENCUESTA**

Nombre y Apellido: Katherine Lincang

Edad: 26 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
<input type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 9 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum-bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Zoila Lemaico

Edad: 60 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a) Ama de casa
- b) Agricultor
- c) Floricultor
- d) Dependencia laboral
- e) Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

\*Todas las tecnologías le parecen costosas y desfavorables

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Ignacio Guanotea

Edad: 62 años

Fecha realizada: 16 de Julio, 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 9 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 425 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \$ 280

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Elvia Chinacali

Edad: 34

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

a. Ama de casa

b. Agricultor

c. Floricultor

d. Dependencia laboral

e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el precio

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el precio

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El precio es un impedimento

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: No está interesada por el costo

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<input checked="" type="radio"/> 0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Costo de construcción elevado

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

No le interesa

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0 L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Blanca Masipanta

Edad: 52

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

---

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservoirio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 0L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos focales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \$150

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Sonia Chicalza

Edad: 28

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
<input checked="" type="radio"/> 3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 8L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = sí

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Manuel Cuyo

Edad: 47

Fecha realizada: 16 julio 2027

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

---

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 10L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Victor Chirizco

Edad: 60

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral

e. Otro: Obras civiles

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Precio elevado

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: Precio elevado

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto solo queda en paldias

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto no se lleva a cabo

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
<u>0</u>	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: El proyecto no se hace.

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

*solo es propuesta, no se hace realidad*

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 3L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días/año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 = si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: \_\_\_\_\_

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

### ENCUESTA

Nombre y Apellido: Ofelia Caticuango

Edad: 56

Fecha realizada: 16 julio 2022

1. ¿Cuál es su ocupación?

- a. Ama de casa
- b. Agricultor
- c. Floricultor
- d. Dependencia laboral
- e. Otro: \_\_\_\_\_

2. ¿Qué ponderación le daría a la letrina compostera? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

3. ¿Qué ponderación le daría al biodigestor? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

4. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de hoyo seco ventilado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

5. ¿Qué ponderación le daría al pozo séptico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
<input checked="" type="radio"/> 5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

6. ¿Qué ponderación le daría al baño de arrastre hidráulico? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<input checked="" type="radio"/> 1	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón: \_\_\_\_\_

7. ¿Qué ponderación le daría a la letrina de pozo anegado? ¿Por qué le otorgaría esa calificación?

Valoración	Equivalencia
0	Nula aceptación
<u>1</u>	Deficiente aceptación
3	Adecuada aceptación
5	Muy buena aceptación

Razón:

8. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para su consumo?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

9. ¿Qué fuente de abastecimiento de agua utiliza para evacuar sus excretas?

- a. Agua subterránea
- b. Reservorio de agua
- c. Agua embotellada
- d. No utiliza agua

10. ¿Qué cantidad de agua (L) utiliza para evacuar sus excretas?

Respuesta: 7L

11. ¿Qué material usa para la limpieza personal al ir al baño?

- a. Papel higiénico
- b. Agua

12. ¿En dónde dispone el papel higiénico utilizado en la limpieza personal?

- a. Fuera del inodoro
- b. Dentro del inodoro
- c. Otro: \_\_\_\_\_

13. ¿Qué tiempo estaría dispuesto a destinar para realizar labores de mantenimiento de la tecnología?

- a. Menor a 7 días/año
- b. 7 días /año
- c. Mayor a 7 días/año

14. ¿Cuánto tiempo estaría dispuesto a destinar a la construcción y supervisión de la tecnología?

- a. 0 - 1 semana

- b. 2 - 3 semanas
- c. 3 semanas - 1 mes

15. ¿Cuánto espacio de su predio estaría dispuesto a destinar para la construcción de la tecnología?

- a. 0 m<sup>2</sup> - 2 m<sup>2</sup>
- b. 3 m<sup>2</sup> - 5 m<sup>2</sup>
- c. 5 m<sup>2</sup> - 8 m<sup>2</sup>

16. ¿Estaría dispuesto a tener contacto con los residuos fecales, manteniendo las debidas medidas de seguridad, a fin de aprovechar estos residuos?

- a. 0 = no
- b. 1 = posiblemente
- c. 3 = tal vez
- d. 5 =si

17. ¿Cuál de los productos finales del tratamiento de excretas estaría dispuesto a aprovechar?

- a. Fertilizantes / Bioles
- b. Compost
- c. No estaría dispuesto

18. ¿Cuál es su ingreso económico mensual?

- a. Menor a 425 \$
- b. 425 \$
- c. 426 \$ - 850 \$
- d. Otro

19. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para dar mantenimiento anual a la tecnología?

- a. 20\$ - 30\$
- b. 30\$ - 40\$
- c. 40\$ - 50\$

20. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la construcción de la tecnología?

- a. \$350 - \$550
- b. \$550 - \$750
- c. \$750 - \$1050
- d. > \$1050
- e. Otro valor: 100

21. ¿Qué rango estaría dispuesto a pagar para la evacuación de excretas de la tecnología?

- a. \$110 (servicio vacuum- bomba manual/ familia)
- b. \$70 (tanquero toda la comunidad 4 horas 500\$ - 30 familias)

**ANEXO VII**  
**MATRIZ DE DECISIÓN**

	A	B	C	D	E
#	%	<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MEJOR TECNOLOGÍA</b>	<b>CALIFICACIÓN</b> 0 = no aplica 1 = deficiente 3 = adecuado 5 = muy bueno	<b>Total de C/</b> <b>(1.10,2.3,3.4,4.4)</b>	<b>D*A</b>
1	35	<b>FACTORES TÉCNICOS</b>			
1.1		Distancia entre fuente de abastecimiento de agua y tecnología de saneamiento			
1.2		Permeabilidad del suelo			
1.3		Agua que necesita la tecnología para su funcionamiento			
1.4		Frecuencia de mantenimiento			
1.5		Facilidad de mantenimiento			
1.6		Tiempo de construcción			
1.7		Estabilidad del suelo			
1.8		Disponibilidad del terreno			
1.9		Tiempo de vida de la tecnología			
1.10		<b>Calificación total del factor técnico (45)</b>			
2	20	<b>FACTORES SOCIALES</b>			
2.1		Aprovechamiento de residuos fecales			
2.3		Aceptación cultural			
2.4		<b>Calificación total del factor social (10)</b>			
3	15	<b>FACTORES AMBIENTALES</b>			
3.1		Aprovechamiento de residuos fecales			
3.2		Uso de agua por la tecnología			
3.3		Generación de vectores			
3.4		<b>Calificación total del factor ambiental (15)</b>			
4	30	<b>FACTORES ECONÓMICOS</b>			
4.1		Costos de mantenimiento			
4.2		Costos de construcción			
4.3		Costos de residuos fecales			
4.4		<b>Calificación total del factor económico (15)</b>			
	100				