

UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE SAN FRANCISCO

XAVIER DE CHUQUISACA

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



**“SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS CON
BIODIGESTORES PARA LA COMUNIDAD DE SAUCES, MUNICIPIO MIZQUE,
COCHABAMBA”**

**TRABAJO EN OPCIÓN AL DIPLOMADO EN GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA Y
SANEAMIENTO, PARA EL ÁREA RURAL, VERSIÓN I**

ING. FRANZ ALEJANDRO PRUDENCIO MENECE

Sucre, Septiembre de 2024

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diploma en **Gestión Integral del Agua y Saneamiento, Para el área Rural, Versión I** de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

ING. FRANZ ALEJANDRO PRUDENCIO MENECE

Sucre, septiembre de 2024

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico este proyecto de titulación a mis padres y hermana por haberme forjado como la persona que hoy soy, es un logro más que no solo es mío si no es Uds. también, me formaron con reglas y con algunas libertades, pero siempre me motivaron para alcanzar mis anhelos. También quiero a Dios, a mi padre celestial, que me guía, acompaña y siempre me levanta de mis tropiezos. Es para mí una gran satisfacción haber logrado este nuevo reto adquirido con esfuerzo y dedicación.

Franz Alejandro Prudencio Meneces

AGRADECIMIENTO

“Gracias es la mejor plegaria que alguien puede decir. Yo la digo a menudo. Expresa humildad y entendimiento”

Para la realización del presente trabajo de investigación agradezco a todos aquellos que han colaborado para su realización:

A DIOS por darme la vida, perseverancia, sabiduría, salud, por permitirme lograr todas las metas para llegar a este momento, por disfrutar de la vida y por enseñarme a valorar lo que enseña la vida; por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida profesional y haberme dado salud para ir cumpliendo con mis objetivos.

A mis padres, quienes fueron el pilar fundamental y son los que me alientan para seguir creciendo en mi formación profesional.

A los docentes que durante este tiempo compartieron sus conocimientos y experiencias.

Franz Alejandro Prudencio Meneces

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. Antecedentes.....	1
2. Justificación.....	1
3. Formulación del problema de investigación.....	2
4. Objetivos de Investigación.....	2
4.1. Objetivo General.....	2
4.2. Objetivos Específicos.....	2
5. Diseño Metodológico.....	2
5.1. Tipo de Investigación.....	2
5.2. Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	2
5.2.1. Métodos.....	2
5.2.2. Técnicas.....	3
5.2.3. Instrumentos.....	3
6. Recolección de la Información.....	3
6.1. Población.....	3
6.2. Muestra.....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL.....	4
1.1 Marco Teórico.....	4
1.1.1 Concepto de Aguas Residuales.....	4
1.1.2 Las Aguas Residuales Domésticas en el Medio Ambiente.....	4
1.1.3 Características físicas del agua residual.....	4
1.1.4 Tratamiento de las Aguas Residuales.....	5
1.1.5 Pre-Tratamiento.....	6
1.1.6 Tratamiento Primario.....	6
1.1.7 Tratamiento Secundario.....	6
1.1.8 Tratamiento Terciario.....	7
1.2 Biodigestores.....	7
1.3 Estudio socio-económico.....	9
1.3.1 Aspectos demográficos.....	9
1.3.2 Aspectos socioeconómicos.....	10
1.4 Servicios de saneamiento básico.....	11

Agua potable	11
Alcantarillado sanitario.....	11
1.5 Otros servicios.....	12
CAPÍTULO II	13
DIAGNOSTICO	13
2.1 Análisis y Discusión de la Información y/o Datos Obtenidos	13
2.2 Biodigestor prefabricado.....	13
2.2.1 Funcionamiento	15
2.2.2 Beneficios.....	18
2.2.3 Beneficios Sociales y Medio Ambientales.....	19
2.2.4 Aguas Efluentes	20
2.2.5 Posibles Usos y Limitaciones	21
2.2.6 Lodos	21
2.2.7 Laboratorio	22
2.2.8 Proceso de instalación del Biodigestor	23
2.3 Ingeniería de Proyecto-Solución alternativa -Biodigestador.....	26
2.3.1 Área de Proyecto.....	26
2.3.2 Parámetros de diseño.....	27
2.3.3 Biodigestor	29
CAPÍTULO III.....	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
3.1 Conclusiones.....	30
3.2 Recomendaciones.....	30
BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS.....	32
ANEXO “A” .- Manual de mantenimiento del Biodigestor.....	32
ANEXO “B” .- Análisis de Precios Unitarios (APUS).....	32
ANEXO “C” .- Presupuesto general	32
ANEXO “D” .- Planos.....	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Plaza principal de Mizque	10
Figura 2 superficie y producción	11
Figura 3 Biodigestor.....	16
Figura. 4 Partes y componentes	17
Figura 5. Lodos.....	22
Figura 6 (Resultados de laboratorio hechos por UTALAB-UAGRM).	23
Figura 7 Excavación y colocado del Biodigestor	24
Figura 8 Entierro y compactación del Biodigestor	25
Figura 9 Vista frontal del sistema.....	26
Figura 10 Vista en planta comunidad Sauces	26
Figura 11 Humedal artificial de flujo superficial	28
Figura 12 Zanja de infiltración.....	28

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Ventajas y Desventajas de Biodigestores anaerobios.	9
Cuadro 2 Medidas de Biodigestores anaerobios.....	14
Cuadro 3 Capacidad y Funcionalidad	15
Cuadro 4 Dotación media (L/hab/dia).	27

Resumen

El objetivo general de esta propuesta de investigación tiene como propósito Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias con Biodigestores prefabricados con cada uno de los elementos que la componen y que intervienen en este proceso sanitario de tratamiento. Por ello, y con el propósito de contribuir a mejorar prácticas en el campo de la construcción y ser amigable con el medio ambiente se pre diseñó un sistema de tratamiento de aguas domiciliarias con los biodigestores, basándose en los autores WITHER ROBERTO MENENDEZ PERALTA (2021), Br. Octavio José Sanabria Vindell. (2018), Br. Ariel Eduardo Sánchez Melgara. (2018), entre otros. El Biodigestor es un recipiente o contenedor, prácticamente un tanque cerrador en el cual se depositan temporalmente las aguas negras o residuales de una casa para que se descompongan, disminuyendo así sus efectos negativos en el ambiente, en este caso se diseñó un Biodigestor para cada vivienda, el tamaño, su forma y la disposición de los tubos de entrada y salida están diseñados para que las aguas negras permanezcan en el tanque hasta que líquidos y sólidos que se separan dentro del tanque por procesos físicos, de sedimentación y flotación. Este sistema de biodigestores sirve como alternativa amigable para con el medio ambiente y mejorar la calidad de vida, la depuración de la solución integral domiciliaria tiene 3 etapas sucesivas: 1. Primera etapa: Logra retener y digerir el material orgánico, separar los sólidos de las aguas negras 2. Segunda Etapa: Activa las áreas de filtración, distribuyen los líquidos en un área determinada (humedales). 3. Tercera etapa: El suelo, después de los humedales que filtra y completa la depuración del agua

Palabras Clave

Biodigestador, Humedales, Infiltración

INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes

En la actualidad existen lugares en los que no hay un sistema sanitario, por falta de recursos económicos, por eso es necesario crear una alternativa para la disposición de las aguas negras o grises domiciliarias de una manera adecuada e higiénica para poder alcanzar los ODS hasta el año 2030, sin causar daño ambiental.

Esta investigación tiene como objetivo implementar un sistema de Biodigestores prefabricados para tratar las aguas residuales domiciliarias, este tipo de tanque cumple con los requisitos necesarios para la alternativa de tratamientos de aguas negras domiciliarias. De acuerdo a la investigación en este proyecto el funcionamiento de las técnicas de construcción de las fosas sépticas y de otros métodos similares utilizados para el tratamiento individual de aguas residuales un alto porcentaje de las viviendas de este país, la mayor parte de las comunidades de la provincia de Mizque especialmente en las zonas rurales, actualmente están conectadas a un tanque séptico construido de forma tradicional o simplemente realizan sus necesidades a campo abierto.

En el Municipio de Mizque, se encuentra la comunidad de Sauces donde se va pre diseñar el sistema con biodigestores, lugar donde no existe el correcto proceso de tratamiento de aguas negras, por lo tanto, esta investigación pretende fomentar la aplicación alternativa de este sistema con biodigestores para el tratamiento y manejo de aguas residuales domiciliarias. Se realizó una breve encuesta para obtener datos reales que definan la población, y sus maneras de vivencias. Cabe recalcar que al no tratar las aguas negras o residuales domiciliarias crean consecuencias a los habitantes tales como; enfermedades contagiosas, olores fétidos, e invasión de animales como las moscas y sancudos, contaminación de ríos y aguas subterráneas.

2. Justificación

La inexistencia de servicios básicos en la Comunidad de Sauces, trae consigo una serie de problemas para el medio ambiente, lo cual con lleva enfermedades en los niños y ancianos. En la actualidad la población solo cuenta con letrinas que evacuan las aguas servidas a fosas sépticas improvisadas y/o pozos ciegos y una parte de su población a campo abierto, esto constituye un gran problema, ya que genera malos olores. En la actualidad la comunidad de Sauces no cuenta con un Sistema de Alcantarillado Sanitario, el implementar y pre diseñar el sistema con biodigestores para poder elevar en gran medida las condiciones de salud y

calidad de vida a través del tratamiento de aguas residuales domésticas. Los problemas que se identifican con frecuencia son:

- Evacuación de aguas servidas a fosas sépticas y/o pozos ciegos.
- Generación de olores fétidos.
- Niños y ancianos conllevan enfermedades por contaminación.

3. Formulación del problema de investigación

El problema central es la inexistencia un Sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas y los efectos que este problema conlleva del cual el más importante es el aumento de la mortalidad más aún en niños y adultos mayores tales como la transmisión de enfermedades diarreicas como el cólera y la disentería, así como la fiebre tifoidea en casos extremos, las helmintiasis intestinales y la poliomielitis. También agrava el retraso del crecimiento y contribuye a la propagación de la resistencia a los antimicrobianos.

4. Objetivos de Investigación

4.1. Objetivo General

Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales domiciliarias con biodigestores prefabricados para la comunidad de Sauces, municipio Mizque del departamento de Cochabamba.

4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el sitio del proyecto de investigación.
- Pre diseñar el sistema de Biodigestores en la comunidad de Sauces.
- Analizar y evaluar los impactos ambientales reflejados con un Plan de Gestión para la instalación de Biodigestores, en la comunidad de Sauces.

5. Diseño Metodológico

5.1. Tipo de Investigación

Este proyecto de investigación es tipo descriptiva debido a las características, factores y procedimientos y hechos que ocurren de forma natural. Mediante esta metodología se realiza la interpretación y análisis del problema originado por el mal manejo de las aguas residuales domiciliarias o aguas negras.

5.2. Métodos, Técnicas e Instrumentos.

5.2.1. Métodos

El método cualitativo brinda herramientas que permiten comprender la realidad del inadecuado uso de las aguas negras.

5.2.2. Técnicas

Las técnicas que se utilizan para la recolección de información del proyecto de investigación son:

- Observación: Se observa en la Comunidad de Sauces la falta de servicios básicos, lo que conlleva a realizar el proyecto con biodigestores.
- Encuesta: Se logra saber datos exactos y necesidades de la comunidad de Sauces.

5.2.3. Instrumentos

En este proceso de recolección de información primaria y secundaria se utiliza las técnicas de campo siguientes:

La información primaria para realizar la investigación se la obtuvo a través de:

- Levantamiento topográfico por medio de google earth.
- Encuesta realizada a los habitantes de la comunidad.

La información secundaria necesaria para complementar la investigación fue a través de:

- Libros
- Páginas de internet
- Revistas - Recopilación bibliográfica
- Manuales de instalaciones y recomendaciones de Biodigestadores.

6. Recolección de la Información

Se lleva a efecto la recolección de los datos mediante una encuesta realizada a los habitantes de la Comunidad de Sauces.

6.1. Población

Se considera que la Comunidad de Sauces del Municipio de Mizque del Departamento de Cochabamba, tiene 267 habitantes

6.2. Muestra

Se realizó la muestra de 10 familias.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

1.1 Marco Teórico

1.1.1 Concepto de Aguas Residuales

Aguas residuales son aquellas que presentan alguna alteración debido a la presencia de sustancias extrañas sean de origen natural o artificial provenientes de viviendas (doméstica), industrias, agrícola. Se las conoce también como aguas negras, servidas o cloacales.

Según su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas en: 1) domésticas o urbanas, 2) industriales, 3) agrícolas, 4) pluviales (Ruíz, 2014).

Las aguas residuales que no cuentan con sistemas para su depuración, tienden a ser descargadas a cuerpos de agua como ríos o lagos, donde contamina los cauces, afectando a los habitantes que se encuentran en las cercanías de estos cuerpos hídricos, lo cual provoca deterioro ambiental y compromete la flora y fauna de esos lugares (Calderón, 2016)

1.1.2 Las Aguas Residuales Domésticas en el Medio Ambiente

Las aguas servidas o negras tienen gran cantidad de contaminantes químicos, físicos y biológicos, como son: las heces fecales, orina, restos de alimentos, basura, etc.; cuando estos son descargados a los ríos, mares, cuencas, lagos provocan una contaminación causando un efecto negativo sobre el medio ambiente, como son: la destrucción de la capa de ozono, la pérdida y destrucción de la biodiversidad, desaparición de hábitats de distintas especies, disminución de la reproducción y muerte de peces, proliferación de organismos patógenos y parásitos en animales de mares que son capturados y consumidos por el ser humano e incluso sobre las aves que están en su estado migratorio (Noyola, 2010).

1.1.3 Características físicas del agua residual

- **Color:** Este puede variar de acuerdo con el tiempo, pero el patrón más común que suele presentar va del beige claro al negro. Esta coloración se encuentra determinada por la presencia de sólidos en el agua y debido a las condiciones de anaerobiosis y la descomposición de la materia orgánica (García, 2006)

- **Olor:** Es producido por la descomposición anaerobia de la materia orgánica, en especial por la presencia de ácido sulfhídrico, escatoles, compuestos amoniacales, mercaptanos y demás sustancias volátiles. Cuando el agua es reciente no suele haber presencia de olores de fácil detección (García, 2006)

- **Temperatura:** Esta se encuentra entre los 15° y 20°C, motivo por el cual se forma un ambiente adecuado que permite el fácil desarrollo de microorganismos (García, 2006)

- **Sólidos:** Estos se encuentran en casi todas las aguas residuales de proveniencia urbana, son todos los elementos o compuestos que no son agua. Uno de los problemas más notables de la presencia de sólidos, es el aumento de la turbidez del agua, lo que ocasiona graves consecuencias en la flora y fauna, como la deposición sobre vegetales y colmatación en branquias de peces, respectivamente. También genera depósitos de sedimentos en los medios receptores y de transporte (García, 2006)

Sólidos totales: se encuentran definidos como aquellos que se obtienen en forma de residuo posterior a someter al agua a un proceso de evaporación que va de los 103° y 105°C (Metcalf & Eddy, 2003).

Sólidos sedimentables: son aquellos que sedimentan o precipitan en el fondo de un recipiente de forma cónica durante un periodo de tiempo determinado, el recipiente comúnmente utilizado para este análisis es el cono Imhoff, utilizando un tiempo de 60 min. Estos se expresan en unidades de mL/L; indican un valor aproximado de la cantidad de lodo que se obtendrá en la primera etapa de tratamiento del agua residual (Metcalf & Eddy, 2003)

Sólidos en suspensión: también conocidos como sólidos totales no filtrables, son los que pueden dar lugar a depósitos o aglomeraciones de fango y puede producir condiciones anaerobias cuando existe contacto del agua residual no tratada con el entorno acuático (Metcalf & Eddy, 2003)

1.1.4 Tratamiento de las Aguas Residuales

Una vez que se forman las aguas residuales, el tramo final de ellas es de ser tratadas, por ello en forma general el tratamiento que tiene las aguas residuales consiste en una serie de etapas entre los cuales tenemos:

1.1.5 Pre-Tratamiento

El objetivo en este punto es la eliminación de objetos grandes, gruesos, arenas y grasas. Se da mediante un proceso físico y las operaciones básicas que intervienen son:

- **Desbaste:** Es un sistema de rejillas formado por barras, donde quedan retenidos los sólidos gruesos y grandes que arrastra el agua.
- **Tamizado:** Tiene la misma función que el desbaste es decir cumplen lo mismo.
- **Desarenado:** Tiene como función extraer las partículas minerales del agua, donde el agua al entrar a la cámara por acción de la velocidad, las partículas quedan sedimentadas en el fondo de la cámara.
- **Desengrasado:** Como su propio nombre lo dice, es eliminar las grasas, aceites del agua.

1.1.6 Tratamiento Primario

- **Decantación primaria:** Es el proceso donde actúa la fuerza de gravedad haciendo que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose.

Tratamiento Físico Químico

- **Coagulación:** Se produce cuando se añade al agua algún aditivo (coagulante) o producto químico haciendo que las partículas coloidales se desestabilicen del agua y precipiten (Wikipedia)
- **Floculación:** Es un proceso químico en el cual se adiciona una sustancia química llamada floculante haciendo que las sustancias coloidales del agua se aglutinen provocando su precipitación. (Wikipedia)

1.1.7 Tratamiento Secundario

El objetivo es eliminar la materia orgánica disuelta o coloidal mediante procesos biológicos, los procesos básicos que intervienen en la etapa secundaria son:

- **Degradación bacteriana:** Las bacterias aerobias degradan la materia orgánica de los desechos sólidos (Wikipedia)
- **Decantación secundaria:** Es el proceso que sigue de la decantación primaria consiste en separar la materia o biomasa del agua tratada antes de su descarga. (Wikipedia)

1.1.8 Tratamiento Terciario

Ocurre la eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica, nutriente y patógena. Se da mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Las operaciones básicas que intervienen son:

- **Floculación:** Es un proceso químico en el cual se adiciona una sustancia química llamada floculante haciendo que las sustancias coloidales del agua se aglutinen provocando su precipitación. (Wikipedia)

- **Filtración:** Es un proceso que consiste en retener los residuos o sólidos en suspensión del agua.

- **Eliminación de nitrógeno y fosforo:** Se da por precipitación, nitrificación y desnitrificación. (Wikipedia)

- **Desinfección:** Consiste en la destrucción de los organismos que causan enfermedades.

El objetivo final del tratamiento de aguas residuales es:

- 1) La remoción de patógenos para prevenir la transmisión de enfermedades relacionadas a las excretas humanas.
- 2) Remoción de sólidos en suspensión y material orgánico
- 3) Al final del tratamiento el afluyente pueda ser utilizado en diferentes campos.

Estas plantas de tratamiento o depuradoras de aguas residuales.

- 1) Presentan un alto costo y consumen mucha energía y
- 2) La falta de recursos ha hecho que no todos los lugares puedan contar con él. Por ello se quiere proponer otro sistema más económico que trate las aguas residuales domésticas como son los denominados Biodigestores (Ruíz, 2014)

1.2 Biodigestores

Un biodigestor es un reactor cerrado, hermético e impermeable, este fermenta la materia orgánica que se deposita dentro del mismo. Al mezclarse los desechos con un conjunto de bacterias anaerobias se producen altas concentraciones de metano y otros gases como sulfuro de hidrogeno, dióxido de carbono, nitrógenos entre otros, juntos forman el biogás. El biodigestor es una solución amigable al medio ambiente por su fácil construcción y su bajo costo pues se utilizan materiales económicos, por esto se implementan en comunidades rurales aisladas mejorando el manejo de desechos vegetales y animales y

fomentando una solución ambiental con respecto al gasto energético .El biodigestor produce la digestión mediante la fermentación de materia orgánica que realizan las bacterias anaerobias generando varias ventajas como la producción de biogás. Los residuos orgánicos que permiten obtener este gas natural son los desechos de animales domésticos como vacas, aves, cerdos, desechos vegetales como pajas, hojas secas, pastos, basura doméstica y desechos humanos. Además, el biogás se lo utiliza en vez de gasolina o diésel en procesos de combustión, también produce energía limpia sustituyendo a la electricidad pues se utiliza para iluminar, cocinar, etc. Otra ventaja es que convierte las excretas en residuos útiles ya que destruye microorganismos, huevos de parásitos impidiendo que se proliferen, reduciendo así la contaminación ambiental, adicionalmente el biodigestor produce abono orgánico o bio abono que es muy útil para el desarrollo de los suelos y cultivos (Preston, 1987).

Según estudios realizados en China “La digestión anaerobia disminuye la transmisión de enfermedades pues al tratar los desechos de animales y humanos se puede reducir hasta un 95% de parásitos y bacterias que causan problemas en la salud pública” (Stainforth, 1978).

En el diseño de un biodigestor se debe tomar en cuenta los factores humanos como: los recursos disponibles es decir materiales de construcción, mano de obra, área disponible, disponibilidad de materia prima ya sean desechos agrícolas, pecuarios, domésticos o industriales, factores biológicos: enfermedades y plagas, factores físicos como: localización, geografía, aspectos climáticos, vías de acceso y características del suelo, factores utilitarios es decir el uso del biodigestor si es de tipo sanitario, energético, fertilizante o integral (Urel, 2013).

Cuando el uso del biodigestor es sanitario como es nuestro caso este realiza un tratamiento adecuado de las aguas residuales, sin embargo en algunos países como en Bolivia tratan sus aguas con lodos activados, lagunas aireadas y filtros percoladores que son procesos y sistemas aerobios, estos sistemas requieren aire es por esto que se necesita gran cantidad de energía para proporcionar aire, además para las lagunas de tratamiento se necesita grandes espacios motivo por el cual un biodigestor bajo condiciones anaerobias es una alternativa sostenible y económica para el medio ambiente puesto que no requiere de oxígeno y eso permite la reducción de costes.

Cuadro 1 Ventajas y Desventajas de Biodigestores anaerobios.

Ventajas	Desventajas
Producción de Energía: Gracias a bacterias metagógicas, gran parte de las aguas se transforman en gas metano, puesto que 1kg de DQO eliminada produce 350 litros de gas metano.	Puesta en Marcha: la ejecución es lenta pues los microorganismos crecen de forma lenta.
Producción de Fangos: Los residuos que no contienen biogás quedan muy estabilizados para utilizarlos después de la deshidratación.	Temperatura: Lo mínimo es de 35°C para que el proceso sea óptimo.
Proceso Exterior: debido al proceso anaerobio la producción de malos olores es baja.	Costos: Un tratamiento completo necesita un sistema integrado aumentando los costos sin embargo los costos de operación y mantención solo requiere personal capacitado y no es muy frecuente.

Fuente: Wikipedia

El biodigestor además del tratamiento que brinda es una solución ambiental puesto que disminuye la contaminación de las aguas, elimina malos olores, disminuye la transmisión de enfermedades y evita el desarrollo de moscas y plagas (Elizondo, 2005).

1.3 Estudio socio-económico

1.3.1 Aspectos demográficos

Población actual.- La comunidad de sauces cuenta con 267 pobladores, los mismos serán los beneficiarios directos de la solución alternativa a implementar.

Tasa de crecimiento.- La Tasa anual de crecimiento poblacional, en el período intercensal de 2012, proporcionado por el Instituto Nacional de Estadística INE, para la Sección

Municipal de Mizque es de -1.03%.

Población flotante.- 100 habitantes aproximadamente.

1.3.2 Aspectos socioeconómicos

Características socioculturales.- Mizque municipio caracterizada por su diversidad de pisos ecológicos y sistemas de vida, que cobija una gran variedad de flora, fauna, recursos hídricos, paisajes y productos naturales que han posible su potencial turístico, forestal, agrícola, pecuario, piscícola y frutícola, de vital importancia para la soberanía alimentaria tanto a nivel regional y departamental, presenta una configuración territorial que se diferencia entre el área urbana y área rural definidas en cuanto al uso y ocupación del suelo.

En su mayoría la población mizqueña específicamente la comunidad de Saucés se dedica esencialmente a la producción agrícola como actividad económica importante, considerando que el 90% del total de la población se dedica a esta actividad.

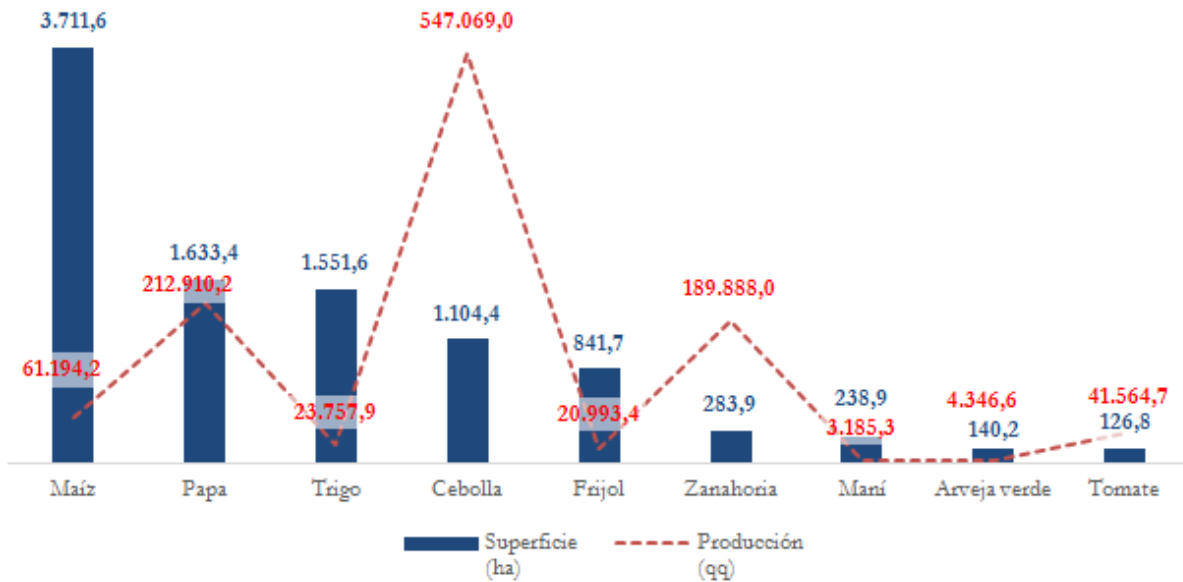
Figura 1 Plaza principal de Mizque



Fuente: GAM Mizque

Actividades productivas.- Mizque Valle Productivo de esperanza por excelencia entre los que se destacan las cantidades enormes de cebolla, zanahoria, tomates y papa la población mizqueña está dedicada a este rubro en Cochabamba.

Figura 2 superficie y producción



Fuente: censo agropecuario 2013 INE

Datos de educación.-El Municipio de Mizque cuenta con 54 unidades educativas, de las cuales 52 son Unidades Educativas fiscales y 2 son de convenio (2 alternativas). El subsistema de educación regular en sus diferentes niveles (inicial-primario-secundario)

Salud.- la comunidad de Sauces acude al centro de salud del municipio de Mizque los establecimientos de salud se encuentran dentro el segundo nivel de atención del modelo sanitario.

1.4 Servicios de saneamiento básico

Agua potable.- la comunidad de Sauces cuenta con una red de agua potable administrados por los mismos comunarios, la cual tiene cobertura de un 90% aproximadamente. Para la dotación del líquido elemento no se realiza ningún tipo de análisis, en función de verificar las condiciones y características del agua que se distribuye a la población, y mucho menos se realiza algún tratamiento de esta, el cobro del servicio se lo realiza mediante micro medidores, mediante un comité de agua que funciona actualmente en la misma de comunidad.

Alcantarillado sanitario.- no existe, a excepción de algunos comunarios que cuentan con pozos

ciegos letrinas y en su mayoría a campo abierto.

1.5 Otros servicios

Energía eléctrica.- La provisión de energía eléctrica está a cargo de la Empresa de Luz y Fuerza Eléctrica Cochabamba (ELFEC S.A.), quien administra y distribuye este servicio.

Residuos sólidos.- Respecto al manejo de residuos sólidos en la comunidad entrega al carro basurero del municipio de Mizque el cual pasa por la comunidad una vez al mes.

CAPÍTULO II

DIAGNOSTICO

2.1 Análisis y Discusión de la Información y/o Datos Obtenidos

Observando y analizando la situación actual de la comunidad y del mismo municipio al cual pertenece se vio que solo el centro del municipio cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario dejando a las comunidades sin acceso a este debido a la ubicación geográfica de los mismos entonces se ve conveniente implementar otro tipo de Saneamiento con tecnologías alternativas teniendo en cuenta **Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas (MMAyA)** y otros tipos de tecnologías alternativas como son los Biodigestores.

Entonces a partir de un listado de comunidades entre ellas la Comunidad de Sauces un primer paso fue seleccionar los sitios que presentaban las mejores condiciones para el desarrollo de biodigestores. Realizando visitas y recopilación de información; los datos obtenidos se utilizaron para evaluar la viabilidad de la alternativa.

2.2 Biodigestor prefabricado

Para el caso en particular se tomó las características de un biodigestor prefabricado existente en el mercado ya que van acorde a las características y economía de la región.

Equipo para el tratamiento primario de aguas residuales para su infiltración en el terreno a partir de una galería filtrante o humedal.

Utiliza un filtro anaeróbico interno de 2 etapas, que aumenta la eficiencia de tratamiento del agua, con relación a otros sistemas, no requiere de electricidad para su funcionamiento o algún producto químico para tratar el agua, es totalmente ecológica.

Fabricado con HDPE 100% virgen de una sola pieza (polietileno de alta densidad y ultra peso molecular)

- Fabricado en una sola pieza monoblock y con partes internas ensambladas e integradas.
- Sistema patentado de auto limpieza para aguas negras.
- Diseño estructural exclusivo con refuerzos laterales que impiden que el mismo se deforme.

- Parte inferior cónica con base plana que facilita su instalación, impide que se solidifiquen los lodos en el cono de su base, y permite una mejor salida de los mismos.
- Sistema de tuberías internas, para la extracción de los lodos y para la salida de los efluentes líquidos.
- Completamente hermético que facilita el proceso anaeróbico y no genera olores.
- Filtro biológico de 2 etapas, una con biosferas donde se alojan las bacterias, y la segunda etapa del filtro, donde hay una malla clarificadora que retiene partículas y sólidos en suspensión Listo para ser instalado, no requiere mano de obra calificada.
- Ingreso 4" y salida 2" predeterminados de fácil conexión.
- Salida de lodos incorporada con cañería y válvula de PVC tipo bola de 2".
- Caja de recepción de lodos, cómoda y práctica (recomendada)
- Tapa Rosca, totalmente hermética.
- Respirador
- Cañería de inspección o desobstrucción a través de cañería de PVC de 2" de muy fácil limpieza en períodos prolongados de 18 a 24 meses (dependiendo la cantidad de usuarios).

Cuadro 2 Medidas de Biodigestores anaerobios.

DIMENSIONES					
Capacidad	Diámetro	Altura total	Cono	Diámetro boca	Base de Asiento
1000 lts.	1050 mm	1530mm	410mm	500 mm	350 mm
1200 lts.	1100mm	190mm	433mm	500 mm	350 mm

Fuente: catalogo SANEAR 2024

Cuadro 3 Capacidad y Funcionalidad

Capacidad	1000 lts.
Medidas	1050 mm (D) 1530 mm (A)
Aguas negras y grises	4 personas*
Solo aguas negras	6 personas
Oficinas	30 personas
Zona rural	10 personas

Capacidad	1200 lts.
Medidas	1260 mm (D) 1530 mm (A)
Aguas negras y grises	6 personas*
Solo aguas negras	8 personas
Oficinas	40 personas
Zona rural	14 personas

Fuente: catalogo SANEAR 2024

*Se recomienda usar una cámara desgranadora para su óptimo funcionamiento

2.2.1 Funcionamiento

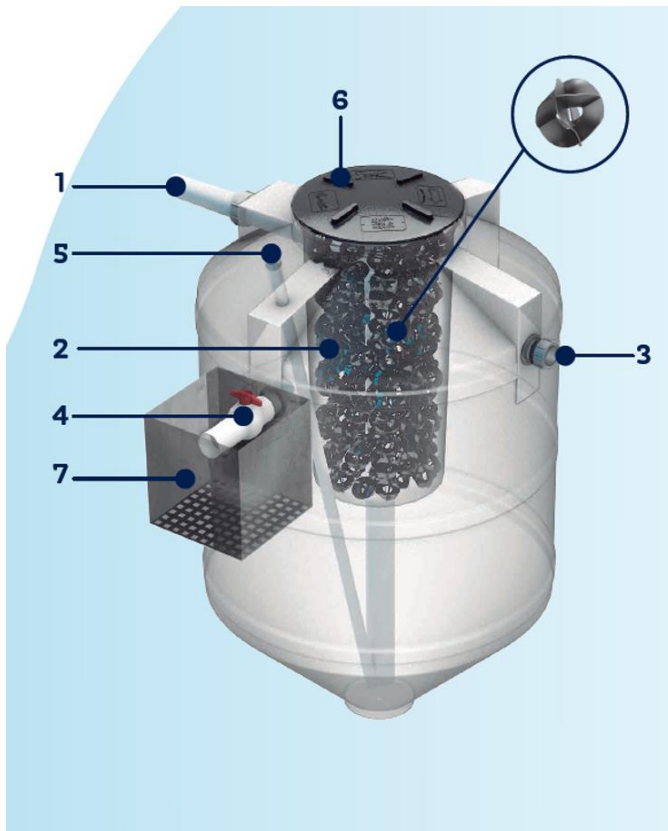
- Entrada de agua residual
- Separación de lodos y agua
- Digestión anaeróbica y paso a través de cama de lodos
- Filtro anaeróbico de 2 etapas.
- Salida de agua tratada a galería filtrante, humedal o pozo absorbente de poca profundidad.
- Cajón de recepción de lodos (tapa a la altura de la tapa del biodigestador)
- Galería filtrante (recomendado)

Figura 3 Biodigestor



Fuente: catálogo SANEAR 2024

Figura. 4 Partes y componentes



Ingreso y salida de efluentes y funcionamiento del Filtro.

- 1) Ingreso Aguas Negras Tubo PVC 4".
- 2) Bioesferas de polietileno.
- 3) Salida de aguas tratadas tubo de 2 ".
- 4) Válvula de extracción de lodos 2" con adaptador y caño de 50mm
- 5) Tapa de inspección PVC 2" (Lodos).
- 6) Tapa.
- 7) Cámara de extracción de lodos.

Fuente: catálogo SANEAR 2024

El biodigestador es auto limpiante, ya que los lodos resultantes de la acción anaeróbica se precipitan hacia su fondo cónico, para luego ser extraídos por gravedad a través de una tubería de PVC de 2" y una llave también de PVC de 2" de bola, colocada por fuera del biodigestor que permiten la deposición en el cajón de lodos instalado al lado.

En el sistema de cajón de lodos y su extracción se incorporan cambios sustanciales, ejemplo: El cajón de lodos para los diferentes volúmenes es de la misma

Capacidad (200 lts.-recomendando) y su tapa de inspección queda al mismo nivel del terreno, al igual que la del biodigestador, lo que permite un fácil acceso para el mantenimiento.

Estos lodos serán extraídos del cajón en un balde de 18 lts. que ingresa al cajón por debajo de la llave de salida de 2", por donde se desalojan los mismos y se deponen en un lugar predeterminado para su secado durante mínimamente 20 días, periodo luego del cual convierten por la acción del aire y los rayos ultravioletas, en un material inerte, sin olor

contaminantes que resulta en un abono orgánico extraordinario para plantas y jardines, sin contaminación ni riesgos para las personas ni animales.

IMPORTANTE: Este trabajo de mantenimiento de extracción de lodos se realiza dependiendo del uso, en un biodigestor de 1000 lts. o 1200 lts. cada 18 meses. Recuerde que tanto el mantenimiento del filtro como de los lodos son fundamentales para el normal funcionamiento.

2.2.2 Beneficios

- Utiliza un proceso anaeróbico (separa los líquidos de la materia Orgánica) para realizar un tratamiento primario del agua.
- Económico respecto al sistema tradicional de mampostería, con fosa séptica y pozo ciego o pozo absorbente.
- Puede ser instalado en cualquier vivienda que no cuente con servicio de drenaje, con el fin de tratar las aguas residuales domésticas.
- Ocupa poco espacio.
- Es un sistema independiente, no requiere un sistema de alcantarillado en la zona.
- Cuida el medio ambiente, previene la contaminación de las napas freáticas o acuíferos.
- Cumple con la Norma Mexicana SERMARNAT 07-07 y **Americana** para reutilización lodos o disposiciones humanas como fertilizantes.
- Al ser auto limpiante, se extraen los sólidos fecales ya tratados a manera de lodos líquidos con solo abrir la llave de bola sin ningún tipo de equipo eléctrico, hidráulico o mecánico.
- Los lodos pueden ser recuperados y usados como fertilizantes o depositados para el entierro sanitario con ningún tipo de afectación al medio ambiente.
- Las aguas emergen con hasta un 95% de desinfección en temas de grasas y sólidos en suspensión, y hasta 5 veces menos en coliformes. Norma americana NSF 350 y NSF 35041.
- Estas aguas terminan su proceso de desinfección con una simple galería filtrante, humedal o un pozo de absorción poco profundo, evitando la contaminación de las napas freáticas o acuíferos subterráneos.
- Las aguas también pueden ser recuperadas y usadas para riego forestal.
- Es de fácil transporte y traslado.

- Fácil instalación, funcionamiento inmediato.
- No se precisa mantenimiento de extracción de lodos o limpieza séptica con camiones cisternas, lo que permite ahorrar elevados costos para el usuario o beneficiario.

2.2.3 Beneficios Sociales y Medio Ambientales

El fin primordial es que permite la preservación de la napa freática a través de la separación de los lodos mineralizados por la acción anaeróbica y de los líquidos por el paso a través de un filtro de polietileno de dos etapas una etapa de biodigestión de la materia orgánica y otra clarificadora.

Con el uso del Biodigestor autolimpiante se eliminan los sistemas tradicionales de fosas sépticas en los cuales solo se separaban los líquidos de los sólidos manteniendo en porcentajes muy altos el nivel de contaminación de los líquidos efluentes. Y en el caso de los sólidos debiendo el usuario pagar para su limpieza y retiro de los mismos vertiéndose luego en Lagunas de oxidación, con los altos costos para su depuración perjuicios y contaminación generados durante toda esta etapa. En el caso de los líquidos efluentes los resultados no son mejores ya que terminan en pozos ciegos que terminan filtrando las aguas contaminadas a la napa freática.

Las Fosa sépticas y pozos absorbentes han cumplido una etapa importante cubriendo las necesidades de los vecinos donde aún no llegan los sistemas de alcantarillado permitiendo si bien no resolver ni eliminar los efectos negativos medioambientales por lo menos neutralizarlos un poco. Ahora bien, en un mundo donde las futuras disputas y posiblemente conflictos sean por el control del agua potable no podemos darnos el lujo de seguir sin tomar conciencia de la necesidad de preservar nuestras aguas subterráneas, que hoy por hoy es la mayor preocupación de la sociedad y de la mayoría de los gobiernos.

Estas posibilidades extremas y de conflictos no son irreales ni tan lejanas. En la ciudad de La Paz, en los meses de octubre y noviembre del 2018 se vieron situaciones desesperantes para la población donde un balde de agua llegó a costar 40 bolivianos y el suministro se racionalizaba dos veces por semana. En Bolivia los problemas con el suministro y racionalización del agua no son recientes, Cochabamba sufre esta racionalización desde hace más de una década aunque esto ha mejorado por la construcción de la represa Misiscuni, hoy

en día otras ciudades como Sucre, Potosí y Trinidad ya están sufriendo serios problemas para el suministro de este vital elemento no solo para los Humanos sino el resto de seres vivos del Planeta.

Se puede vivir sin celulares, sin computadoras incluso en casos extremos sin electricidad, pero "no se puede vivir sin AGUA", sin sol y sin agua en nuestro planeta no hay posibilidad de vida. Es por este motivo, la Urgencia e importancia de la toma de conciencia en la preservación del agua en todos sus estratos, Gobiernos, Alcaldías, Empresas distribuidoras de Agua, y de los propios vecinos del uso y reutilización de las aguas residuales, con la consecuente preservación de las aguas subterráneas que nos permite seguir teniendo agua potable a nosotros y a las futuras generaciones.

La invención del Biodigestor autolimpiante pretende resolver de manera responsable, sencilla y económica este tema.

Este sistema está diseñado para zonas urbanas y periurbanas donde aún no ha llegado el alcantarillado y difícilmente llegue en años por el crecimiento exponencial y desordenado que tiene Bolivia en general, y donde los costos para la instalación del servicio del sistema de alcantarillado domiciliario en lugares apartados lo hacen inviable a corto plazo, además de tener que resolver al mismo tiempo su destino final para su Tratamiento en Grandes Plantas a costos millonarios para el estado o las empresas de Servicios de Agua potable y alcantarillado.

2.2.4 Aguas Efluentes

El bodigestor viene pronta para instalar con un tubo de PVC de 4" para el ingreso de las aguas servidas y uno de 2" en la salida de los efluentes, que pueden dirigirse ya sea a una galería filtrante, pozo absorbente o a un humedal dependiendo la necesidad del usuario y las condiciones y/o dimensiones del terreno.

En el caso de la galería filtrante se recomienda una zanja de unos 30 cm de ancho por unos 50 de profundidad en el fondo de la cual se debe incorporar unos 10 cm de ripio para permitir el drenaje de las mismas y luego de colocar la tubería perforada en su parte inferior rellenar con material del lugar o arena de modo que no deteriore la misma.

Según los laboratorios realizados las aguas cumplen las normas americanas NSF 350 y NFS

350-1 con excepción de los registros de Coliformes según Certificado de laboratorio de la UTALAB (UGRM) que puede ser solicitado en cualquier momento.

2.2.5 Posibles Usos y Limitaciones

Las aguas efluentes podrían ser recuperadas en un tanque enterrado y mediante un sistema de bombas poder usarlas para riego forestal, las aguas efluentes tienen aún un alto grado de patógenos, por tanto, no deben entrar en contacto humano o animal sin un tratamiento adicional.

No deben reusarse en el sistema sanitario, no deben usarse para riego de plantaciones agrícolas. Para su reutilización, y optimización de los recursos hídricos, estas aguas podrían clorarse con un sistema sencillo instalado en el tanque de recepción o tanque de entierro, con un canastillo de pastillas de cloro y un sistema de aireación interna según requiera y necesite el usuario.

Esto implicaría solo riego de jardines, y plantaciones agrícolas, de igual forma evitando el contacto humano.

2.2.6 Lodos

Una vez cumplido el periodo recomendado de tiempo para la extracción de lodos y al retirar todos los líquidos del registro de lodos que salen por la llave o válvula de extracción, colocándolo por debajo abrir la llave y una vez lleno, cerrar la llave y retirar jalando el balde con una soga previamente amarrada al jalador de éste, para depositar el contenido en un lugar predeterminado para el secado de los lodos, repetir este procedimiento hasta sacar la totalidad de lodos del equipo.

Los lodos pueden ser depositados para su secado final, en un hoyo en un terral o jardín, donde se secarán pasados aproximadamente unos 20 días, la acción de los rayos ultravioletas y el oxígeno dejarán un material seco y prácticamente inocuo para la manipulación y el medio ambiente.

Figura 5. Lodos



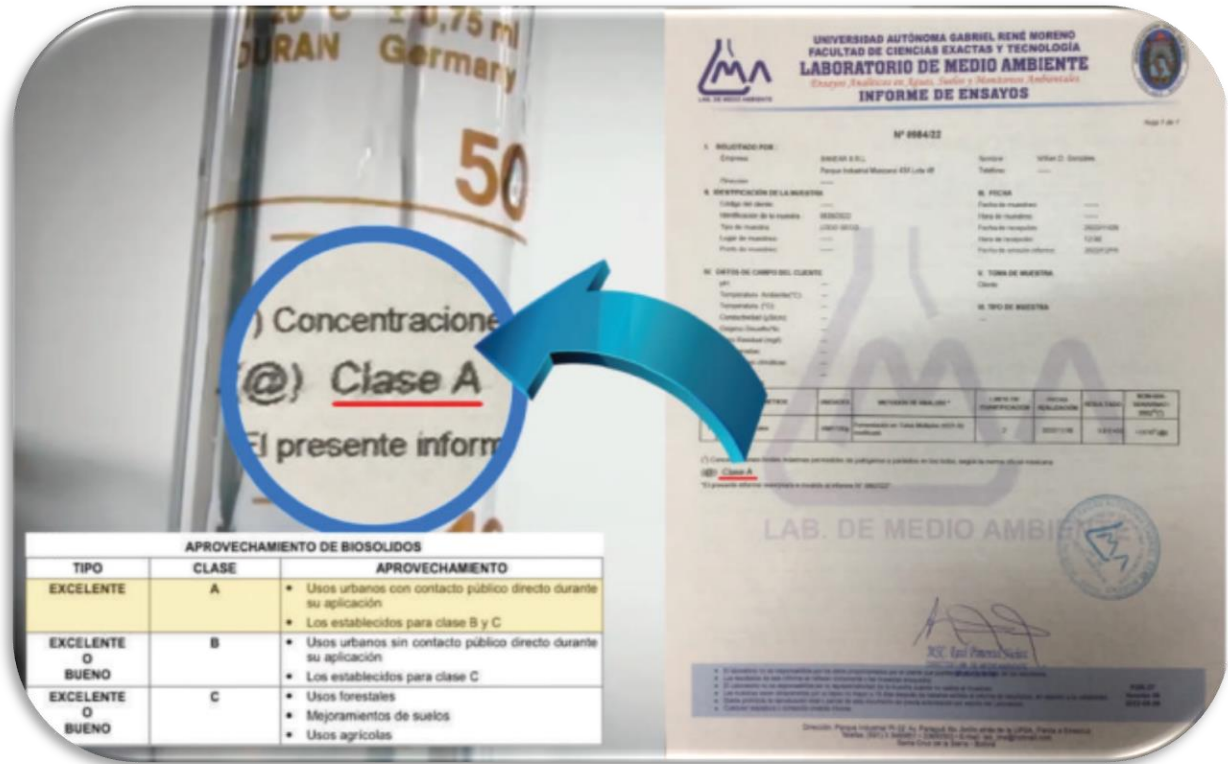
Fuente: catálogo SANEAR 2024

Luego se podrán reusar como fertilizante en plantas y jardines o descartarlo para el relleno sanitario. Los lodos cumplen con la norma mexicana SERMARNAT 07-07 Clase A, siendo recuperables y pudiendo ser manipulados sin guates, para su uso en la agricultura sin contraindicación alguna.

2.2.7 Laboratorio

Se ha podido comprobar que se reduce sustancialmente los contaminantes de sus efluentes y los olores. Los cambios en la reducción de algunos de ellos son más que significativos por ejemplo: DBO, en más de un 95 % DQO, (en más de un 96 %) aceites y grasa en suspensión, (en más de un 98%) amonios (en casi un 50%) solidos suspendidos totales (en más de un 98%) sulfuros totales (en más del 90 %) en coliformes fecales la reducción ha sido significativa de 110 millones a 25 millones en la salida del biodigestor sigue lejos de los parámetros ideales ya que el tratamiento es primario pero es más que significativo.

Figura 6 (Resultados de laboratorio hechos por UTALAB-UAGRM).



Fuente: catálogo SANEAR 2024

2.2.8 Proceso de instalación del Biodigestor

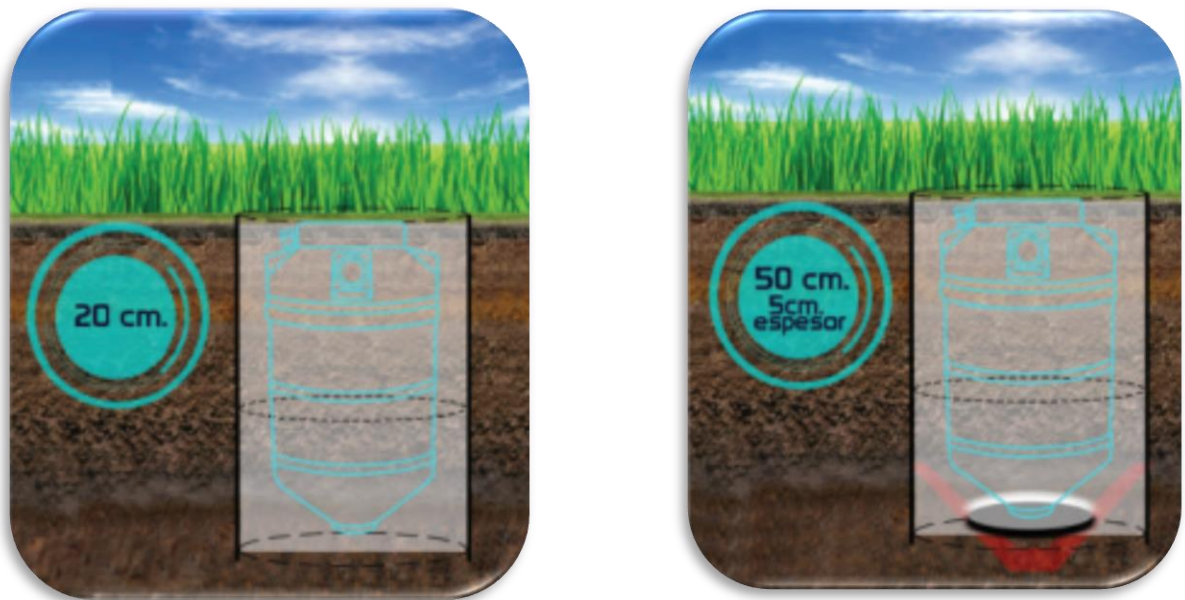
Lo primero que se hace, es determinar la profundidad de excavación en base a la altura del biodigestor prefabricado y la profundidad de la tubería proveniente de la vivienda. La cual debe empalmarse en la entrada de 4".

- 1.- Luego se excava la parte cilíndrica, aumentada como mínimo 20 cm al diámetro del equipo para facilitar la posterior compactación.
- 2.- La base se excava con la misma forma cónica del Biodigestor y debe estar compacta y libre de elementos rocosos que lo puedan dañar. Se debe proveer el espesor de una loza de 50 cm de diámetro por 5 cm de ancho donde apoyará la base del BIODIGESTOR.

3.- Ingresar el equipo dentro de la excavación, asegurándose de que se encuentre bien apoyada la parte inferior.

*Recomendado: puede hacer un pequeño vaciado de concreto (5 cm de espesor y 50 cm de diámetro) para apoyar todo el diámetro de la base de apoyo, con más razón si el terreno es muy arenoso o inestable.

Figura 7 Excavación y colocado del Biodigestor



Fuente: catálogo SANEAR 2024

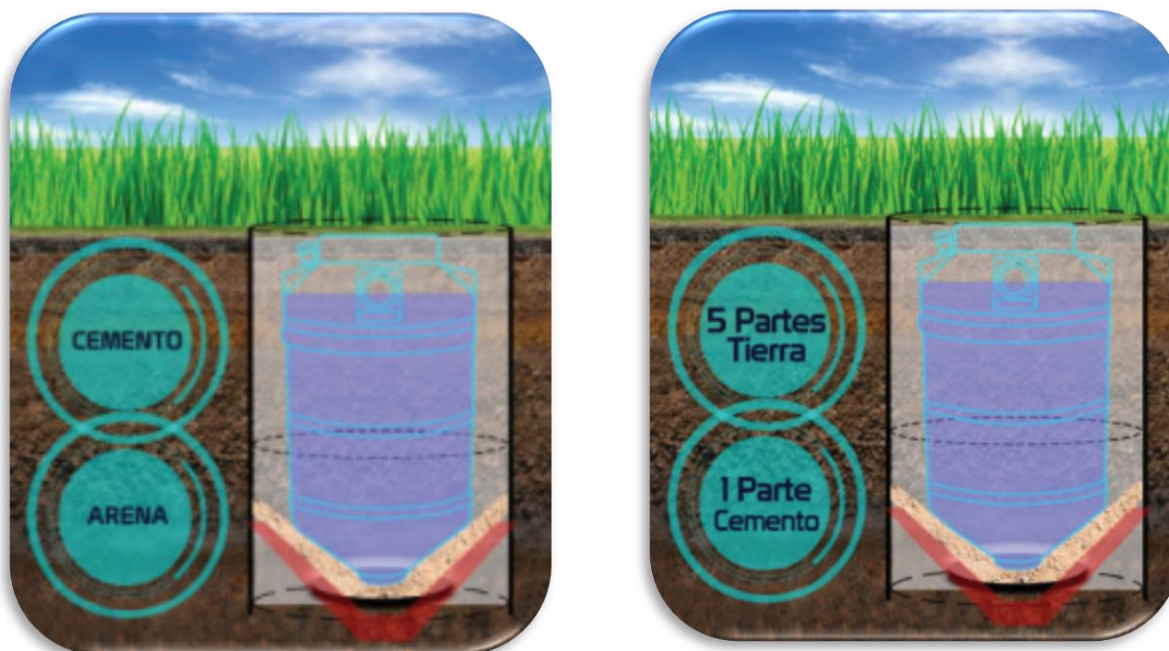
4.- Antes de comenzar con el entierro y compactación, se debe llenar el equipo de agua instalando y cerrando primero la válvula de extracción de lodos y manteniéndola cerrada.

5.- Para el proceso de entierro y compactación usted puede preparar un "Suelo-cemento" se hace mezclando arena o tierra del lugar con cemento seco (6 x 1). Esta mezcla se vierte en la parte cónica inferior del equipo, asegurándose de que no queden huecos. El resto se llena con una mezcla hecha con cinco partes de tierra y una de cemento.

6.- Se debe excavar el volumen requerido para la instalación también de la cámara de extracción de lodos, la cual queda a una profundidad considerable, la diferencia de la misma

hasta la superficie o ras del terreno debe realizarse con una mampostería tradicional, ladrillos y cemento con tapa de concreto o prefabricado.

Figura 8 Entierro y compactación del Biodigestor

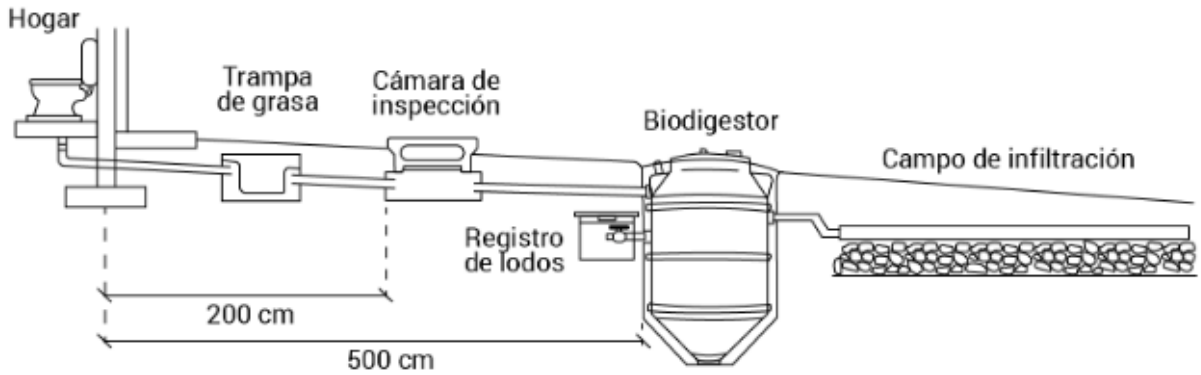


Fuente: catálogo SANEAR 2024

9.- Su uso debe iniciar instalando un tubo sanitario de la vivienda a la entrada del Biodigestor, conectando la salida del agua a una galería filtrante o campo de infiltración y manteniendo la válvula de lodos de extracción cerrada. (Esta debe mantenerse así durante por lo menos 18 meses periodo de su mantenimiento).

Nota: Debe evitarse el ingreso de aguas pluviales al Biodigestor ya que esto inhibe el proceso de digestión anaeróbica, que es la clave del funcionamiento del sistema. Asimismo debe evitarse en lo posible el ingreso de papel higiénico, toallas higiénicas, condones y otros objetos que puedan obstruir la tubería de ingreso de las aguas al sistema o impedir el correcto funcionamiento del mismo.

Figura 9 Vista frontal del sistema



Fuente: catálogo de revista

2.3 Ingeniería de Proyecto-Solución alternativa -Biodigestador

2.3.1 Área de Proyecto

Se puede apreciar una vista en planta en la Figura 10, gracias a una imagen satelital obtenida mediante google earth. Para apreciar la disposición y ubicación de las viviendas.

Figura 10 Vista en planta comunidad Sauces



Fuente: Elaboración propia (google earth, 2024).

2.3.2 Parámetros de diseño

Periodo de diseño.- según manual del Biodigestador prefabricado el periodo de diseño será hasta que se deteriore la calidad del material del que este hecho el mismo.

Población inicial e índice de crecimiento.- para este caso en particular en base a la observación y visita a la comunidad se puedo ver que en promedio habitan 5 personas por vivienda y tomando en cuenta el índice de crecimiento negativo se tomara para el caso un número de 5 personas por biodigestador.

Dotación media diaria de agua potable.- Considerando los aspectos sociales en lo que concierne a su migración y su población flotante, se ha adoptado según el cuadro 4 como dotación de agua potable 70 l/h/d para la comunidad, que son equivalentes además con los rangos de dotación adoptados por la Norma Boliviana 689, considerando aspectos de población y situación geográfica dentro del territorio nacional.

Cuadro 4 Dotación media (L/hab/dia).

ZONA	POBLACIÓN (hab.)					
	Hasta 500	De 501 a 2000	De 2001 a 5000	De 5001 a 20000	De 20001 a 100000	Más a 100000
Del altiplano	30 a 50	30 a 70	50 a 80	80 a 100	100 a 150	150 a 200
De los valles	50 a 70	50 a 90	70 a 100	100 a 140	150 a 200	200 a 250
De los llanos	70 a 90	70 a 110	90 a 120	120 a 180	200 a 250	250 a 350
NOTAS		-1			-2	


Fuente: Norma de Diseño de Alcantarillado Sanitario y Pluvial NB-688

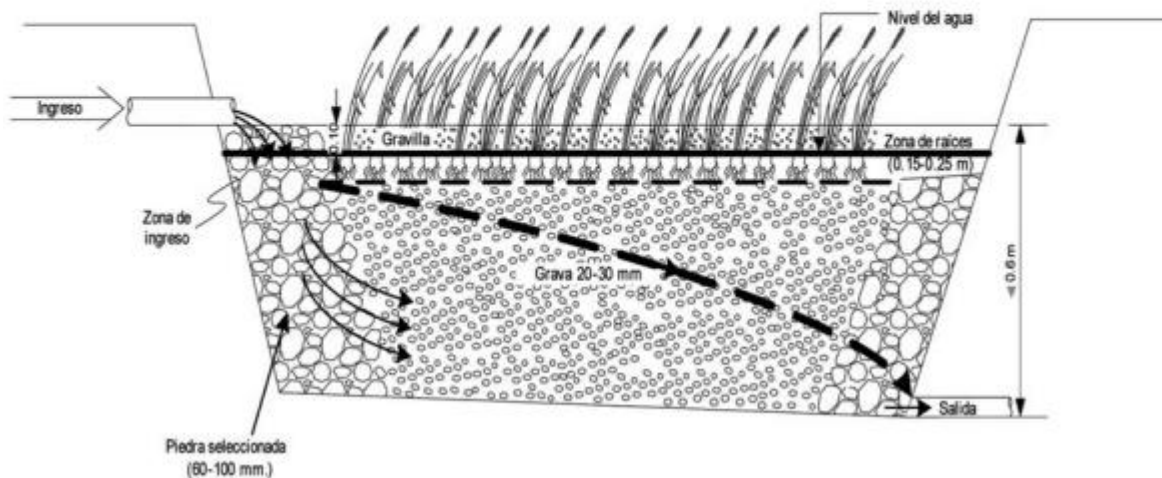
(1) *Justificar a través de un estudio social.*

(2) *Justificar a través de un estudio socio-económico*

Humedal artificial de flujo superficial y/o zanja de infiltración.- se considera para el caso dependiendo del usuario respecto a espacio y ubicación del Biodigestador .

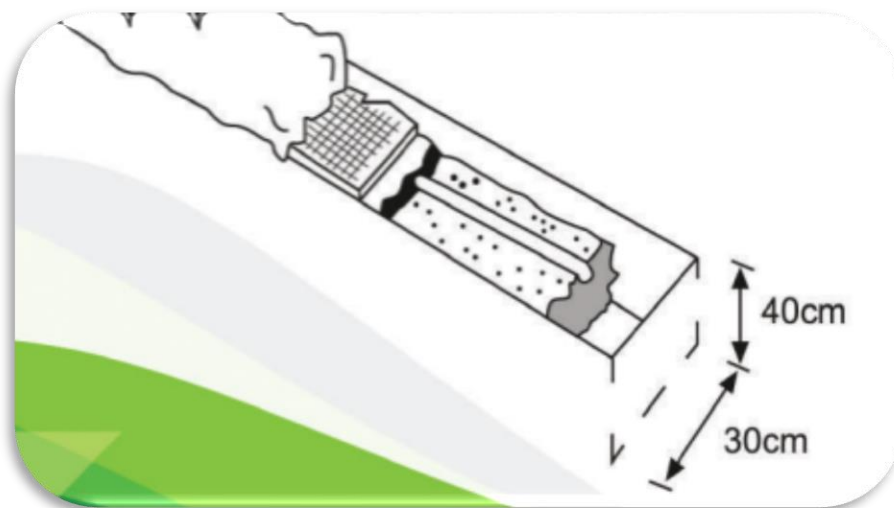
Figura 11 Humedal artificial de flujo superficial

Nivel de empleo	Nivel de administración	Entrada producto:	 Aguas pretratadas negras y /o grises
 Rural disperso  Rural concentrado  Peri-urbano	 Familia  CAPY  EPSA	Salida del producto:	 Aguas residuales tratadas
Aplicable a zona:		 Altiplano	 Valles
		 Llanos	



Fuente: Adaptado EPA – 2000

Figura 12 Zanja de infiltración



Fuente: catalogo SANEAR 2024

2.3.3 Biodigestor

El Biodigestor elegido para el diseño debe de adoptarse en función de la capacidad del mismo como se indicó en el cuadro 3 teniendo el cual tiene capacidad de 1200 litros para 6 personas.

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones

- En el Municipio de Mizque, tiene el descuido aún de sistemas de alcantarillado, donde se ve afectada la zona rural y en especial a la comunidad de Sauces.
- Se puede concluir en que no existe ningún tipo de manejo integral de las aguas residuales para mitigar los impactos ambientales por parte de las entidades pertinentes; conllevando al ciudadano que haga su distribución de desechos, de aguas negras donde este a su alcance con métodos antiguos, como pozos sépticos. Cabe recalcar el implementar el pre diseño de este proyecto se fundamenta en la estructura civil como en lo socioeconómico, debido a que se puede impulsar este sistema, construyendo a un precio económico.

3.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se impulse la implementación y ejecución de este tipo de proyecto de biodigestores para sensibilizar y concientizar a los habitantes, y autoridades correspondientes, en el tema del manejo de aguas residuales domiciliarias.
- Se recomienda impulsar proyectos de este tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales y aplicación a diferentes sectores tanto doméstico, comercial, institucional, o empresarial, donde no se cuente con un sistema de alcantarillado sanitario.
- Analizar y evaluar los impactos ambientales más comunes e importantes que se ven reflejados con las actividades durante la ejecución y cierre del proyecto del sistema con biodigestores.

BIBLIOGRAFÍA

- Calderón, H. E. (2016). Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales para el centro poblado de San Jose de Minas, cantón Quito, provincia Pichincha. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Elizondo, D. (2005). El Biodigestor. Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.
- García. (2006). Diseño de una Planta de Tratamiento Piloto de Aguas Residuales Domésticas para el Conjunto Residencial Matisse utilizando un Humedal Artificial. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Metcalf, & E. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse (Fourth). . New Delhi: McGraw-Hill.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2010). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.
- Noyola, A. (2010). *ceajalisco.gob.* . Obtenido de http://www.ceajalisco.gob.mx/notas/documentos/noyola_cea_jalisco.pdf.
- Preston, R. B. (1987). Biodigestor de Bajo Costo para la Producción de Combustible y Fertilizante a Partir de Excretas.
- Ruíz, L. G. (2014). TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE QUÍMICO (A) Y FARMACÉUTICO (A). Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- SANEAR. (2024). Catalogo ECO-FOSA Biodigestador para Tratamiento de Aguas Residuales Domiciliarias e Industriales.
- Stainforth, M. M. (1978). Compost Fertilizer and biogas production from human and farm wastws in the Peoples Republic of China. . Ottwa-Canada: IDRC.
- Wikipedia. (s.f.). *Biodigestor*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodigestor>

ANEXOS

ANEXO “A”.- Manual de mantenimiento del Biodigestor

ANEXO “B”.- Análisis de Precios Unitarios (APUS)

ANEXO “C”.- Presupuesto general

ANEXO “D”.- Planos

ANEXO “E”.- Cronograma de implementación del Biodigestador