

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIMARIO DE AGUA
POTABLE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA
VIVIENDA DEL SECTOR DE SAN BARTOLO**

**DISEÑO DE LA RED SANITARIA DE LA VIVIENDA Y TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN AGUA Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL**

CRISTINA NICOL FONSECA CHANGO

DIRECTOR: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA. Mgtr.

DMQ, septiembre 2022

CERTIFICACIONES

Yo, Cristina Nicol Fonseca Chango 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.



Cristina Nicol Fonseca Chango

crisrina.fonseca@epn.edu.ec

fonsecacristina20@gmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Cristina Nicol Fonseca Chango, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:

**SANDRA
PATRICIA
PANCHI JIMA**

Ing. Sandra Patricia Panchi Jima, Mgtr.

DIRECTORA

sandra.panchi@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) 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.

CRISTINA NICOL FONSECA CHANGO

ING. PATRICIA PANCHI, Mgtr.

DEDICATORIA

A mi madre, por ser el pilar más importante y que con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy una meta más, por haberme apoyado a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mi hermano, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por ser mi guía y estar conmigo siempre.

A toda mi familia que siempre me ha apoyado en mi formación académica y que de alguna u otra forma me acompañan en mis sueños y metas.

A mi mascota Luna, que me ha acompañado en el paso de todos estos años y ha hecho mi vida más amena.

AGRADECIMIENTO

A mi madre y hermano, quienes son mi motor y mi mayor inspiración, por guiarme siempre a tomar decisiones correctas, por sus consejos y palabras de aliento, gracias infinitamente por estar conmigo en las buenas y en las malas. Los amo.

A mi mejor amiga y compañera de tesis por su amistad, apoyo incondicional y ayuda en el transcurso de la Universidad.

Agradezco a todos los docentes que tuve en el transcurso de la carrera, a mi directora de tesis Ing. Patricia Panchi por sus conocimientos, paciencia y comprensión ante las dificultades que se presentaron durante este trabajo, a los ingenieros Santiago Guerra y Eduardo Vásquez, por su sabiduría, conocimientos y apoyo durante mi desarrollo personal y profesional en la Escuela Politécnica Nacional.

Gracias a mi familia y amigos, que han sido parte importante para la culminación de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| CERTIFICACIONES | I |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | II |
| DEDICATORIA | III |
| AGRADECIMIENTO | IV |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | V |
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | VIII |
| Índice de Ecuaciones | IX |
| RESUMEN..... | X |
| ABSTRACT..... | XI |
| | |
| 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO..... | 1 |
| 1.1 Objetivo general..... | 1 |
| 1.2 Objetivos específicos | 1 |
| 1.3 Alcance | 2 |
| 1.4 Marco teórico | 2 |
| 1.4.1 Las Aguas Residuales | 2 |
| 1.4.2 Aguas Grises Domésticas..... | 2 |
| 1.4.3 Aguas Negras..... | 3 |
| 1.4.4 Necesidades Básicas y Fisiológicas | 3 |
| 1.4.5 Contaminación Ambiental | 4 |
| 1.4.6 Tratamientos Previos a descarga de residuos | 5 |
| 1.4.7 Procesos básicos para el tratamiento de aguas residuales..... | 5 |
| 1.4.8 Alternativas para el tratamiento de aguas residuales..... | 5 |
| 1.4.9 Normativas aplicables..... | 8 |
| 2 METODOLOGÍA | 9 |
| 2.1 Descripción Física del Terreno..... | 9 |
| 2.2 Limpieza y Desbroce..... | 9 |
| 2.3 Levantamiento Planimétrico | 9 |
| 2.3.1 Situación actual de las conexiones sanitarias | 10 |
| 2.4 Determinación del caudal a tratar..... | 11 |
| 2.4.1 Caudal aguas grises | 12 |
| 2.4.2 Caudal de aguas negras..... | 13 |
| 2.5 Caja de revisión alterna..... | 13 |
| 2.6 Trampa de grasa..... | 13 |
| 2.6.1 Tiempo de retención hidráulica | 14 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.6.2 | Caudal total de agua gris | 14 |
| 2.6.3 | Volumen de trampa de grasa..... | 14 |
| 2.6.4 | Consideraciones para el diseño de una trampa de grasa..... | 15 |
| 2.7 | Biojardinera..... | 15 |
| 2.7.1 | Criterios de diseño | 16 |
| 2.7.2 | Área del humedal..... | 17 |
| 2.8 | Pozo Séptico..... | 19 |
| 2.8.1 | Criterios de diseño | 20 |
| 2.8.2 | Caudal total de agua negra..... | 21 |
| 2.8.3 | Volumen de tanques sépticos | 21 |
| 2.8.4 | Volumen de sedimentación..... | 21 |
| 2.8.5 | Volumen de almacenamiento de lodos | 21 |
| 2.8.6 | Área superficial..... | 22 |
| 2.8.7 | Profundidad máxima de espuma..... | 22 |
| 2.8.8 | Profundidad libre del lodo | 22 |
| 2.8.9 | Profundidad mínima requerida para la sedimentación | 23 |
| 2.8.10 | Profundidad neta del tanque séptico. | 23 |
| 2.9 | Zanja de Absorción | 23 |
| 2.9.1 | Criterios de diseño | 24 |
| 3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 26 |
| 3.1 | Catastro del Domicilio | 26 |
| 3.2 | Separación de aguas residuales | 26 |
| 3.3 | Diseño del sistema para aguas grises..... | 26 |
| 3.3.1 | Trampa de grasa | 27 |
| 3.3.2 | Biojardinera | 28 |
| 3.3.3 | Parámetros considerados en aguas grises | 31 |
| 3.4 | Diseño del sistema para aguas negras | 32 |
| 3.4.1 | Pozo séptico | 32 |
| 3.4.2 | Parámetros Biológicos | 36 |
| 3.4.3 | Limpieza del pozo séptico..... | 36 |
| 3.4.4 | Zanja de Absorción | 37 |
| 3.5 | Presupuesto de la obra | 39 |
| 4 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 41 |
| 4.1 | Conclusiones | 41 |
| 4.2 | Recomendaciones | 42 |
| 5 | Bibliografía..... | 43 |

| | |
|--|----|
| 6 Anexos..... | 47 |
| Anexo I. Certificado de originalidad..... | 47 |
| Anexo II. Tabla 9 (TULSMA). Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce..... | 48 |
| Anexo V. Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual..... | 52 |
| Anexo VI. Planos | 53 |
| Anexo VII Memoria Técnica | 56 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Volumen de agua según el tipo de inodoro | 11 |
| Tabla 2. Tiempo de retención hidráulica para trampa de grasa. | 14 |
| Tabla 3. Tipos de sustrato para biojardinera..... | 17 |
| Tabla 4. Valores típicos de aguas grises de diferentes autores | 18 |
| Tabla 5. Eficiencia de remoción de contaminantes en una biojardinera. | 18 |
| Tabla 6. Medidas de un tanque de plástico de 60 L..... | 28 |
| Tabla 7. Resultados de dimensionamiento de la biojardinera. | 30 |
| Tabla 8. Resultados Referenciales de los parámetros analizados | 31 |
| Tabla 9. Comparación de valor objetivo con normativa TULSMA. | 31 |
| Tabla 10. Valores de diseño considerados para pozo séptico | 33 |
| Tabla 11. Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico | 36 |
| Tabla 12. Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico | 36 |
| Tabla 13. Eficiencia de remoción de DBO5 | 39 |
| Tabla 14. Comparación valor objetivo y TULSMA..... | 39 |
| Tabla 15. Presupuesto de la obra..... | 39 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Humedal Superficial de flujo horizontal..... | 7 |
| Figura 2. Limpieza del terreno | 9 |
| Figura 3. Imagen referencial del lugar del proyecto | 10 |
| Figura 4. Toma de medidas de la caja de revisión | 11 |
| Figura 5. Imagen referencial de la biojardinera..... | 16 |
| Figura 6. Imagen Referencial de Pozo Séptico..... | 19 |
| Figura 7. Imagen referencial de zanja de absorción | 23 |
| Figura 8. Limpieza del pozo séptico | 37 |

Índice de Ecuaciones

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Cálculo de caudal de inodoros | 12 |
| Ecuación 2. Cálculo de dotación final | 12 |
| Ecuación 3. Cálculo del agua gris | 13 |
| Ecuación 4. Cálculo del caudal de inodoros..... | 13 |
| Ecuación 5. Cálculo de caudal total de agua gris..... | 14 |
| Ecuación 6. Cálculo de volumen de trampa de grasa. | 14 |
| Ecuación 7. Cálculo área del humedal..... | 17 |
| Ecuación 8. Cálculo de caudal de agua residual..... | 21 |
| Ecuación 9. Cálculo de volumen de tanque séptico | 21 |
| Ecuación 10. Cálculo de volumen de sedimentación | 21 |
| Ecuación 11. Cálculo de volumen de almacenamiento de lodos..... | 22 |
| Ecuación 12. Cálculo del área superficial del pozo séptico. | 22 |
| Ecuación 13. Cálculo de profundidad máxima de espuma | 22 |
| Ecuación 14. Cálculo de profundidad libre del lodo..... | 22 |
| Ecuación 15. Cálculo de profundidad mínima para sedimentación. | 23 |
| Ecuación 16. Cálculo de profundidad neta del tanque séptico | 23 |
| Ecuación 17. Cálculo del área de absorción requerida | 25 |
| Ecuación 18. Cálculo de zanja estándar. | 25 |

RESUMEN

El proyecto desarrollado en este documento técnico consiste en el diseño hidrosanitario del agua residual de una vivienda ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, en el sector San Bartolo. Se realizó un levantamiento de información tanto del terreno como de la vivienda para establecer la ubicación ideal de las operaciones unitarias para el tratamiento de aguas residuales; de igual manera se tomaron los datos georreferenciados para el diseño de planos. Durante la obtención de las medidas se observó que existe una caja de revisión, la cual se empleó como un elemento funcional dentro del diseño de los planos y va a ser usado para el tratamiento de aguas negras.

El diseño presentado consta de dos cajas de revisión, un pozo séptico, una trampa de grasa, una zanja de infiltración y una biojardinera que tiene como límite una dotación de agua de 120 L/hab*d aun cuando al momento se usan 80,8 L/hab*d, por lo que se tiene un sistema escalable en el tiempo.

El planteamiento tiene como objetivo que el efluente alcance parámetros físico-químicos y biológicos ideales que cumplan con la normativa vigente en Ecuador para descarga de aguas residuales y que se puedan integrar en fuentes de agua dulce presentes en el terreno.

PALABRAS CLAVE: Aguas residuales, Efluente, Diseño, Tratamiento, Operaciones unitarias.

ABSTRACT

The project developed in this technical document consists of the hydrosanitary design of the wastewater of a house located in the Metropolitan District of Quito, in the San Bartolo sector. Information gathering of both the land and the dwelling was carried out to establish the ideal location of unit operations for wastewater treatment; similarly, georeferenced data were taken for the layout design. During the measurements it was observed that there is a review box, which was used as a functional element within the design plans and will be used for the sewage treatment.

The presented design consists of two review boxes, a septic tank, a grease trap, an infiltration trench and a bioplant that has a supply of water of 120 L/hab*d as a limit, even when at the moment there are used 80,8 L/hab*d, so that there is a scalable system in time.

The objective of the approach is that the effluent reaches ideal physical-chemical and biological parameters that comply with the current regulations in Ecuador for wastewater discharge and that can be integrated into freshwater sources present in the field.

KEYWORDS: Wastewater, Effluent, Design, Treatment, Unit Operations.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El proyecto nació a partir de la necesidad hidrosanitaria en una vivienda ubicada en el barrio San Bartolo en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). La vivienda no cuenta con un manejo adecuado de las aguas residuales producidas por las personas que residen en el lugar, el desconocimiento del tema los llevó a realizar descargas de sus efluentes domésticos directamente a una quebrada cercana, lo cual es un daño grave tanto a la salud pública como al medio ambiente.

La finalidad del proyecto es el diseño del sistema sanitario que sirva para toda la vivienda, en el que se proponen alternativas adecuadas y viables según las condiciones del terreno, para así determinar cuál es la más favorable, entre estas se plantea el desarrollo de una trampa de grasa, un pozo séptico, una zanja de infiltración y un humedal o conocido también como bio-jardinera. Las actividades llevarán a cabo para cumplir con este proyecto son visitas técnicas al lugar de interés para fijar los puntos georreferenciados e inspección de las condiciones del terreno, la localización de la caja de revisión para determinar cuáles son las entradas y salidas de las aguas residuales de la vivienda.

Una vez obtenidos los datos que se requerían, tales como medidas de la vivienda, referencias de los afluentes y efluentes de las aguas residuales, se determinaron los caudales para decidir la alternativa más funcional de acuerdo con los resultados obtenidos, seguido de esto, se estableció el lugar más adecuado para la ubicación de las alternativas. Finalmente, se elaboraron los planos en los que consta el diseño de las operaciones de tratamiento planteadas, que se ajustan a las medidas de la vivienda y se obtuvo el presupuesto referencial, en el que consta tanto el costo de material como el valor de mano de obra que se requerirán para una construcción futura.

1.1 Objetivo general

Diseñar la red sanitaria para el tratamiento de aguas residuales de una vivienda ubicada en el sector San Bartolo en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).

1.2 Objetivos específicos

1. Diseñar la red del sistema sanitario para la vivienda
2. Proponer dos alternativas de tratamiento de las aguas residuales producidas en la vivienda.
3. Elaborar los planos de diseño y el presupuesto de los sistemas propuestos.

1.3 Alcance

El proyecto se desarrolló en una vivienda ubicada en la ciudad de Quito en el barrio San Bartolo. Se realizaron visitas técnicas al lugar de interés para la recolección de información de las coordenadas georreferenciadas, así como también el levantamiento de información para las operaciones unitarias requeridas para el tratamiento del agua residual. Las actividades realizadas para el cumplimiento del manejo adecuado de aguas residuales en la vivienda iniciaron con la determinación del caudal correspondiente, para luego diseñar las alternativas planteadas que permitan la descontaminación física-química y biológica. Estas actividades contribuyeron al planteamiento de una solución para la problemática que se tiene en la vivienda con respecto a la gestión y tratamiento de efluentes domésticos, y de esta forma dar a los habitantes de la vivienda una mejor calidad de vida.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Las Aguas Residuales

El agua contaminada es resultado de las actividades humanas que alteran la calidad inicial de la misma, éstas causan un desequilibrio de los ecosistemas. Como menciona (Da Ros, 1995), las aguas residuales domésticas están compuestas por aguas grises y negras procedentes de las viviendas. Los residuos domésticos son fácilmente degradables, debido a que están compuestas por materia orgánica. Las aguas residuales son aquellas que están dirigidas hacia el sistema de alcantarillado, algunas veces se incluye el agua lluvia e infiltraciones que existan en el terreno.

1.4.2 Aguas Grises Domésticas

Las aguas grises domésticas (AGD) son el resultado del uso de duchas, lavamanos, lavaplatos, entre otros. Todos estos usos representan alrededor del 75% del total de aguas residuales, éstas no contienen gran cantidad de materia orgánica, aceites, grasas, y microorganismos patógenos, de igual forma no presentan un impacto negativo al medio ambiente (Travis et al., 2008).

Generalmente éstas tienen una composición dada por materia orgánica e inorgánica, además de que tienen un bajo contenido de materia fecal, por lo que, son consideradas adecuadas para el reciclaje (Asociación Española de Empresas del Sector del Agua, 2008). Cabe mencionar que el uso responsable del líquido vital en conjunto con los avances tecnológicos ayuda a la conservación del medio ambiente, así como también la reducción del consumo y el reaprovechamiento del agua.

1.4.3 Aguas Negras

Se pueden definir como aguas negras a los fluidos provenientes de las descargas de inodoros, las cuales están contaminadas de excretas humanas y deben ser tratadas para la irrigación de zonas verdes (Alavarado Granados et al., 2012)

De la misma forma, se las denominan aguas cloacales o aguas servidas. Es imprescindible que éstas tengan un tratamiento antes de la descarga a un afluente. Generalmente, contienen gran cantidad de materia orgánica y coliformes fecales, por lo tanto, se debe considerar importante el paso por un tratamiento adecuado que garantice el cumplimiento de las normas hidrosanitarias para la conservación del medio ambiente y asegurar el bienestar de los habitantes.

1.4.4 Necesidades Básicas y Fisiológicas

Es el conjunto de elementos indispensables que el ser humano necesita para vivir, tales como comer, dormir, beber agua, entre otros. Las necesidades básicas son derechos fundamentales para todo ser humano, además constituye a un derecho natural dictado por acuerdos internacionales de los derechos humanos, los cuales son irrenunciables, además de ser propios de la persona sin depender de ninguna condición.

Maslow en la “Teoría de la Motivación Humana” plantea que las personas están motivadas por diferentes factores, el autor expone que existen 5 categorías de necesidades y todas estas van en un orden jerárquico de forma ascendente que va de acuerdo con la importancia de supervivencia (Quintanero Angarita, 2011). Las 5 categorías de necesidades son las siguientes:

Necesidades Fisiológicas

Necesidades de Seguridad

Necesidades de Afiliación

Necesidades de Reconocimiento

Necesidades de Autorrealización

En cuanto a las necesidades fisiológicas, se las considera como una de las necesidades fundamentales para la supervivencia del ser humano, cabe mencionar que ésta comienza con la alimentación y consumo de agua dulce, debido a esto y a la necesidad de satisfacer necesidades de higiene personal, el uso de agua para estas actividades hace que el agua se convierta en agua residual (eACNUR, 2018).

1.4.5 Contaminación Ambiental

Es la alteración nociva de los estados normales de un medio natural equilibrado dado por agentes físicos, químicos o biológicos que pueden ser perjudiciales para la salud del ser humano, animales o plantas. A nivel mundial, se calcula que el 80% de las aguas residuales totales en las que están incluidas los efluentes domésticos se descargan al medio ambiente sin tratamiento alguno, esto desata una serie de contaminantes perjudiciales para el océano y ocasionan daños directos a las personas (UNESCO, 2006).

Es por ello, que el tratamiento de las aguas residuales es realmente importante para su posterior uso, ya que evita la contaminación del medio ambiente. Por ejemplo, las regiones que no poseen un adecuado abastecimiento de agua tienden a presentar enfermedades infecciosas por estar expuestos a desechos humanos como la cólera, hepatitis, disentería, salmonela, entre otros.

Las aguas residuales que no han sido correctamente tratadas presentan una amenaza relevante para la salud humana, ya que en estas existen varios patógenos y subproductos perjudiciales y altamente peligrosos. Las poblaciones cercanas a estas fuentes son las más perjudicadas, ya que corren el riesgo de inhalar o a su vez ingerir los patógenos que se encuentran en el aire (Senatore, 2020).

Por consiguiente, la razón principal para realizar el tratamiento de las aguas de desecho es procurar el bienestar de la población y el cuidado del medio ambiente. El vertido directo del agua residual sin un tratamiento previo puede ocasionar daños, ya que se introducen contaminantes que afectan la salud pública si se tiene algún tipo de contacto con este tipo de agua contaminada.

Descarga de Residuos

Es un proceso de desalojo de desechos desde un lugar específico, hasta un destino final. La conceptualización del residuo a lo largo del tiempo ha presentado dificultades desde diferentes perspectivas, además hace énfasis en la forma cultural y económica según se ha destacado (Bauman, s/f).

Cabe mencionar que, un residuo es un material sólido, semisólido, líquido o gas cuyo productor requiere o necesita deshacerse de él, y este de alguna forma puede ser tratado responsablemente o manejarse por algún sistema de disposición final.

Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) las normas comunes para las descargas de efluentes a cuerpos de agua dulce, menciona que, toda descarga de agua debe estar dentro del límite de intervención, y se deben definir

las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores, todo esto con la finalidad de cumplir con los criterios de calidad (Ministerio del Ambiente, 2015).

Finalmente, en índoles particulares de carencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores que se encuentran en el anexo 2 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con la garantía de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios (Ministerio del Ambiente, 2015).

1.4.6 Tratamientos Previos a descarga de residuos

El desarrollo de tecnologías innovadoras y las mejoras a los sistemas habituales proponen métodos para el tratamiento de aguas residuales. Algunas de estas estrategias de manejo tienen como objetivo aumentar la eficiencia del tratamiento y mejorar la naturaleza del agua de descarga.

1.4.7 Procesos básicos para el tratamiento de aguas residuales

Los procesos físicos, químicos y biológicos son procesos que forman parte de una estructura de depuración, la cual está ligada a varias etapas de un solo sistema según (Nasamues Morillo, 2021).

Físicos: Los tratamientos físicos se realizan cuando existe presencia de contaminantes en suspensión, disueltos y coloidales, que se encuentran en los residuos sólidos. En las aguas de descarga se eliminan los contaminantes en orden creciente a partir de la dificultad, primero se atrapan los sólidos gruesos, luego se separan las arenas por sedimentación y a través de desarenadores.

Químicos: Los productos químicos se pueden utilizar para la eliminación de contaminantes. Se pueden agregar productos químicos simples como el alumbre, cal o sales de hierro a las aguas residuales (Hernández et al., 2020).

Biológico: En la naturaleza se encuentran microorganismos capaces de consumir y transformar la materia orgánica en sustancias menos complejas. Esto se logra a través de varios tratamientos microbiológicos que ayudan a la degradación de la materia orgánica.

1.4.8 Alternativas para el tratamiento de aguas residuales

Algunas de las alternativas tecnológicas para el saneamiento del agua residual consisten en una zanja de infiltración, humedales y un pozo séptico. En estos se incorporan tubos de ventilación, hoyos para las excretas, esto con el fin de separar y almacenar las excretas para evitar el contacto y que las personas corran algún riesgo por los patógenos que se encuentran en las mismas, además la tubería de ventilación ayuda a la extracción de olores.

Pretratamiento (Trampa de grasa)

El objetivo es la remoción de material proveniente de las descargas de aguas grises que se efectúan en el lavamanos y el lavaplatos a través de las actividades diarias que se efectúan dentro de la vivienda.

Las trampas de grasa son una de las formas más simples y económicas para la remoción de aceites y grasas que se encuentren en el agua a tratar. Se aprovecha su flotabilidad, por lo que las grasas y aceites quedan retenidas en la superficie y se las puede quitar fácilmente.

Cabe destacar que su función como pretratamiento es recoger o separar los sólidos gruesos que se encuentran en el efluente doméstico, estos son comúnmente plásticos pequeños, sobras de alimentos o simplemente sólidos que pueden fluir en la misma agua. El pretratamiento ayuda a la biojardinera a que no exista ningún tipo de taponamiento en las tuberías, evitar olores y mantener el funcionamiento adecuado de la biojardinera (Neira, 2008).

Humedales o Biojardineras

La biojardinera es un humedal artificial que se utiliza como una técnica alternativa para el tratamiento del agua gris, su distintivo se basa en mejorar la calidad del agua gris producida por las actividades humanas, y además brinda un atractivo a la casa como una jardinera casera (Cubillo & Gómez, 2017).

Por otra parte, es un sistema que se relaciona con los componentes biológicos que se encuentran en el agua residual, y con los demás elementos del sistema, tales como plantas, piedras, raíces y la velocidad de circulación del agua, todo este conjunto hace que el sistema haga el proceso de purificación al agua. Este tipo de tecnología debe contar con una fase de pretratamiento para que pueda tener una eficacia de remoción de contaminantes, esta fase de pretratamiento puede ser una trampa de grasa ya que son fáciles de construir y mantener.

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal (HFSSH) o biojardineras son los sistemas más utilizados en Europa. Éstos consisten en un lecho de tierra o arena y grava con plantas macrófitas acuáticas que ayudan a la depuración de contaminantes. Éstas reciben agua de forma permanente por la parte superior de uno de los extremos del humedal para luego pasar por el lecho filtrante granuloso y ser captada en la parte inferior por un tubo de drenaje (Delgadillo et al., 2010). Éste tipo de humedales son de fácil construcción, mantenimiento y operación, además estos humedales pueden ser adaptables a las necesidades que se tengan en los diferentes sitios (ACEPESA, 2010). Finalmente, muestra la estructura referencial del HFSSH en la figura 1.

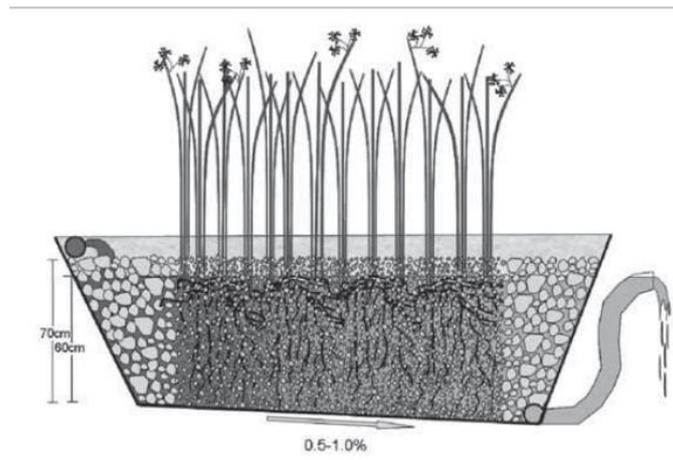


Figura 1. Humedal Superficial de flujo horizontal

Fuente: (Delgadillo et al., 2010))

Pozo Séptico

Es un sistema que se utiliza para el tratamiento de los efluentes domésticos que son producto de las necesidades fisiológicas de las personas. El sistema se utiliza generalmente en lugares que no cuentan con un adecuado abastecimiento de agua por tuberías, este sistema recolecta las aguas grises y las aguas negras, por lo tanto, para que el sistema funcione bien se necesita de un tanque sedimentador que retenga los sólidos gruesos y grasas, además el terreno debe tener la capacidad de permitir que el agua se infiltre en el suelo. Los pozos sépticos siguen los principios básicos de sedimentación (Rosales Escalante, 2003).

El volumen de sedimentación es la cantidad de agua con desperdicios fecales proveniente de las descargas del inodoro de la vivienda que llega al pozo séptico. Esta mezcla de agua con materia fecal debe pasar cierto tiempo de retención para que se realicen los procesos debidos dentro del pozo y esta mezcla se convierta en lodo, una vez pasó este proceso el lodo comienza a sedimentar.

Los principios de diseño mostrados a continuación fueron tomados de (Tilley et al., 2014) y (Universidad de Sonora, 2011).

Zanja de Absorción

La zanja de absorción o de infiltración es generalmente utilizada para las descargas de efluentes que provienen del pozo séptico, este efluente pasa a través de la zanja que se encuentran en el subsuelo, además tiene efectos positivos para la estabilización del suelo. El objetivo de la zanja de absorción o de infiltración es captar el agua procedente del pozo séptico, y así disminuir los procesos erosivos al aumentar la infiltración de agua en el suelo (CityAdapt, 2022).

Este sistema debe rellenarse con material granular como piedra o grava, mediante esto se realiza la infiltración del agua tratada en el suelo. El medio poroso que existe en una zanja puede trabajar como un filtro anaerobio sumergido o como filtro percolador aerobio, esto depende si son anegadas permanentemente o la descarga es intermitente. Además, la zanja es un muy buen captador de humedad para vegetales. (Hurtado et al., 2020)

1.4.9 Normativas aplicables

La normativa que rige para la descarga de aguas residuales a un cuerpo de agua dulce se encuentra en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), que nos dice que “en condiciones particulares en carencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la TABLA 9 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce que se encuentra en el anexo 2, con la garantía de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios” (Ministerio del Ambiente, 2015).

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción Física del Terreno

La vivienda en la que se realizó el diseño de la red hidrosanitaria se encuentra ubicada en el sector de San Bartolo en el Distrito Metropolitano de Quito. El lugar cuenta con una extensión aproximada de 2 hectáreas de terreno y junto a la vivienda existe un cuerpo hídrico denominado “quebrada del Río Machángara”. La casa se encuentra ubicada en el borde de la vereda, tiene un área de 50m², dividida en 4 secciones, 2 cuartos, 1 baño y una cocina. El cuarto de baño incluye lavabo, ducha e inodoro, el espacio en el que se encuentra ubicada la cocina solamente cuenta con un fregadero convencional. La vivienda se encuentra muy cerca a la quebrada antes mencionada, la cual era utilizada para el vertido de los efluentes domésticos.

2.2 Limpieza y Desbroce

La limpieza y desbroce en el sitio del proyecto, se lo hizo con maquinaria pesada, ya que el terreno llevaba muchos años sin una limpieza adecuada, puesto que fue dificultoso hacerlo manualmente. Se utilizó una excavadora para retirar toda la vegetación y tierra acumulada a los alrededores de la casa, ya que se requería levantar toda la maleza para poder ubicar la caja de revisión. Una vez finalizado el desbroce con la maquinaria pesada se realizó una limpieza manual, en la que se utilizó palas para retirar todos los residuos que quedaron, esto con el fin de mejorar el panorama para la ubicación de los puntos georreferenciados. Esto último se observa en la figura 2.



Figura 2. Limpieza del terreno

2.3 Levantamiento Planimétrico

Se realizó el levantamiento planimétrico en el terreno, se recorrió toda el área de terreno para saber en qué lugar se pueden tomar los puntos georreferenciados. La información que se

recolecta es para determinar la posición de los puntos en el terreno conocido, y así conocer su forma, así como también los detalles de los accidentes (Levantamiento Topográfico, n.d.).



Figura 3. Imagen referencial del lugar del proyecto

Fuente: Google Maps, 2022

El levantamiento planimétrico se llevó a cabo para identificar los puntos de la vivienda y determinar la ubicación de la caja de revisión que es uno de los puntos de mayor interés. Se utilizó un GPS GARMIN modelo 64st para tomar los puntos georreferenciados y determinar el área de la vivienda. Se estimó el tiempo en el que se iba a llevar a cabo la obtención de la información, que fue alrededor de 1 hora. Luego, se ubicó una sola persona con el GPS a la altura del pecho, este procedimiento se realizó en todos los puntos que se iban a registrar, que en este caso fueron 20 puntos referenciales con relación al terreno, y los puntos dentro de la casa, tales como, cocina y baño, además se tomó el punto georreferenciado de la caja de revisión, de esta forma se delimita todo el lugar. Se marcaron todos los puntos tomados en el GPS y se anotaron los datos que se requerían.

2.3.1 Situación actual de las conexiones sanitarias

Con respecto al estado actual de la vivienda en la que se realizó el estudio, se reconocieron las descargas realizadas en la residencia y las instalaciones hidrosanitarias. Se identificó que en la vivienda existe una sola caja de revisión para las descargas de aguas residuales. Seguido de este reconocimiento se determinó el tipo de aguas residuales que expide la vivienda, se identificaron las conducciones que existen tanto para aguas negras como para aguas grises. Las aguas grises corresponden a las descargas del lavamanos y del lavaplatos, las tuberías de estas conducciones son de 4" y se encuentran conectadas a 45° respectivamente, este efluente doméstico se vierte a la caja de revisión en la parte exterior de la vivienda que desemboca a la quebrada del Río Machángara que se encuentra al límite de la vivienda. Finalmente, la segunda conducción es de aguas negras, éstas son producto de las descargas del inodoro. Las tuberías de conducción se encuentran conectadas a 45° y

salen a la misma caja de revisión que se encuentra en la parte exterior de la vivienda. La toma de medidas de la caja se observa en la figura 4.



Figura 4. Toma de medidas de la caja de revisión

2.4 Determinación del caudal a tratar

El caudal del agua de descarga a ser tratado se determinó mediante la información bibliográfica que se encuentra en la NTE-INEN, se consideró un promedio de las veces que una persona utiliza el inodoro al día. Para el caso de la vivienda se adoptó un número de 4 veces al día por persona, una vez hecho esto, se tomó la información de la tabla de “Artefactos Sanitarios” de la NTE-INEN 1569. Finalmente se determinó el volumen de agua requerido para la vivienda según el tipo de inodoro que se emplea en la vivienda. La información obtenida se encuentra en la tabla 1.

Tabla 1. Volumen de agua según el tipo de inodoro

| Tipo de inodoro | Volumen [L] | |
|------------------------|-------------|---------|
| Bajo consumo | 6,2 | |
| Doble descarga | Sólido | Líquido |
| | 6,2 | 4,1 |
| Alta eficiencia | 4,8 | |

Fuente: (INEN, 2015)

En la vivienda se identificaron los siguientes artefactos: grupo de baño con inodoro de tanque, fregadero de cocina y lavamanos. Se calculó el caudal total de cada uno de los artefactos por el número de veces estimado que utiliza cada artefacto una persona, por el tiempo en días. En la vivienda residen 4 personas, y se estimó que el grupo de baño con inodoro de tanque se utiliza 4 veces al día por habitante.

La determinación del caudal para inodoros se calculó con la siguiente fórmula

$$Q_i = \frac{N * V}{t}$$

Ecuación 1. Cálculo de caudal de inodoros

Donde:

Q_i= Caudal total de inodoros (L/hab*día)

V= volumen del agua que requiere cada inodoro para funcionar (L)

t= tiempo (día)

N= número de veces que una persona utiliza el inodoro al día (veces/habitante)

Los valores para los artefactos faltantes como el lavamanos y el lavaplatos manual se tomaron de la referencia bibliográfica (BID, 2015), por lo tanto, los datos respectivos son 16 litros y 40 litros.

Se tomó en consideración 16 litros del lavamanos de forma externa, ya que no se contará con la dotación a través de tuberías ya que la familia adquiere bidones de agua para realizar dicha actividad.

$$D_f = Q_i + Q_l + +Q_{lp}$$

Ecuación 2. Cálculo de dotación final

Donde:

Q_i= Caudal de inodoros (L/hab*d)

Q_l= Caudal de lavamanos (L/hab*d)

Q_{lp}= Caudal de lavaplatos(L/hab*d)

La dotación final para la vivienda es de 80,8 L/hab*d, seguido de esto se realizó la separación de caudales, para aguas grises y para aguas negras, esto con la finalidad de dar un tratamiento adecuado y de calidad al efluente de la vivienda.

2.4.1 Caudal aguas grises

El caudal de aguas grises está conformado por el caudal recibido del lavamanos y el lavaplatos manual que se encuentra en la vivienda.

$$AG = Ql + Qlp$$

Ecuación 3. Cálculo del agua gris

Donde:

AG: Agua Gris (L/hab*d)

Ql: Caudal lavamanos (L/hab*d)

Qlp: Caudal Lavaplatos (L/hab*d)

2.4.2 Caudal de aguas negras

El caudal de aguas grises de la vivienda es únicamente del caudal recibido de las descargas del inodoro.

$$AN = Qi$$

Ecuación 4. Cálculo del caudal de inodoros

Donde:

AN: Agua negra

Qi: Caudal de inodoros (L/hab*d)

2.5 Caja de revisión alterna

Una vez analizada la condición actual de la vivienda, se planteó el diseño de una caja de revisión con las mismas dimensiones de la caja existente. El diseño de la nueva caja tiene como finalidad recoger el caudal resultante de las descargas de aguas grises producidas por las actividades diarias de cada habitante de la vivienda provenientes del lavamanos y el lavaplatos. Por lo tanto, se consideró para el diseño la separación de tuberías, puesto que las descargas del lavamanos, baño y lavaplatos se encuentran conectadas y dirigidas a la caja de revisión actual. Finalmente, las conexiones seguirán las mismas consideraciones de la caja existente, esto quiere decir que estarán conectadas a 45° con un diámetro de tubería de 4". El diseño del plano de la caja de revisión se encuentra plasmado en el anexo 6.2.

2.6 Trampa de grasa

Para realizar el dimensionamiento de una trampa de grasas convencional se aplicaron los siguientes parámetros de diseño.

2.6.1 Tiempo de retención hidráulica

El tiempo de retención hidráulica se establece en base al flujo de entrada que se tenga en la trampa de grasa como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Tiempo de retención hidráulica para trampa de grasa.

| Flujo de entrada | Tiempo |
|------------------|--------|
| 2 a 9 L/s | 3 min |
| 10 a 19 L/s | 4 min |
| ≥ 20 L/s | 5 min |

Fuente: (OPS et al., 2003)

2.6.2 Caudal total de agua gris

$$Qr = D * hab$$

Ecuación 5. Cálculo de caudal total de agua gris

Donde:

Qr= Caudal de agua gris (L/d)

D = Dotación de agua potable L/hab*d

hab= habitantes a servir

2.6.3 Volumen de trampa de grasa

$$V = Qr * \frac{to}{60}$$

Ecuación 6. Cálculo de volumen de trampa de grasa.

Donde:

Qr =Caudal de agua gris (m³/h)

to= Tiempo de retención hidráulica (h)

60= Factor de conversión (se utiliza en el caso de ser necesario)

El diseño de trampas de grasa convencionales tienen una capacidad mínima de 300 L según (OPS et al., 2003), sin embargo, el proyecto maneja un caudal menor que el requerido, por lo

cual la trampa de grasa se diseñó en base a las siguientes guías: “Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras (ACEPESA, 2010), , el “Manual para biojardineras” (Neira, 2008) y (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente et al., 2003a) debido a que sus criterios son destinados a caudales menores.

2.6.4 Consideraciones para el diseño de una trampa de grasa

- El lavaplatos y el lavamanos deben disponer de una rejilla que retenga sólidos para evitar malos olores producidos por estos.
- La trampa de grasa debe ubicarse a la cercanía de los aparatos sanitarios que descarguen aceites y grasas.
- La trampa de grasa se debe ubicar mínimo a una distancia de 3 metros de la vivienda.
- Las Tees deben tener una prolongación de al menos 40% de la profundidad total de líquidos.
- No debe ingresar ningún tipo de agua negra a la trampa de grasa.
- La trampa de grasa debe estar en un lugar de fácil acceso para su limpieza y para la extracción de grasa acumulada.
- Para mayor retención de aceites y grasas es recomendable utilizar 2 unidades de trampa de grasa.
- El tubo de ventilación debe estar por encima del techo de la vivienda.
- El tiempo de reposo de este pretratamiento es de 2 a 3 días, tiempo necesario para que los lodos sedimenten y las grasas precipiten.
- La frecuencia de limpieza mínima es cada 8 días.

2.7 Biojardinera

El objetivo de la biojardinera es acondicionar el caudal de aguas grises que surgen de las actividades domésticas y sanitarias de la vivienda para reutilizar en el riego de diferentes lugares, tales como: jardín, patio, entre otros, o descargándola en algún cauce natural que exista. En el caso de la vivienda se consideró que el efluente tratado se descargará a la quebrada Machángara que se encuentra en la periferia de la vivienda.

El diseño realizado para la vivienda fue de flujo Subsuperficial horizontal, puesto que son de fácil construcción, mantenimiento y operación, además estas reciben agua de manera

continua y permanente. El agua que entra a la biojardinera es tratada según como fluya en el lecho filtrante.

Generalmente, 1 metro cúbico de la biojardinera trata alrededor de 135 litros de agua contaminada. (Neira, 2008)

2.7.1 Criterios de diseño

Para el dimensionamiento de la biojardinera se tomó en consideración algunos aspectos según los criterios de diseño tomados de manuales de construcción de éstas. Se necesitó conocer la cantidad de individuos que habitan la vivienda, y la cantidad de agua que consume cada persona al día, además el diseño de la biojardinera se fundamentó en datos bibliográficos tomados de la tabla que se encuentra en el anexo 3, tomado de la fuente (ACEPESA, 2010), en el que se detallan las dimensiones según el número de personas y el consumo de agua. En la figura 5 se indica los detalles de una biojardinera.

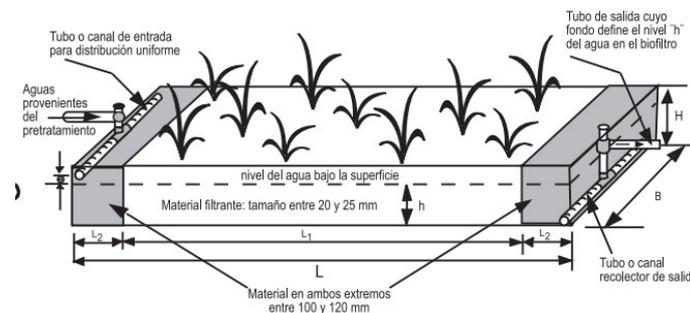


Figura 5. Imagen referencial de la biojardinera

Fuente: (ACEPESA, 2010)

En el diseño de la biojardinera se tomaron las siguientes consideraciones que se encuentran en la bibliografía “Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras” (ACEPESA, 2010), y en el “Manual para biojardineras” (Neira, 2008), esto con la finalidad de que se tenga un funcionamiento correcto y la eficiencia que se espera.

- El terreno en el que se va a construir la biojardinera debe ser plano, y no tener una pendiente mayor al 5%, de ser este el caso se debe nivelar el sitio para que cumpla con la pendiente requerida.
- En el terreno debe existir suficiente espacio para situar los componentes.
- Reconocimiento del tipo de suelo en el que se ubicará la biojardinera, ya que de este depende si la biojardinera necesita o no un recubrimiento.

- En caso de que el suelo no sea arcilloso, se colocará un recubrimiento de plástico de 1,4mm de espesor como mínimo.
- Debe existir un tratamiento previo a la construcción de la biojardinera que sirva para recoger sólidos y grasas.
- Las dimensiones de la biojardinera están dentro de la relación largo/ancho de 2:1, y se toma en cuenta que la profundidad esté entre 40-80cm.
- El tiempo de retención para que la biojardinera tenga una buena eficiencia es entre 3-5 días, con una temperatura ambiente.
- Se debe considerar que el lecho filtrante sea similar al diámetro de la tubería para evitar obstrucciones.
- Se debe escoger un sustrato en función de la profundidad de la biojardinera, esta ayuda a la eliminación de DBO de las aguas grises, según se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Tipos de sustrato para biojardinera

| Sustrato | Tamaño efectivo d10 (mm) | Porosidad efectiva n |
|-----------------|--------------------------|----------------------|
| Arena (media) | 1 | 0,3 |
| Arena (gruesa) | 2 | 0,32 |
| Arena con grava | 8 | 0,35 |
| Grava (media) | 32 | 0,4 |
| Grava (grueso) | 128 | 0,45 |

Fuente: (Neira, 2008)

2.7.2 Área del humedal

En el diseño se estableció el caudal medio a tratar y se procedió a realizar el cálculo con la siguiente fórmula.

$$A_h = B * L$$

Ecuación 7. Cálculo área del humedal

Donde:

Ah= Área del humedal (m²)

B= Ancho (m)

L= Largo (m)

La vegetación es parte fundamental de la biojardinera, y las especies utilizadas en esta son aquellas que desarrollan en humedales naturales.

En el anexo 4 se detallan el tipo de plantas que se pueden utilizar en estas biojardineras, pues este tipo de plantas crecen alrededor de 2 metros y ayudan a la eliminación de ciertos contaminantes que se encuentran en el agua a tratar por medio de la tecnología de las biojardineras.

En la tabla 4 se observan los valores de los parámetros que se evalúan en aguas grises, los datos mostrados son valores típicos de la composición de éstas en la ciudad de Quito en el sector de Guápulo (Valle, 2016) información que se puede observar en el anexo 5.1 y anexo 5.2. La demás información se la consideró según bibliografía de (Romero Rojas, 2010). La siguiente tabla detalla los valores referenciales obtenidos.

Tabla 4. Valores típicos de aguas grises de diferentes autores

| Parámetro | Unidad | Quito (Sector Guápulo) | (Romero Rojas, 2010) |
|-----------------------------|--------|------------------------|----------------------|
| Temperatura | °C | 15,2 | - |
| DBO | mg/L | 16,00 | 220 |
| DQO | mg/L | 47,00 | 500 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | 173,50 | 220 |
| Sólidos sedimentables | mg/L | 0,93 | 10 |
| Nitrógeno Total (NT) | mg/L | 40,00 | 40 |
| Aceites y grasas | mg/L | 987,2 | 100 |
| Fósforo Total (PT) | mg/L | 7,5 | 8 |

Por otro lado, según estudios realizados por (Platzer, 2002) en varias regiones tropicales de Centro América la eficiencia de remoción de contaminantes de una biojardinera se indica en la tabla 5.

Tabla 5. Eficiencia de remoción de contaminantes en una biojardinera.

| Parámetro | Eficiencia % |
|-----------|--------------|
| DBO | 89-95 |
| DQO | 75-86 |

| | |
|-----------------------|-------|
| NT | 21-39 |
| PT | 6-19 |
| Sólidos Suspendedos | 52-73 |
| Sólidos Sedimentables | 32 |
| Aceites y Grasas | 50 |

Fuente: (Platzer, 2002)

Los porcentajes de remoción entregan una idea de la cantidad de contaminantes que pueden ser removidos con la tecnología del sistema de una biojardinera.

2.8 Pozo Séptico

En el presente proyecto se planteó como alternativa para tratar el agua negra de la vivienda, el diseño de un pozo séptico ya que éste es un instrumento que sirve para tratar caudales de aguas residuales pequeños.

Inicialmente, se consideró un pozo séptico para el tratamiento de aguas cloacales producidas por los hábitos de los habitantes de la vivienda, sin embargo, una vez las descargas pasen por el pozo séptico se deberán dirigir a otro tratamiento, puesto que el tanque séptico utilizado como tratamiento primario solo alcanza una eficiencia de remoción de DBO5 del 30% al 40% según (ASIA, 2015), este efluente por ningún motivo podrá ser descargada a una fuente natural. En la figura 6 se observa un tanque séptico referencial.

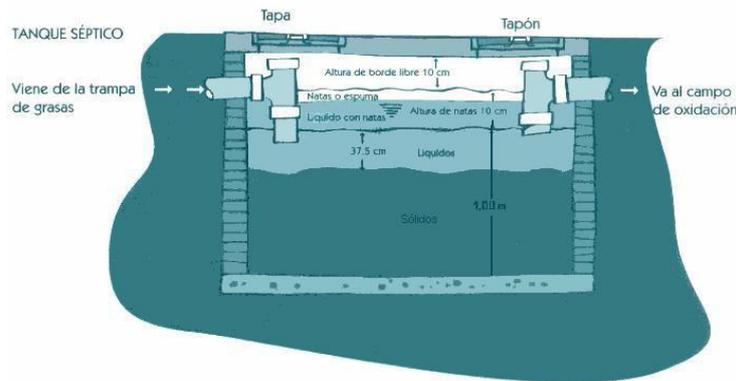


Figura 6. Imagen Referencial de Pozo Séptico

Fuente: Nicoya Peninsula Waterkeeper

En el anexo 5.3 se muestran los valores de los parámetros que se evalúan en la composición típica de las aguas negras según (El & Hardenbergh, 1942). El valor indicado de DBO a continuación es únicamente referencial

- DBO – 296 mgO₂/L

El pozo séptico también actúa como una trampa de grasa simple, por lo que cumple con la función de pretratamiento (ASIA, 2015). En el anexo 5.2 se puede ver detalladamente los valores típicos en el agua residual doméstica realizadas en el sector de Guápulo en Quito según (Valle, 2016), los valores expuestos a continuación son únicamente referenciales.

- DQO – 47 mg O₂/L
- DBO – 16 mgO₂/L
- Aceites y Grasas – 987,2 mg/L

2.8.1 Criterios de diseño

Los criterios tomados en consideración para el diseño del pozo séptico fueron tomados de (Universidad de Sonora, 2011) y (OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2005), los cuales son los siguientes:

- La relación largo-ancho del área superficial debe estar en un mínimo de 2:1.
- Distancia mínima entre cualquier árbol cerca de la vivienda y el pozo séptico debe ser mayor a 5 m.
- El tiempo de retención hidráulica deberá ser de mínimo 6 días.
- La profundidad neta mínima será de 0,75 m que corresponde a la altura de lámina de agua.
- La longitud total de pozo deberá ser menor a la profundidad.
- Las paredes del pozo séptico deben tener como mínimo con un espesor de 0,15m.
- El espacio libre de la parte superior entre la nata/espuma y la losa que se encuentra en la parte inferior deberá tener un resguardo mínimo de 0,30 m.
- Se considera que para el ingreso y desagüe del agua cloacal hacia el tanque séptico sean T's o pantallas.
- El volumen útil del tanque séptico para caudales menores a 1000 litros deberá ser de aproximadamente 1500 litros.
- El fondo del pozo séptico deberá tener una pendiente mínima de 2% para la acumulación de lodos.
- La profundidad del espacio libre (HI) es comúnmente de 0,53 m³.

2.8.2 Caudal total de agua negra

$$Qr_n = D * hab$$

Ecuación 8. Cálculo de caudal de agua residual

Dónde:

Qr_n = Caudal de aguas negras en L/día

D = Dotación de agua potable L/hab*día

hab = Habitantes a servir

2.8.3 Volumen de tanques sépticos

$$V = 1.5Qr_nT$$

Ecuación 9. Cálculo de volumen de tanque séptico

Dónde:

V = Volumen útil de la fosa séptica (L)

Qr_n = Caudal de aguas negras en litros por día (L/día)

T = Tiempo de retención hidráulica (día)

2.8.4 Volumen de sedimentación

$$Vs = 10^{-3} * (P * q) * T$$

Ecuación 10. Cálculo de volumen de sedimentación

Donde:

P= Población

q= Caudal de aporte unitario de aguas residuales en L/hab*día

T= Tiempo de retención hidráulica (días)

2.8.5 Volumen de almacenamiento de lodos

La cantidad del volumen de lodos producidos depende de la temperatura, por lo cual se consideró el clima habitual del sitio en el que se encuentra la vivienda. En este caso es un clima frío, por lo tanto, el valor es de 50 L/hab*año, el valor se consideró según los criterios de (OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2005).

$$Vd = G * P * N * 10^{-3}$$

Ecuación 11. Cálculo de volumen de almacenamiento de lodos

Donde:

Vd= Volumen de almacenamiento de lodos (m³)

G= Volumen de lodos generados por personas y por años

P= Población

N= Intervalo de limpieza de lodos al año

2.8.6 Área superficial

$$A = L * B$$

Ecuación 12. Cálculo del área superficial del pozo séptico.

Donde:

L= Longitud del pozo (m)

B= Ancho del pozo (m)

2.8.7 Profundidad máxima de espuma

$$He = \frac{0,7}{A}$$

Ecuación 13. Cálculo de profundidad máxima de espuma

Donde:

A= Área Superficial del pozo séptico (m²)

2.8.8 Profundidad libre del lodo

$$Ho = 0,82 - 0,26 * A$$

Ecuación 14. Cálculo de profundidad libre del lodo.

Donde:

Ho= Profundidad libre del lodo (m)

A= Área Superficial del pozo séptico (m²)

2.8.9 Profundidad mínima requerida para la sedimentación

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

Ecuación 15. Cálculo de profundidad mínima para sedimentación.

Donde:

Vs= Volumen de sedimentación (m³)

A= Área Superficial del pozo séptico (m²)

2.8.10 Profundidad neta del tanque séptico.

$$H = \text{espacio libre natas} + H_e + H_l + H_o$$

Ecuación 16. Cálculo de profundidad neta del tanque séptico

Donde:

He= Profundidad máxima de espuma (m)

Hl= Profundidad libre del lodo (m)

Ho= Profundidad libre del lodo (m)

2.9 Zanja de Absorción

Es una de las alternativas propuestas para el presente proyecto, esta trata las aguas negras provenientes del sistema anterior, que en este caso fue el pozo séptico. La zanja de infiltración es un tratamiento terciario y final para las aguas negras de este proyecto. Esto último se muestra en la figura 7.

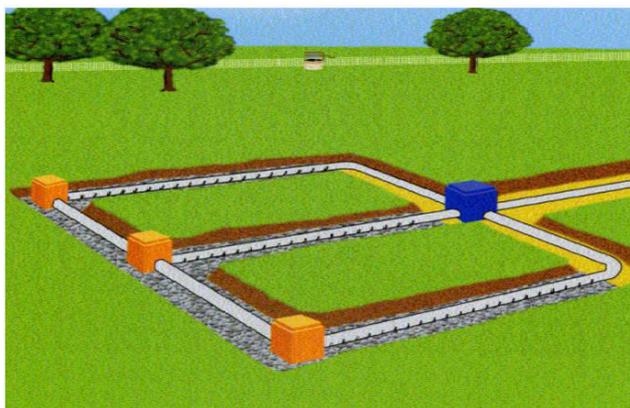


Figura 7. Imagen referencial de zanja de absorción

Fuente: CSTB 2001

La zanja de infiltración según estudios realizados por (TINOCO CANTO et al., 2018), muestra que la eficiencia de remoción del parámetro de DBO5 es de aproximadamente 45%.

2.9.1 Criterios de diseño

Los criterios que se consideraron para el diseño de la zanja de infiltración son en base a las siguientes bibliografías: (AMNM et al., 2013), (Romero Rojas, 2010) y (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente et al., 2003).

- La distancia mínima que de separación entre la zanja de infiltración a la vivienda es de 5 m.
- Distancia mínima entre cualquier árbol y la zanja es de 3 m.
- La zanja de infiltración deberá tener como mínimo 2 líneas de distribución.
- Las líneas de distribución deberán tener la misma longitud.
- Distancia mínima entre líneas de distribución es de 1,80 m.
- La capa de grava limpia deberá tener como material granulométrico entre 2,5 a 5,0 cm.
- La grava fina deberá tener un material granulométrico de 1,0 a 2,5 cm.
- Se debe colocar papel grueso o paja para evitar la evapotranspiración del agua residual.
- El fondo de la zanja debe estar al menos a 2 m por encima del nivel freático.
- El ancho de las zanjas está en relación con la capacidad de infiltración del suelo, estas no deberán ser menor a 0,5 m.
- La zanja de absorción debe tener un recubrimiento de grava limpia de 0,15 m de espesor, además debe contener material granulométrico entre 2,5 y 5 cm. Sobre esta se encuentra colocada la tubería de repartimiento, para luego ser tapada con el mismo material.
- El material de relleno de la zanja se debe colocar hasta que haya llegado a su nivel natural. No se debe compactar el material de relleno.
- La pendiente mínima para las tuberías fue de 1,5%.

Las fórmulas y valores mostrados a continuación para los parámetros de diseño con en base a (ASIA, 2015).

Área de absorción requerida

$$Aa = \frac{Qr}{q}$$

Ecuación 17. Cálculo del área de absorción requerida

Donde:

Aa= Área de absorción requerida en m²

Qr= Caudal residual en L/día

q= Capacidad de absorción del suelo en l/m²/día

Se menciona en (ASIA, 2015) que si la prueba de absorción muestra como resultado en promedio de 10 minutos el descenso del agua 1 cm, entonces el subsuelo tiene una capacidad de absorción de aproximada de q= 40 L/m²/día.

Longitud de zanja estándar

$$Ls = \frac{Aa}{a}$$

Ecuación 18. Cálculo de zanja estándar.

Dónde:

Ls = Longitud de la zanja estándar en metros (m)

Aa = Área de absorción de la zanja estándar en metros cuadrados (m²)

a = Ancho de la zanja en metros de 0.40 a 0.90 m.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Catastro del Domicilio

El terreno cuyo plano se muestra en el anexo 6.1, en el que se realizó el proyecto cuenta con una extensión de 2862 m² y, un área disponible de 139,9 m² para las alternativas del tratamiento de aguas residuales, en el terreno se encuentra ubicada una única vivienda con un área de 50.34 m² y una loza de 63.43m². Esta vivienda cuenta con 2 cuartos que contienen accesorios (lavamanos, lavaplatos e inodoro) con descarga de aguas residuales, dichos accesorios no cuenta con tuberías separadas para descarga de aguas grises y aguas negras, es un sistema combinado que se dirigen hacia una caja de revisión única existente, por otro lado una vez el caudal de agua residual fluye hasta la caja de revisión se descarga a una fuente natural existente cerca de la vivienda, esta fuente se encuentra a una separación aproximada de 15 metros.

3.2 Separación de aguas residuales

Para el diseño de las alternativas para el tratamiento de aguas residuales se necesitó la separación de caudales, para descarga de aguas negras y para descargas de aguas grises, para lo cual se consideró el diseño de una nueva caja de revisión, puesto que una caja recibirá las aguas negras y la otra caja recibirá las aguas grises. Las dimensiones de la nueva caja son de 80 cm de largo, 80 cm de ancho y 80 cm de profundidad, espesor de las paredes de 10 cm y una cubierta de tapa cuadrada de cemento de 7cm de espesor, y una separación entre cajas de 30 cm, aproximadamente.

La dotación final de agua que corresponde al caudal de agua residual global para el tratamiento se obtuvo de la ecuación 2.

$$Df = 24,8 + 16 + 40 \left[\frac{L}{hab} * d \right]$$

$$Df = 80,8 \frac{L}{hab} * día$$

3.3 Diseño del sistema para aguas grises

El diseño del sistema para tratamiento de las aguas grises consta de una trampa de grasa como pretratamiento y una biojardinera. Los aspectos considerados son:

Número de personas que habitan la vivienda: Se diseñó el sistema para los 4 habitantes de la vivienda.

Promedio de consumo de agua potable: La cantidad promedio diaria consumido habitante es de alrededor de 80.4 L/hab*d ó 0.080 m³/hab*d.

Caudal de agua gris dirigida al tratamiento: Se tomó el dato de la descarga del caudal de aguas grises, que en este caso es de 56 L/hab*d, toda esta cantidad es destinada al tratamiento.

3.3.1 Trampa de grasa

Una vez realizados los cálculos con los parámetros expuestos en la sección 2.6, se obtuvieron los siguientes resultados.

Caudal total de agua gris

Se utilizó la ecuación 5 se obtuvo el siguiente resultado.

$$Qr = 56 \left(\frac{L}{hab} * d \right) * 4(hab)$$
$$Qr = 224 \frac{L}{d} = 0,0093 \frac{m^3}{h}$$

Volumen de trampa de grasa

Se utilizó la ecuación 6 se obtuvo el siguiente resultado.

$$V = 0,0093 \left(\frac{m^3}{h} \right) * 3(h)$$
$$V = 0.028 m^3 = 28 L$$

Se obtuvo un volumen de almacenamiento de 28 L para un caudal de 224 L/día que se maneja en el proyecto, este volumen es menor al que indica (OPS et al., 2003), por lo que el diseño de trampa de grasa convencional es innecesario. Por lo tanto, para la fase de diseño se consideraron dos tanques comerciales prefabricados para el paso del agua gris con un volumen de 60 litros cada uno, se escogió este volumen de tanques, puesto que el volumen del contenedor debe ser mayor al volumen real del agua que entra al tanque (ACEPESA, 2010).

La propuesta de utilizar dos tanques es en virtud de que las partículas sólidas recorran mayor distancia y tengan mayores obstáculos para así mejorar la sedimentación de los sólidos. En el terreno se tomó en consideración las medidas de los tanques de manera que la excavación que se ejecute en la implementación facilite la apertura de los tanques para la limpieza manual que se deberá realizar cada 8 días.

Una vez determinado el volumen de los tanques, se dispuso la conexión de tuberías PVC de 4" en los orificios previstos, los cuales funcionan para el drenaje del agua gris desde la caja de revisión hasta la biojardinera. Además, se cuenta con una separación promedio entre tanques de 50 cm según las guías de diseño mencionadas en la sección 2.6. Los tanques deberán permanecer cerrados herméticamente con su tapa correspondiente, esto con el fin de evitar que emanen malos olores a la vivienda y hacer más fácil su mantenimiento. La ubicación de la trampa de grasa en el diseño se la hizo a una distancia de separación de 3 m de la casa.

Tabla 6. Medidas de un tanque de plástico de 60 L

| Medidas Referenciales del tanque de plástico de 60 L | |
|--|-------|
| Largo | 64 cm |
| Ancho | 32 cm |

El diseño del plano de la trampa de grasa realizado mediante la aplicación AutoCAD se muestra en el anexo 6.3.

3.3.2 Biojardinera

Para el diseño de la biojardinera se tomó en consideración algunos criterios de diseño según ACEPESA, 2010, con los datos de la sección 2.4 se conoce que en la vivienda residen 4 personas y cada una de ellas consume 56 L de agua por día, correspondientes al consumo de agua en fregadero de cocina, lavamanos y ducha.

Sin embargo, para el diseño de la biojardinera se consideró un caudal referencial de 120 L por habitante-día, ya que éste es el mínimo recomendado en la bibliografía para mantener la eficiencia del sistema.

- Se consideró para el diseño de la biojardinera una pendiente del 5%.
- La distancia considerada entre la biojardinera y la casa es de 5 m.
- Se determinó según (Brasil et al., 2012) que el suelo de la vivienda a una profundidad de 63-83 cm tiene mayor porcentaje de arena, alrededor del 97,4%, limo de 1,7% y de arcilla 0.9% a una altitud referencial de 2780 msnm, por esta razón la biojardinera propuesta debe tener un recubrimiento para la permeabilidad.
- Vinculado al criterio anterior la biojardinera necesita un recubrimiento plástico, que en este caso se consideró de un espesor de 1,4 mm.

- Las dimensiones que se plantearon para el diseño de la biojardinera fueron de 70cm de profundidad. A partir de esto se deja una altura de seguridad 10 cm para evitar cualquier tipo de desborde, y la altura del agua en el humedal será de 50 cm.
- Las tuberías de instalación se las consideró de 4" de diámetro, puesto que la tubería de salida del efluente desde el tratamiento primario es de este diámetro
- Las tuberías se deben tapar por ambos extremos, y las perforaciones deben tener al menos 3 cm de diámetro con una separación de 5cm, ya que esto permite una buena distribución del agua en toda la biojardinera.
- Se debe colocar una tubería a la entrada de la biojardinera y una al final de la biojardinera que conduzca el agua hacia la salida que se encuentra en la parte inferior de la biojardinera
- El lecho filtrante que se escogió fue el sustrato granular de diámetro similar a la tubería de 100 m o 4". Se debe verificar que el sustrato esté libre de impurezas.

Para el diseño de la biojardinera se efectuaron los siguientes cálculos:

Caudal a tratar

El caudal a tratar para el diseño de la biojardinera es el siguiente:

$$AG = 120 \frac{L}{hab * día}$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención que se consideró fue de 3 días, con la finalidad de que la eficiencia sea la más alta.

Según la normativa establecida por el TULSMA, las descargas a cuerpos de agua dulce tienen un valor permitido de DBOe de 100mg/L. Sin embargo, con este valor de DBOe el tiempo de retención era menor a 3 días. Por lo tanto, se impuso una DBOe de 20mg/L para que se cumpla con el tiempo de retención considerado anteriormente. Un tiempo de retención de 3 días, da un dimensionamiento construible y práctico. Una vez se consideró este cambio se realizó el dimensionamiento de la biojardinera.

Área del humedal

Se empleó la ecuación 7 se obtuvo:

$$A_h = 1,50 m * 4m$$

$$A_h = 6m^2$$

Los resultados del dimensionamiento de la biojardinera se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de dimensionamiento de la biojardinera.

| Dimensiones | # personas y consumo diario 4 personas - 120 l/hab/día (m) |
|-------------|---|
| B | 1,50 |
| L | 4,00 |
| H | 0,70 |
| L1 | 3,20 |
| L2 | 0,40 |
| e | 0,04 |
| h | 0,60 |

Donde:

B: Ancho total (m)

L: Longitud total (m)

L1: Longitud de material filtrante de menor diámetro (m)

L2: Longitud de material filtrante de mayor diámetro (m)

e: Diferencia de nivel entre superficie del agua del humedal y el invert de la tubería (m)

h: Profundidad del agua.

Finalmente, para el funcionamiento de la biojardinera se consideró la colocación de plantas que ayudan a eliminar las sustancias contaminantes que se encuentran en el agua gris proveniente de las actividades sanitarias de la vivienda. Las plantas que se consideraron para la biojardinera son aquellas que crecen entre las piedras, y sus raíces llegan hasta donde se encuentre el agua. El sistema requiere que las raíces de las plantas formen una red de raíces para que el tratamiento funcione.

Para el diseño final de la biojardinera la vegetación que se escogió fueron las siguientes:

- Heliconia Latispatha (Platanilla), esta planta es nativa de Ecuador, por lo tanto, es fácil de encontrarla. Forma matas densas de 2 a 4 metros de altura, y es bastante tolerante al frío (Sánchez de Lorenzo, 2020).
- Carrizos, estas plantas igual son nativas en Ecuador por lo que es fácil de conseguirla, esta planta puede crecer de 2 a 2.5 m. Ayudan a las biojardineras con

aguas someras, además soporta moderados niveles de salinidad en el agua (Cirujano & Morales, 1997).

3.3.3 Parámetros considerados en aguas grises

Un resumen de resultados referenciales de los parámetros que se miden en las aguas grises se muestra en la tabla 8, se tomaron los datos establecidos de la tabla 3 y tabla 4. Adicionalmente se indica la eficiencia promedio de remoción de los contaminantes de la biojardinera.

Tabla 8. Resultados Referenciales de los parámetros analizados

| Parámetros | Valor inicial (mg/L) | Eficiencia % | Valor objetivo (mg/L) |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|
| DBO | 16,00 | 91 | 1,44 |
| DQO | 47,00 | 86 | 6,58 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 173,50 | 73 | 46,35 |
| Sólidos Sedimentables | 0,93 | 100 | 0,00 |
| NT | 40,00 | 25 | 30,00 |
| Aceites y Grasas | 987,20 | 50 | 493,60 |
| PT | 7,50 | 32 | 5,10 |

Finalmente, se realizó una comparación entre los valores objetivos mostrados en la tabla y los valores de la normativa. Se observa que todos los parámetros analizados se encuentran por debajo de los límites permisibles, excepto aceites y grasas, es por este motivo que previo al proceso que se desarrolló en la biojardinera se necesitó de una trampa de grasa puesto que, la biojardinera no es muy eficiente en la remoción de aceites y grasas. Los datos mencionados se observan en la tabla 9.

Tabla 9. Comparación de valor objetivo con normativa TULSMA.

| Parámetro | Valor Objetivo (mg/L) | Normativa TULSMA. Tabla 9 (mg/L) |
|-----------|--------------------------|-------------------------------------|
| DBO | 1,44 | 100 |

| | | |
|-----------------------------|--------|-----|
| DQO | 6,58 | 200 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 46,35 | 130 |
| Sólidos Sedimentables | 0,00 | - |
| NT | 30,00 | 50 |
| Aceites y Grasas | 493,60 | 30 |
| PT | 5,10 | 10 |

El diseño de la biojardinera se encuentra plasmado en el anexo 6.3.

3.4 Diseño del sistema para aguas negras

El tratamiento de aguas servidas constó de 2 operaciones unitarias para gestionar las descargas de éstas, que son procedentes de las necesidades fisiológicas de las personas de la vivienda. Este sistema está constituido por un tratamiento secundario de índole biológico y un sistema de absorción.

Se aplicó la ecuación 1 se obtuvo el siguiente resultado.

$$Q_i = \frac{\frac{4 \text{ veces}}{\text{día}} * 6,2 \text{ L}}{1 \text{ día}}$$

$$Q_i = 24,8 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

Donde 24,8 L/(hab*día) representa el caudal de uso por persona de un día en el inodoro.

3.4.1 Pozo séptico

Para el diseño del pozo séptico se tomaron en consideración ciertos aspectos descritos en la sección 2.8.1, estos se encuentran detallados en la tabla 10:

- La distancia entre la casa y el pozo es de 3 m.
- Se diseñó de una tapa de inspección en el pozo de 0,6x0,6, esto con la finalidad de que al pozo se le realice una revisión periódica de retiro de lodos.
- Se diseñó una ventilación de escape para los gases que se generan dentro del pozo séptico, se consideró un conducto de diámetro 50mm, con una altura de 0,3m sobre el techo y dos codos al final en forma de u invertida.

- Se consideró que el almacenamiento de lodos no sea mayor a los 2 años para minimizar los gastos en limpieza.
- Se consideración que el material de las paredes del pozo sea de concreto por su resistencia estructural e impermeabilidad.
- El nivel de la tubería de desagüe del pozo séptico está a 0,5 m por debajo de la tubería de ingreso del mismo, para evitar que trabajen en carga.
- En las tuberías de entrada y de salida se consideró según los criterios de diseño que las “T” en la parte ascendente se prolongue 0.20 m, con la finalidad de que la capa flotante no llegue a obstruirlas. En las partes descendentes deben prolongarse 20% dentro del agua y 40% para la salida con respecto a la altura útil.

Tabla 10. Valores de diseño considerados para pozo séptico

| | |
|---|-------------|
| Relación largo-ancho | 2:1 |
| Largo (L) | 2 m |
| Ancho (B) | 1 m |
| Diámetro de tuberías entrada y salida | 100 mm (4") |
| Espesor de paredes | 0,15 m |
| Espacio libre entra natas y losa | 0,30 m |
| Tubería ascendente de entrada y salida en “T’s” | 0,20 m |
| Pendiente de fondo del pozo | 2% |

Una vez tomadas las consideraciones necesarias para el diseño del pozo séptico se procedió a realizar los cálculos esenciales para el dimensionamiento y elaboración del diseño.

Tiempo de retención hidráulica

Todo pozo séptico debe tener un tiempo de retención hidráulica, esto con la finalidad de que el agua negra que entra al pozo pueda cumplir ciertos procesos y se conviertan en lodos fecales, una vez pasado este tiempo, se puede realizar un retiro de estos sin ningún problema. Es por esto, que se consideró un tiempo de retención hidráulica de 6 días, ya que este es el tiempo mínimo según la guía de diseño de (OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2005).

$$T = 6 \text{ días}$$

Caudal total de agua negra

El caudal total de agua negra se obtuvo mediante la aplicación de la ecuación 8, además se tomó en consideración que las aguas residuales se encuentran separadas, por lo tanto, el caudal de agua negra es de 24,8 L/(hab*día). No es necesario obtener el 80% de éste, puesto que, es la cantidad neta que entra de las aguas servidas. (ASIA, 2015)

$$Qr = 24,8 (L/d) * 4(\text{hab})$$

$$Qr = 99,2 \frac{L}{\text{día}}$$

Volumen del pozo séptico

El cálculo de volumen para el pozo séptico se obtuvo con la aplicación la ecuación 9.

$$V = 1,5 * 99,2 (L/d) * 6(d)$$

$$V = 892,8 L$$

Volumen de sedimentación

Se usó la ecuación 10 se obtuvo el siguiente resultado:

$$Vs = 10^{-3} * 4(\text{hab}) * 24,8 \left(\frac{L}{\text{hab}} * d \right) * 6(d)$$

$$Vs = 0,5952 m^3$$

Volumen de almacenamiento de lodos

Se utilizó la ecuación 11 se obtuvo el siguiente resultado:

$$V = 50(m^3) * 4(\text{hab}) * 2(\text{años}) * 10^{-3}$$

$$V = 0,4 m^3$$

Volumen de natas

El volumen normal de natas se consideró en base a la guía de fosas sépticas de (Universidad de Sonora, 2011). El valor que se tomó fue de 0.7m³ puesto que para un pozo de 2.4 m³ el volumen de natas el suficiente espacio.

Área del área superficial del pozo séptico

El área superficial se obtuvo mediante la ecuación 12, mediante los criterios de diseño que mencionan que, la relación largo ancho debe ser de 2:1, se obtuvo el siguiente resultado.

$$A = 1,5m^2$$

Profundidad máxima de espuma

Se aplicó la ecuación 13 se obtuvo el siguiente resultado:

$$He = \frac{0,7}{1,5}$$

$$He = 0,46m$$

Donde 0,46 m representa la altura máxima a la que la espuma puede llegar a estar en el pozo séptico.

Profundidad libre del lodo

Se utilizó la ecuación 14 se obtuvo el siguiente resultado:

$$Ho = 0,82 - 0,26 * 1,5(m^2)$$

$$Ho = 0,43m$$

Profundidad mínima requerida para la sedimentación

Se aplicó la ecuación 15 se obtuvo el siguiente resultado:

$$Hs = \frac{0,5952(m^3)}{1,5(m^2)}$$

$$Hs = 0,39 m$$

Donde 0,39 representa la altura mínima que debe tener el pozo séptico para la sedimentación del lodo.

Profundidad de espacio libre

El valor de la profundidad de espacio libre (HI), se lo consideró a través de una comparación entre Hs y HI en el que se toma el mayor valor entre ellos, se sabe que HI es igual a (0,1+Ho). Por lo tanto, el resultado obtenido es el siguiente:

$$HI = 0,53m^3$$

Profundidad neta del tanque séptico

La profundidad total del tanque séptico está considerada dentro de los aspectos técnicos para el diseño, este valor es adecuado para el espacio considerado en el terreno de la vivienda.

Se utilizó la ecuación 16 se obtuvo el siguiente resultado:

$$H = 0,30m + 0,46m + 0,53m + 0,43m$$

$$H = 1,72m$$

3.4.2 Parámetros Biológicos

En la tabla 11 se indica un análisis referencial de la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en base a datos bibliográficos tomados de (El & Hardenbergh, 1942) que muestra los parámetros biológicos que se analizan en aguas negras. La eficiencia de remoción que se tomó para este análisis fue el valor más alto, se asume que la remoción sea la más eficiente y en este caso la mayor eficiencia de remoción a través del pozo séptico es del 40% según (ASIA, 2015).

Tabla 11. Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico

| Parámetro | Valor típico | Unidades | % Remoción | Valor objetivo |
|-----------|--------------|----------|------------|----------------|
| DBO | 296 | mg/L | 40% | 118,4 |

Una vez obtenido el valor objetivo, se realizó una comparación con la normativa vigente (Ministerio del Ambiente, 2015), para establecer que el valor final está dentro de los límites de descarga permisible hacia un cuerpo de agua dulce. Esta comparación se detalla en la tabla 12.

Tabla 12. Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico

| Parámetro | Valor objetivo (mg/L) | Normativa TULSMA |
|-----------|-----------------------|------------------|
| DBO | 118,4 | 100 |

Finalmente, la tabla comparativa indica que el parámetro no está dentro de los límites permisibles, por lo que se realiza un segundo tratamiento que baja la concentración de DBO en el agua, para que esta pueda ser descargada a una fuente de agua dulce.

3.4.3 Limpieza del pozo séptico

En la fase final para el tratamiento de aguas negras, se debe realizar una limpieza del pozo al menos cada 3 años según (Universidad de Sonora, 2011), ya que al no limpiar el pozo periódicamente podría aumentar el caudal de lodos y producir que los sólidos que se encuentran dentro del tanque se derramen al área de absorción. Esto se observa en la figura 8 a continuación.



Figura 8. Limpieza del pozo séptico

Fuente: SEPPSA

Finalmente, con las medidas obtenidas en el diseño y la aplicación de un software para dibujo se obtuvo el respectivo plano del pozo séptico, el mismo que se encuentra detallado en el anexo 6.3.

3.4.4 Zanja de Absorción

Las dimensiones que se consideraron para el diseño de la zanja de infiltración se determinaron a partir del nivel freático del suelo de la vivienda. Por lo cual, se tomó un valor referencial según los estudios hidrogeológicos en el Distrito Metropolitano de Quito en el sector de Solanda realizados por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, los cuales determinaron que el nivel freático del sector se ubica a 3 m medidos desde la superficie. El valor del nivel freático es referencial para el diseño de la zanja de infiltración, debido a que la vivienda se encuentra cerca al sector de estudio. (Bucheli & Realpe, 2018)

Los resultados obtenidos en base a las ecuaciones planteadas en los criterios de diseño se describen a continuación:

- La distancia de separación entre la zanja de infiltración y la vivienda que se consideró fue de 6 m.
- No se consideró la distancia mínima de un árbol hacia la zanja, debido a que en el terreno no existen árboles cercanos.
- El número de tuberías que se consideraron fueron de 2, por lo que la vivienda no cuenta con una gran cantidad de caudal de ingreso a la zanja, estas 2 tuberías fueron suficientes.

- Se tomó en cuenta que las perforaciones de las tuberías tengan orificios de ¼ de pulgada de diámetro, y que estén ubicadas cada 0,2 m.
- El fondo de la zanja se determinó a partir del nivel freático y fue de 2 m por encima del nivel freático.
- El ancho de la zanja se consideró de 0.50 m.
- Las dimensiones de la caja distribuidora fueron de largo 0,60, ancho 0,30m y una profundidad de 0,60 m.
- Entre los criterios de diseño se estableció que la zanja de absorción debe tener un recubrimiento de grava limpia de 0,15 m de espesor, además debe contener un elemento granulométrico entre 2,5 y 5 cm de diámetro. Sobre esta se encuentra colocada la tubería de reparto, para luego ser tapada con el mismo material.
- Se consideró colocar encima de la grava gruesa una capa de grava fina de 0,10m de espesor y granulado de 1,5 cm de diámetro.
- Para prevenir la perturbación de la capacidad filtrante de la grava se contempló colocar una capa de paja con un espesor de 5cm.
- La pendiente considerada para las tuberías fue de 1,5%
- La distancia entre las líneas de tubos que se consideró fue de 2 m.

En base a los criterios de diseño se utilizó la ecuación 17 para definir el área de absorción de la zanja de absorción, y se obtuvo el siguiente resultado.

$$Aa = \frac{79,36}{40}$$

$$Aa = 1,98 \text{ m}^2$$

Se determinó la longitud de la zanja mediante la aplicación de la ecuación 18, y se obtuvo el siguiente resultado.

$$Ls = \frac{1,98}{0,50}$$

$$Ls = 3,96 \text{ m}$$

La eficiencia de remoción de la zanja de infiltración como se indicó en la sección 2.8 es de aproximadamente 45%, por lo que en la tabla 13 se utilizó este valor como referencia para determinar un valor objetivo entre el afluente y el efluente, el valor típico del afluente es

tomado de la operación anterior, puesto que el valor de DBO5 que ingresa a la zanja de infiltración es el que sale del pozo séptico.

Tabla 13. Eficiencia de remoción de DBO5

| Parámetro | Valor típico Saliente del pozo séptico (mg/L) | % Remoción | Valor objetivo (mg/L) |
|------------------|--|-------------------|----------------------------------|
| DBO5 | 118,4 | 45 | 53,28 |

En la tabla 14 se muestra la comparación del parámetro de DBO5 con la normativa vigente en el Ecuador conocida como TULSMA.

Tabla 14. Comparación valor objetivo y TULSMA

| Parámetro | Valor objetivo (mg/L) | TULSMA (mg/L) |
|------------------|------------------------------|----------------------|
| DBO5 | 53,28 | 100 |

Una vez realizada la comparación se puede observar que el parámetro estaría dentro de los límites permisibles que indica la norma para descarga a un cuerpo de agua dulce.

El plano de diseño de la zanja de infiltración se encuentra en el anexo 6.3.

3.5 Presupuesto de la obra

Tabla 15. Presupuesto de la obra.

| TRAMPA DE GRASA | | | |
|---|-----------------|-----------------------|--------------------|
| MATERIAL | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| Tuberías PVC 4" (3 m) | 2 | \$11,87 | \$23,74 |
| Tuberías PVC 1" (3 m) | 1 | \$3,50 | \$3,50 |
| Tanque | 2 | \$30,00 | \$60,00 |
| Codos 1" | 1 | \$0,85 | \$0,85 |
| Tees 4" | 2 | \$4,55 | \$9,10 |
| BIOJARDINERA Y ZANJA DE INFILTRACIÓN | | | |
| MATERIAL | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| Tuberías PVC 4" (3 m) | 6 | \$11,87 | \$71,22 |
| Taponos PVC 4" | 2 | \$1,99 | \$3,98 |
| Plástico 1,4 mm (1m) | 2 | \$1,50 | \$3,00 |
| Piedra bola 4" m ³ | 0,84 | \$24,00 | \$20,16 |
| Tees 4" | 6 | \$4,55 | \$27,30 |
| Piedra 3/4 (m ³) | 3 | \$40,00 | \$120,00 |
| Codos 4" | 2 | \$3,54 | \$7,08 |
| Arena gruesa sacos | 2 | \$1,50 | \$3,00 |
| Arena fina sacos | 2 | \$2,00 | \$4,00 |

| | | | |
|--|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Paja sacos | 0,5 | \$3,75 | \$1,88 |
| Tubo Silicón | 1 | \$4,17 | \$4,17 |
| Sacos para cubrir plástico | 15 | \$0,38 | \$5,70 |
| POZO SÉPTICO | | | |
| MATERIAL | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| Cemento | 14 | \$8,00 | \$112,00 |
| Varilla corrugada #10 | 2 | \$6,74 | \$13,48 |
| Piedra chispa (sacos) | 12 | \$1,64 | \$19,68 |
| Agua (m ³) | 0,36 | \$0,62 | \$0,22 |
| Arena (sacos) | 8 | \$1,64 | \$13,12 |
| Pegamento para PVC (250cm ³) | 1 | \$5,03 | \$5,03 |
| Tubería PVC 4" | 3 | \$11,87 | \$35,61 |
| Tubería PVC 2" | 2 | \$4,55 | \$9,10 |
| Tees 4" | 2 | \$4,55 | \$9,10 |
| Codos 2" | 3 | \$1,18 | \$3,54 |
| CAJA DE REVISIÓN | | | |
| MATERIAL | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| Cemento | 7 | \$8,00 | \$56,00 |
| Varilla corrugada #8 | 2 | \$5,50 | \$11,00 |
| Piedra chispa | 5 | \$1,64 | \$8,20 |
| Agua m ³ | 0,18 | \$0,41 | \$0,07 |
| Tabla de construcción | 3 | \$4,00 | \$12,00 |
| Arena | 4 | \$1,64 | \$6,56 |
| MANO DE OBRA | | | |
| PERSONAL | DÍAS | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
| 1 maestro | 5 | \$30,00 | \$150,00 |
| 2 ayudantes | 5 | \$20,00 | \$100,00 |
| Transporte | 1 | \$5,00 | \$5,00 |
| Excavadora | 1 | \$20,00 | \$20,00 |
| | | TOTAL OBRA | \$958,39 |

Los costos para el presupuesto fueron obtenidos de: Comercial Kywi, Mundo metales y Disensa.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La calidad del efluente de las aguas grises mejora considerablemente cuando se hace una separación de las aguas negras
- La remoción de aceites y grasas se logra a través de la trampa de grasa, por ende, es indispensable que se aplique como pretratamiento de la biojardinera. El diseño de la zanja de absorción devuelve a la fuente de agua 53,28 mg/L de DQO, éste cumple con la normativa TULSMA.
- De acuerdo a la información bibliográfica, el diseño de la biojardinera refleja una alta eficiencia de remoción del 86% de DQO y del 90% de DBO.
- Para garantizar los parámetros de calidad en el diseño de la biojardinera los orificios en el tubo deben tener un diámetro de 0,03 m con una distancia de separación de 0,05 m.
- Es fundamental dejar el tiempo de retención hidráulica de 6 días en el pozo séptico para que se pueda sedimentar los lodos y facilitar su extracción.
- En caso de que no funcione la zanja de absorción por motivos de que el nivel freático en el terreno sea muy alto y no se pueda realizar el diseño, se deberá realizar una limpieza del pozo cada 2 años.
- Se tomó en consideración los resultados obtenidos en los cálculos de la zanja de infiltración se realizó el diseño del plano mostrado en el anexo 6.3 que cumple con los parámetros técnicos en base a lo expuesto en los criterios de diseño en la sección 3.4.4.
- Los valores del presupuesto se ajustan al planteamiento de diseño específico propuesto para la vivienda.

4.2 Recomendaciones

- Para la posible implementación, hay que tomar en cuenta los espacios previstos en el diseño de la caja de revisión y el pozo, además de considerar el espacio adicional para el material de soporte, que en este caso es hormigón armado.
- La trampa de grasa debe tener un mantenimiento periódico para retirar las sustancias que se precipitan en el balde y evitar que lleguen a la biojardinera.
- Para que el diseño de la biojardinera se lleve a cabo con éxito se deben colocar las plantas de las familias araceaea, cannanceae, costaceae, cyperaceae, heliconiaceae, musaseae, poacea, zingiberaeae.
- Es obligatorio realizar una prueba de permeabilidad y un estudio del nivel freático del suelo para realizar la zanja de absorción.
- Los tubos de la zanja de absorción deberán tener orificios de $\frac{1}{4}$ de pulgada con un espaciado de 0,20 m para que se tenga una buena distribución del agua en el terreno.

5 Bibliografía

- ACEPESA. (2010). *Manual para la construcción y Mantenimiento de biojardineras*.
www.acepesa.org
- Alavarado Granados, A. R., Díaz Cuenca, E., & Camacho Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Año*, 14, 78–97.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>
- AMNM, SICA, UNION EUROPEA, MAEF, AECID, & PNUD. (2013). *SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES*.
- ASIA. (2015). *Propuesta de reglamento técnico salvadoreño para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para la zona rural*.
- Asociación Española de Empresas del Sector del Agua. (2008). *Aguas grises: origen, composición y tecnologías para su reciclaje*.
https://aquaespana.org/sites/default/files/documents/files/Pildora_08-Grisas_origen.pdf
- Bauman, Z. (s/f). *Trabajo, consumismo y nuevos pobres*.
- BID. (2015, agosto). *¿Cuánta agua consumes realmente por día?* .
<https://blogs.iadb.org/Agua/Es/Cuanta-Agua-Consumes-Realmente-Por-Dia/>
- Brasil, G., Cruzatty, L. C. ;, & Schlatter Vollmann, J. E. (2012). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i3a1736>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, & Organización Mundial de la Salud. (2003a). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA* .
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/xv.pdf>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, & Organización Mundial de la Salud. (2003b). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ZANJAS Y POZAS DE INFILTRACIÓN*.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/UNATSABAR%202005.%20Especificaciones%20t%C3%A9cnicas%20para%20el%20dise%C3%B1o%20de%20zanjas%20y%20pozas%20de%20.pdf

- Cirujano, S., & Morales, R. (1997, junio). *El carrizo y sus utilidades*. <https://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/RMV/182QUERCUS.pdf>
- CityAdapt. (2022). *Zanjas de Infiltración*. https://cityadapt.com/sbn_cityadapt/zanjas-de-infiltracion/
- Cubillo, M. F., & Gómez, W. (2017). *Biojardineras como alternativas para el tratamiento de aguas residuales: experiencia en cinco biojardineras en las comunidades de Barra Honda y La Vigía de Nicoya, Guanacaste*. 7. <https://doi.org/10.15359/udre.7-1.4>
- da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*. https://books.google.com.ec/books?id=rPQrAHRxzyYC&pg=PA1&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- eACNUR. (2018, noviembre). *La pirámide de Maslow y las necesidades básicas*. https://eacnur.org/blog/necesidades-basicas-piramide-maslow-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
- El, P., & Hardenbergh, S. W. A. (1942). *EL MANEJO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS*.
- Hernández, M., Delgado, D., Lozano, L., & Ríos, V. (2020). *Introducción al análisis de procesos de tratamientos preliminares de aguas residuales-cribas*. https://es.scribd.com/embeds/462898730/content?start_page=1&view_mode=scroll&access_key=key-DXFMtVntRav5tlToCCWR
- Hurtado, Q., Belen, S., Vladimir, M., & Bustamante, O. (2020). *DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS EN EL CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA [UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI]*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6654/1/PC-000849.pdf>
- INEN. (2015). *Artefactos Sanitarios. Clasificación*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-1569-3.pdf>
- Levantamiento topográfico*. (s/f). Recuperado el 3 de septiembre de 2022, a partir de https://iho.int/uploads/user/pubs/cb/c-13/spanish/C-13_Capitulo_6.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). *TULSMA*.

- Nasamues Morillo, J. L. (2021). *METODOLOGÍAS PARA EVALUAR SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR*.
- Neira, S. (2008). *MANUAL DE BIOJARDINERAS*. <https://fdocuments.ec/document/manual-de-biojardineras-aula-biojardinerasmanualbiojardinerapdfhumedales.html>
- OPS, CEPIS, OMS, & Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. (2003). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA*.
- OPS/CEPIS/UNATSABAR. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*.
- Platzer, M. (2002). *INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS CON BIOFILTROS EN NICARAGUA, CENTRO AMERICA*.
- Quintanero Angarita, J. R. (2011). *Teoría de las necesidades de maslow*.
- Romero Rojas, J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*.
- Rosales Escalante, E. (2003). *Vista de Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones*. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/205/203
- Sánchez de Lorenzo, J. (2020). *FLORA ORNAMENTAL ESPAÑOLA*. www.arbolesornamentales.es
- Senatore, D. (2020). *Guía práctica de gestión ambiental*.
- Tilley, E., Urich, L., Luthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbriigg, C. (2014). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TILLEY%20et%20al%202018.%20Compendio%20de%20sistemas%20y%20tecnolog%C3%ADas%20de%20saneamiento.pdf
- TINOCO CANTO, J., LAURA PEZO, D., CRUZ HUARANGA, M., & RAMIREZ GARCIA, A. (2018). Eficiencia de las zanjas de infiltración tipo Niimi y normal en el tratamiento de aguas residuales domesticas en Villa los Sauces, Lima (Perú). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2). <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1093>
- Travis, M. J., Weisbrod, N., & Gross, A. (2008). Accumulation of oil and grease in soils irrigated with greywater and their potential role in soil water repellency. *The Science of the Total Environment*, 394(1), 68–74. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2008.01.004>
- UNESCO. (2006). *Water a shared responsibility*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000149519>

Universidad de Sonora. (2011). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades - Fosas Sépticos*. <http://www.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/19117/Capitulo1.pdf>

Valle, V. (2016). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13727/1/UPS%20-%20ST002819.pdf>

6 Anexos

Anexo I. Certificado de originalidad

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 8 de septiembre de 2022

De mi consideración:

Yo, SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA, en calidad de Directora del Trabajo de Integración Curricular titulado **DISEÑO DE UNA RED SANITARIA DE LA VIVIENDA Y TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL** asociado al proyecto DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PRIMARIO DE AGUA POTABLE Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA VIVIENDA DEL SECTOR SAN BARTOLO, elaborado por la estudiante **CRISTINA NICOL FONSECA CHANGO** de la carrera en AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL , certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito de las /secciones: Resumen, Introducción, Metodología, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 9 %.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**SANDRA
PATRICIA
PANCHI JIMA**

**Ing. Patricia Panchi Jima. Mgtr.
Profesora a tiempo completo
Carrera en Agua y Saneamiento Ambiental - ESFOT**

TIC_Cristina Fonseca

Informe de Originalidad

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 9% | 9% | 1% | 1% |
| Índice de Similitud | Fuentes de Internet | Publicaciones | Trabajos del Estudiante |

Fuentes Primarias

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | www.asiasv.org Fuente de Internet | 1% |
| 2 | issuu.com Fuente de Internet | 1% |
| 3 | ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet | <1% |
| 4 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1% |
| 5 | docplayer.es Fuente de Internet | <1% |
| 6 | dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.UTC.edu.ec Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet | <1% |
| 9 | www.paho.org Fuente de Internet | <1% |

Anexo II. Tabla 9 (TULSMA). Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|--|--|-------------------|-----------------------------------|
| Aceites y Grasas. | Sust. solubles en hexano | mg/l | 30,0 |
| Alkil mercurio | | mg/l | No detectable |
| Aluminio | Al | mg/l | 5,0 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Bario | Ba | mg/l | 2,0 |
| Boro Total | B | mg/l | 2,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Cianuro total | CN ⁻ | mg/l | 0,1 |
| Cinc | Zn | mg/l | 5,0 |
| Cloro Activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cloroformo | Ext. carbón cloroformo ECC | mg/l | 0,1 |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/l | 1 000 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1,0 |
| Cobalto | Co | mg/l | 0,5 |
| Coliformes Fecales | NMP | NMP/100 ml | 2000 |
| Color real ¹ | Color real | unidades de color | Inapreciable en dilución: 1/20 |
| Compuestos fenólicos | Fenol | mg/l | 0,2 |
| Cromo hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO ₅ | mg/l | 100 |
| Demanda Química de Oxígeno | DQO | mg/l | 200 |
| Estaño | Sn | mg/l | 5,0 |
| Fluoruros | F | mg/l | 5,0 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 10,0 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 10,0 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20,0 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 2,0 |
| Materia flotante | Visibles | | Ausencia |
| Mercurio total | Hg | mg/l | 0,005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2,0 |
| Nitrógeno amoniacal | N | mg/l | 30,0 |
| Nitrógeno Total Kjeldahl | N | mg/l | 50,0 |
| Compuestos Organoclorados | Organoclorados totales | mg/l | 0,05 |
| Compuestos Organofosforados | Organofosforados totales | mg/l | 0,1 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,1 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,2 |
| Potencial de hidrógeno | pH | | 6-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,1 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 130 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1 600 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻² | mg/l | 1000 |
| Sulfuros | S ⁻² | mg/l | 0,5 |
| Temperatura | °C | | Condición natural ± 3 |
| Tensoactivos | Sustancias Activas al azul de metileno | mg/l | 0,5 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

(Ministerio del Ambiente, 2015)

Anexo III. Dimensiones de la biojardinera por persona y consumo diario de agua

| DIMENSIONES | UNIDADES | NÚMERO DE PERSONAS Y CONSUMO DE AGUA | | | | | |
|------------------|----------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | 4 personas 200 l/p/día | 4 personas 120 l/p/día | 7 personas 200 l/p/día | 7 personas 120 l/p/día | 10 personas 200 l/p/día | 10 personas 120 l/p/día |
| B | m | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| L | m | 5,00 | 4,00 | 9,00 | 6,00 | 13,00 | 8,00 |
| H = | m | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| L ₁ = | m | 4,00 | 3,20 | 7,20 | 4,80 | 10,40 | 6,40 |
| L ₂ = | m | 0,50 | 0,40 | 0,90 | 0,60 | 1,30 | 0,80 |
| e = | m | 0,05 | 0,04 | 0,09 | 0,06 | 0,13 | 0,08 |
| h = | m | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |

(ACEPESA, 2010)

Anexo IV. Tipos de plantas utilizadas en una biojardinera

| Familia | Especie | Nombre común |
|---------------|-------------------------|--|
| Araceae | Zantedeschia aethiopica | cala |
| Cannaceae | Canna indica | platanilla |
| Cannaceae | Canna X generalis | platanilla, bandera española |
| Costaceae | Costus speciosus | caña agria |
| Costaceae | Costus scaber | caña agria |
| Cyperaceae | Cyperus involucratus | papiro |
| Cyperaceae | Cyperus papyrus | papiro |
| Heliconiaceae | Heliconia latisphata | platanillo |
| Heliconiaceae | Heliconia psittacorum | avecilla |
| Heliconiaceae | Heliconia rostrata | platanillo |
| Musaceae | Musa coccinea | antorcha |
| Musaceae | Musa laterita | banano de bronce |
| Poacea | Coix lacryma-jobi | lágrimas de San Pedro |
| Zingiberaceae | Alpinia purpurata | ginger |
| Zingiberaceae | Alpinia zerumbet | collar de la reina, lágrimas de San Juan |
| Zingiberaceae | Hedychium coronarium | lirio blanco |

(ACEPESA, 2010)

Anexo V. Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua residual

Anexo 5.1. Parámetros Físicos Y Químicos Típicos Del Agua Gris

| Parámetro | Expresado | Unidad | Valor |
|-------------------------------|-----------|-------------------|--------|
| Temperatura | T | °C | 15,2 |
| Conductividad | Cond | ms/cm | 0,40 |
| Turbidez | - | NTU | 122,85 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 597,3 |
| Sólidos totales fijos | STF | mg/l | 103,3 |
| Sólidos totales volátiles | STV | mg/l | 494,00 |
| Sólidos totales disueltos | STD | mg/l | 423,8 |
| Sólidos totales en suspensión | STS | mg/l | 173,50 |
| Sólidos sedimentables | - | ml/L | 0,93 |
| Color | - | Unidades de color | 480 |
| Índice del volumen del lodo | IVL | ml/mg | 343,91 |
| Caudal | Q | m ³ /s | 0,0010 |

(Valle, 2016)

Anexo 5.2. Parámetros Físicos, Químicos Y Biológicos Del Agua Gris – Sector Guápulo

| Parámetro | Expresado | Unidad | Valor |
|--|-------------------------------|---------------------|--------|
| Cloruros | - | mg/L de cl | 0,08 |
| potencial de Hidrógeno | p H | - | 7,21 |
| Nitrógeno total | N | mg/L | 40 |
| Nitrógeno de amonio | N-NH3 | mg/L | 8,25 |
| Fosfatos | (PO4) -3 | mg/L | 14,8 |
| Fósforo soluble (inorgánico) | - | mg/L | 5,6 |
| Fósforo total | P | mg/L | 7,5 |
| Sulfuro | S | mg/L | 5,4 |
| Alcalinidad | - | mg/L CaCO3 | 161,12 |
| Demanda química de oxígeno | DQO | mgO ₂ /L | 47,00 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (5días) | DBO5 | mgO ₂ /L | 16,00 |
| Aceites y grasas | Sustancias solubles en hexano | mg/L | 987,2 |

(Valle, 2016)

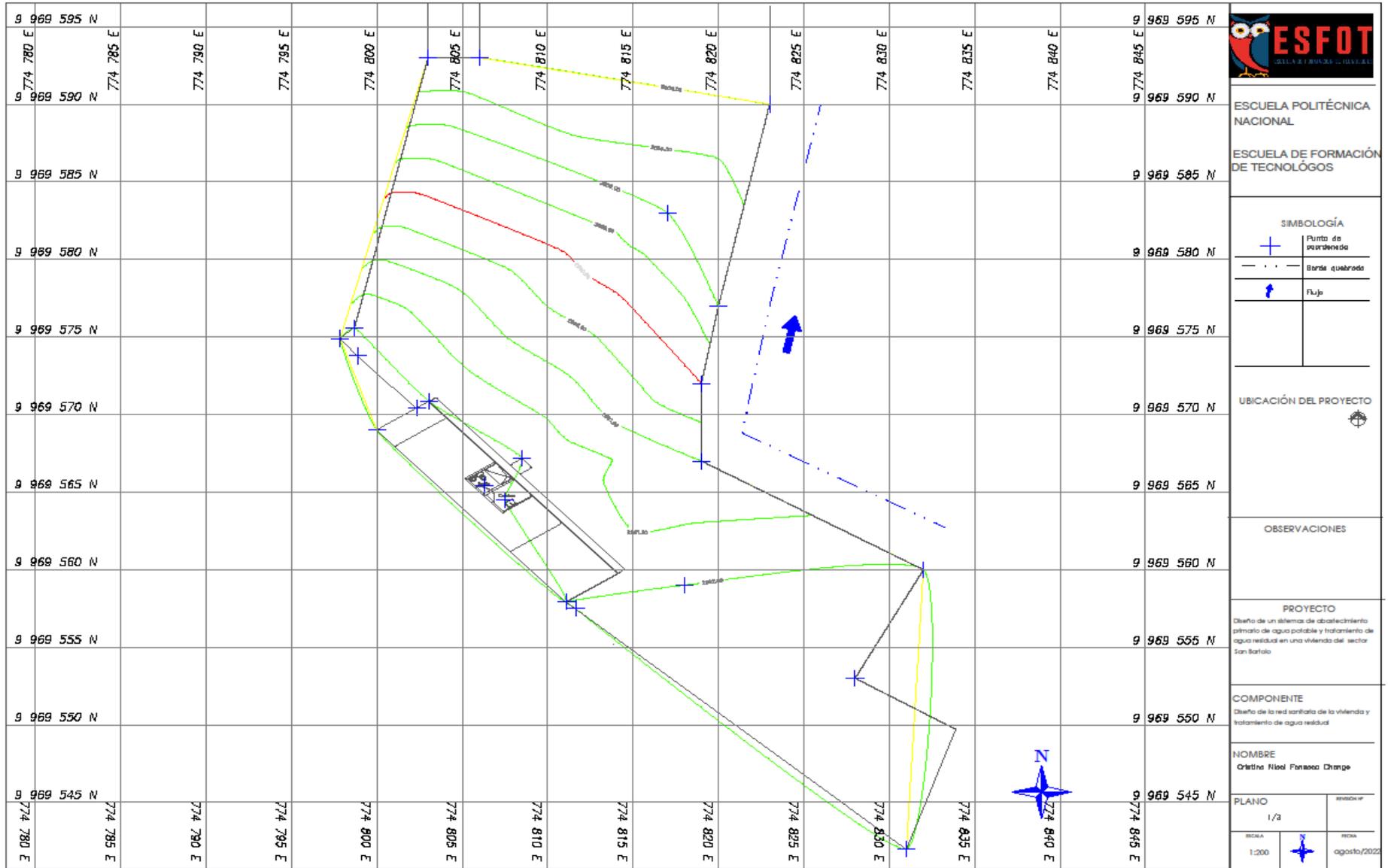
Anexo 5.3 Parámetros Físicos Y Biológicos Típicos De Agua Negra

| | |
|----------------------------|---------|
| Sólidos totales..... | 329 ppm |
| Sólidos orgánicos..... | 197 ppm |
| Sólidos inorgánicos..... | 132 ppm |
| Sólidos en suspensión..... | 110 ppm |
| D.O.B. (5 días)..... | 296 ppm |
| pH..... | 7.0 |

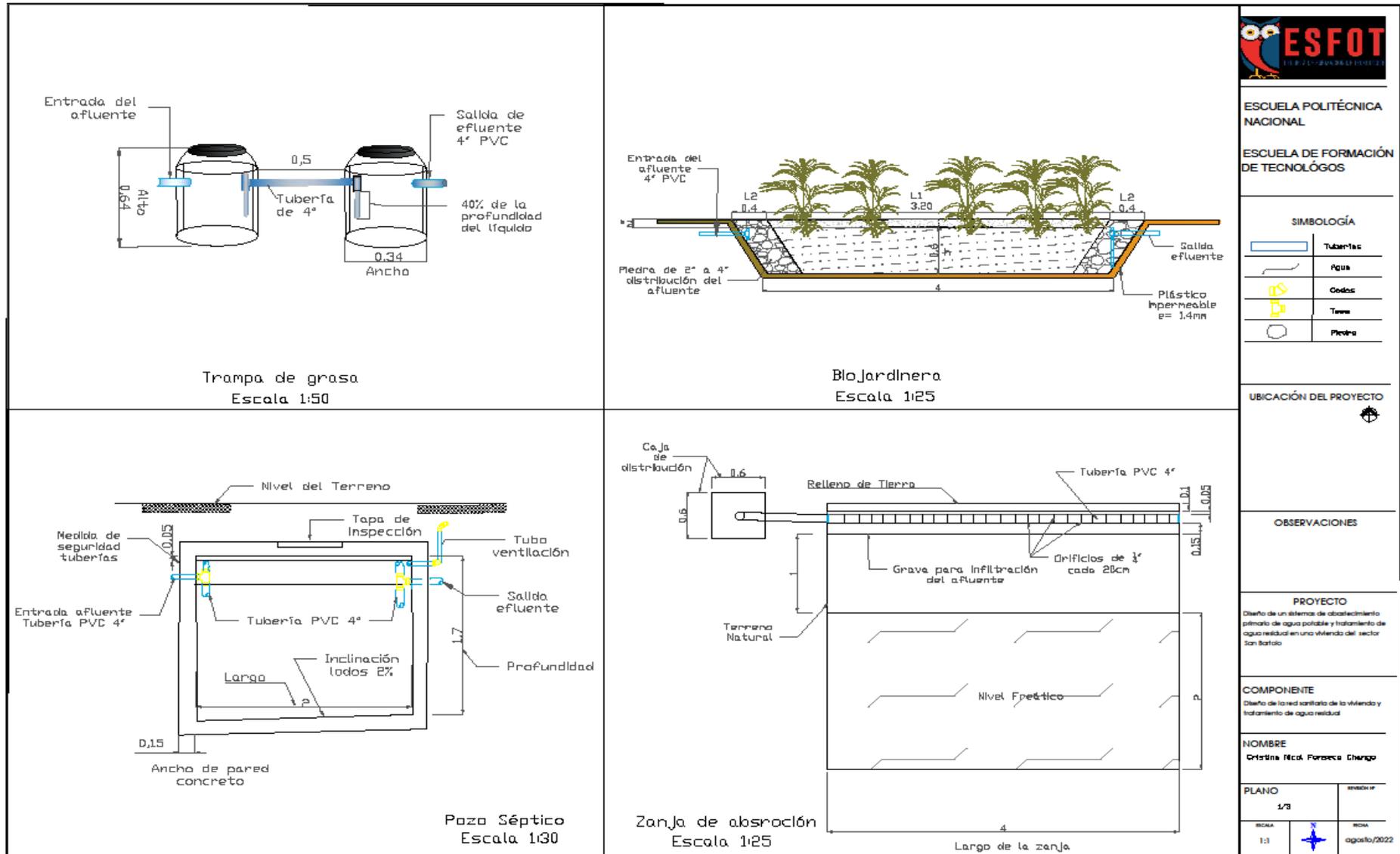
(El & Hardenbergh, 1942)

Anexo VI. Planos

Anexo 6.1. Plano Del Terreno



Anexo 6.3 Plano De Instalaciones Para El Tratamiento De Aguas Residuales



Anexo VII

MEMORIA TÉCNICA

**DISEÑO DE LA RED SANITARIA DE LA VIVIENDA Y TRATAMIENTO
DE AGUA RESIDUAL**

Autora:

Cristina Fonseca

Índice

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Resumen | 59 |
| 2 | Levantamiento de información | 59 |
| 2.1 | Visitas técnicas | 59 |
| 2.2 | Limpieza y Desbroce..... | 59 |
| 2.3 | Identificación de espacios para nuevas unidades funcionales..... | 60 |
| 2.4 | Levantamiento Planimétrico | 60 |
| 3 | Tratamiento de aguas residuales | 61 |
| 3.1 | Caudal que se va a tratar | 61 |
| 3.1.1 | Caudal para inodoros..... | 62 |
| 3.1.2 | Dotación final..... | 62 |
| 3.1.3 | Caudal de Aguas Grises | 62 |
| 3.1.4 | Caudal de Aguas Negras..... | 62 |
| 3.2 | Cajas de revisión | 62 |
| 3.2.1 | Caja de revisión actual..... | 63 |
| 3.2.2 | Diseño del plano de la caja | 63 |
| 3.2.3 | Trampa de grasa | 64 |
| 3.3 | Biojardinera..... | 64 |
| 3.3.1 | Diseño de biojardinera | 64 |
| 3.3.2 | Área de humedal | 65 |
| 3.3.3 | Valores típicos de aguas grises domésticas en la ciudad de Quito | 65 |
| 3.3.4 | Eficiencia de remoción de contaminantes en la Biojardinera..... | 66 |
| 3.3.5 | Resultados Referenciales de los parámetros analizados | 66 |
| 3.3.6 | Comparación de valor objetivo con normativa TULSMA. | 67 |
| 3.4 | Pozo Séptico..... | 67 |
| 3.4.1 | Tratamiento físico | 67 |
| 3.4.2 | Tratamiento Biológico | 67 |
| 3.4.3 | Tabla de valor típico en aguas negras | 67 |
| 3.4.4 | Diseño de Pozo Séptico..... | 68 |
| 3.4.5 | Dimensionamiento del pozo séptico..... | 68 |
| 3.1.1 | Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico..... | 70 |
| 3.1.2 | Comparación valor objetivo con normativa TULSMA en pozo séptico..... | 70 |
| 3.2 | Zanja de infiltración | 70 |
| 3.2.1 | Diseño de Zanja..... | 71 |
| 3.2.2 | Dimensionamiento de la Zanja..... | 71 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.2.3 | Eficiencia de remoción de DBO5 en la zanja de absorción | 72 |
| 4 | Conclusiones | 73 |
| 5 | Recomendaciones | 74 |
| 6 | Bibliografía..... | 75 |
| 7 | Anexos..... | 76 |

1 Resumen

El proyecto de diseño hidrosanitario de aguas residuales para una vivienda ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, en el sector San Bartolo mejorará el bienestar y salud de sus habitantes; para ello se tomaron datos georreferenciados,, medidas del terreno y de la vivienda. Usando elementos existentes como una caja de revisión empleada como un elemento funcional en los diagramas de tratamiento de aguas negras.

Se emplearon dos cajas de revisión, un pozo séptico, una trampa de grasa, una zanja de infiltración y una biojardinera en el diseño de un sistema que soporta como límite una dotación de agua de 120 L/hab*día escalable en el tiempo al uso actual de 80,8 L/hab*día.

El efluente deberá alcanzar parámetros físico-químicos y biológicos ideales que cumplan con la normativa vigente en Ecuador de aguas residuales que se integrarán a fuentes de agua dulce cercanas al terreno.

2 Levantamiento de información

Es la base del estudio en el cual se obtienen todos los datos y referencias que se van a usar en el desarrollo del proyecto.

2.1 Visitas técnicas

- Identificación del sitio del proyecto
- Identificación de construcciones y puntos de desagüe de la construcción
- Limpieza y Desbroce
- Recolección de información, toma de medidas y datos georreferenciados.

2.2 Limpieza y Desbroce

- Realizada con una excavadora Bobcat por las condiciones de descuido de años del terreno.



- Retiro de vegetación, maleza y tierra acumulada para ubicar la caja de revisión.
- Limpieza manual con palas para la ubicación de los puntos georreferenciados.



2.3 Identificación de espacios para nuevas unidades funcionales

El reconocimiento del terreno garantiza que los espacios y las dimensiones de las unidades funcionales se ubiquen en el espacio donde su operación sea eficiente.



2.4 Levantamiento Planimétrico

Es un paso fundamental para la obtención de georreferencia que se va a usar en el diseño del plano.

- Se coloca el GPS Garmin GPSMAP 64st a la altura del pecho.
- El GPS debe ser manejado por una sola persona
- Se tomaron 20 puntos georreferenciados.



3 Tratamiento de aguas residuales

Es el objetivo principal de este proyecto en el que se garantiza reducir la contaminación de patógenos para que las aguas se reintegren a la naturaleza.

3.1 Caudal que se va a tratar

Es el fluido contaminado proveniente de las descargas de los aparatos sanitarios que se va a usar para hacer el diseño del tratamiento.

- Un promedio de 4 veces al día descarga agua del inodoro una persona
- Volumen de agua según el tipo de inodoro NTE-INEN 1569

| Tipo de inodoro | Volumen [L] | |
|-----------------|-------------|---------|
| Bajo consumo | 6,2 | |
| Doble descarga | Sólido | Líquido |
| | 6,2 | 4,1 |
| Alta eficiencia | 4,8 | |

Se utilizaron las siguientes fórmulas para calcular los caudales y la dotación final que se utilizará en las demás operaciones unitarias, se separaron los caudales de agua gris y de agua negra para hacer más eficiente la remoción de agentes contaminantes que se encuentran en estas.

3.1.1 Caudal para inodoros

Qi= Caudal de inodoros

N= Número de veces que utiliza una persona el inodoro (veces/habitante)

V=Volumen del agua que requiere cada inodoro para funcionar (L)

t= tiempo (día)

$$Q_i = \frac{N * V}{t} = 24,8L$$

3.1.2 Dotación final

Df= Dotación Final

Qi= Caudal de inodoros

Ql= Caudal de lavamanos

Qlp= Caudal de lavaplatos

$$Df = Q_i + Q_l + Q_{lp}$$

$$Df = 80,8 L$$

3.1.3 Caudal de Aguas Grises

AG= Agua gris

Ql= Caudal lavamanos

Qlp= Caudal lavaplatos

$$AG = Q_l + Q_{lp}$$

$$AG = 56 \frac{L}{día} * hab$$

3.1.4 Caudal de Aguas Negras

AN= Agua negra

Qi= Caudal de inodoros

$$AN = Q_i$$

$$AN = 24,8 \frac{L}{día} * hab$$

3.2 Cajas de revisión

Constituyen la primera etapa del tratamiento, en la imagen se observa la caja que se va a usar para aguas negras, la caja que se va a usar en aguas grises tiene la misma geometría que la caja de aguas negras. Finalmente, el diseño de las cajas fue fundamental para continuar con las otras etapas del tratamiento.

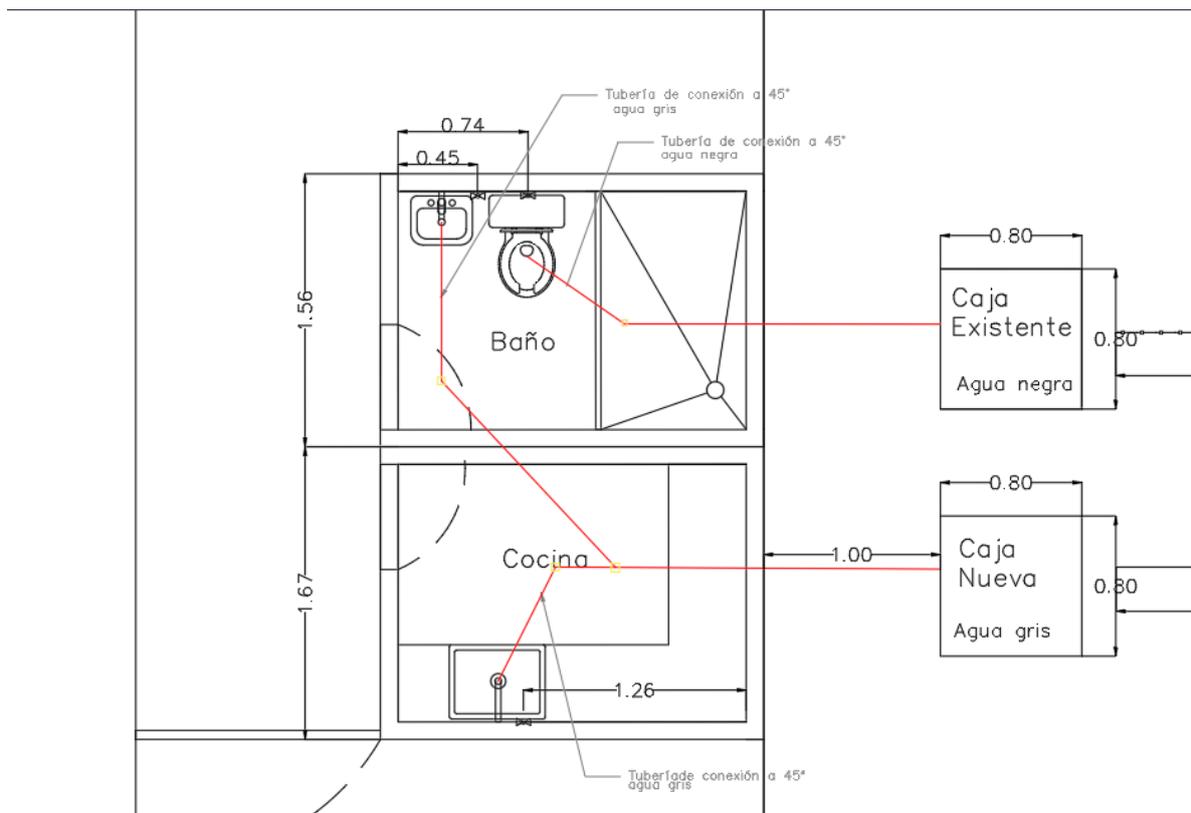
La geometría de las cajas es semejante y su diseño está dimensionado de acuerdo al uso diario que van a tener los integrantes de la familia que viven en la propiedad.

3.2.1 Caja de revisión actual



3.2.2 Diseño del plano de la caja

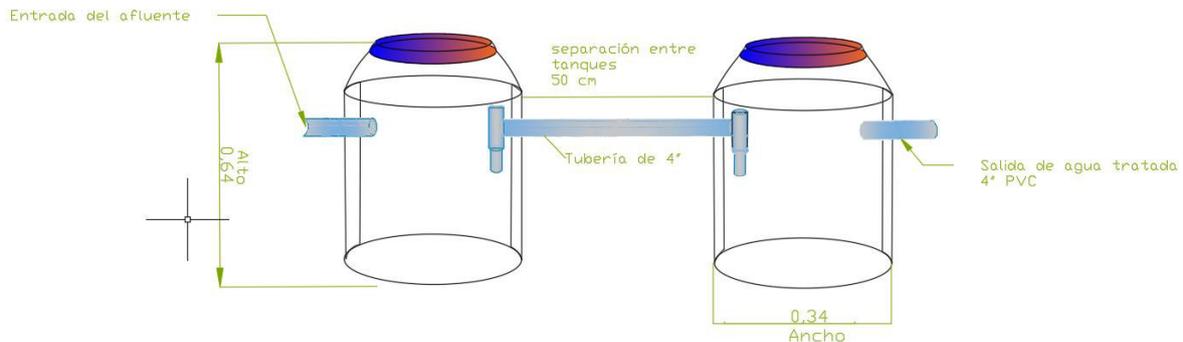
- La caja nueva va a alojar las aguas grises y está a una distancia de separación semejante a la existente en el terreno.
- El tubo de ingreso debe estar a una altura superior que el tubo de desfogue de las aguas.
- Para que el agua fluya hacia un solo lugar el piso debe tener una hendidura y un desnivel necesario para el vertido de las aguas.



3.2.3 Trampa de grasa

Detiene los sólidos, aceites y grasas provenientes de la caja de aguas grises para que no se generen obstrucción de las tuberías en las siguientes etapas del tratamiento. Se utiliza como pretratamiento a la biojardinera.

- Remoción de los agentes contaminantes provenientes de lavaplatos y lavamanos
- Rejilla de retención de sólidos
- Reposo de dos a tres días para que las partículas sólidas sedimenten.
- Los dos tanques aumentan el obstáculo al recorrer mayor distancia y las grasas se suspenden.
- Uso de dos tanques plásticos comerciales de 60 L. cerrados herméticamente hacen que el flujo del efluente baje la velocidad, se mantenga uniforme y evitar malos olores.
- Las trampas de grasa convencionales tienen una capacidad mínima de 300 L según (OPS, et al., 2003)



3.3 Biojardinera

Recibe el agua tratada desde la trampa de grasa para realizar el filtrado de los contaminantes por medio de las piedras de diferente tamaño y granulación, además de usar las plantas que funcionan como un medio de absorción de agentes contaminantes e integran una solución amigable con el ambiente y de costo accesible.

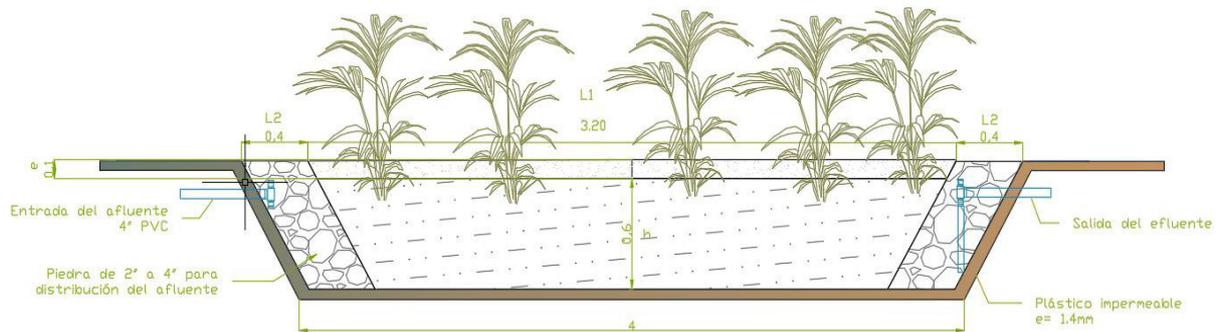
- Reutilizar el agua producto del acondicionamiento del caudal de aguas grises en riego o integrarla al cauce natural de agua dulce.
- Diseño de flujo superficial horizontal.
- 1m³ de la biojardinera trata aproximadamente 135 L. de agua contaminada.

3.3.1 Diseño de biojardinera

Los criterios expuestos son en base a guías de diseño de (ACEPESA, 2010) y (Neira, 2008)

- Terreno plano $\leq 5\%$ con espacio
- Uso de plástico con espesor de 1,4mm.
- Relación de dimensiones 2:1
- Suelo de vivienda:
 - Profundidad: 63-83 cm
 - Porcentaje de arena 97,4%

- Limo de 1,7%
- Arcilla 0.9%
- Altitud referencial de 2780 msnm.
- Tiempo de retención 3 días
- Especies específicas utilizadas que se desarrollan en humedales naturales.
- Perforaciones de 0,03 m. de diámetro con separaciones de 0,05 m tapadas en ambos extremos
- Plantas apropiadas reducen la contaminación y sus raíces se alimentan del agua tratada formando una red
- Usaron plantas nativas de Ecuador como Heliconia Latispatha (Platanilla) y Carrizos



3.3.2 Área de humedal

| | |
|-----------------------------------|---------------|
| A _h = Área del humedal | $A_h = B * L$ |
| B= Ancho | |
| L= Largo | $A_h = 6m^2$ |

3.3.3 Valores típicos de aguas grises domésticas en la ciudad de Quito

Referencias físicas, químicas y biológicas con las que se va a iniciar el tratamiento de agua gris.

| Parámetro | Unidad | Quito (Sector Guápulo) | (Romero Rojas, 2010) |
|-----------------------------|--------|------------------------|----------------------|
| Temperatura | °C | 15,2 | - |
| DBO | mg/L | 16,00 | 220 |
| DQO | mg/L | 47,00 | 500 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | 173,50 | 220 |
| Sólidos sedimentables | mg/L | 0,93 | 10 |
| Nitrógeno Total (NT) | mg/L | 40,00 | 40 |
| Aceites y grasas | mg/L | 987,2 | 100 |

| | | | |
|---------------------------|------|-----|---|
| Fósforo Total (PT) | mg/L | 7,5 | 8 |
|---------------------------|------|-----|---|

3.3.4 Eficiencia de remoción de contaminantes en la Biojardinera

Porcentajes de remoción ideales a los que se quiere llegar en el tratamiento de agua gris.

| Parámetro | Eficiencia % |
|------------------------------|---------------------|
| DBO | 89-95 |
| DQO | 75-86 |
| NT | 21-39 |
| PT | 6-19 |
| Sólidos Suspendidos | 52-73 |
| Sólidos Sedimentables | 32 |
| Aceites y Grasas | 50 |

3.3.5 Resultados Referenciales de los parámetros analizados

Resultados que se van a obtener cuando se aplique el diseño propuesto.

| Parámetros | Valor inicial (mg/L) | Eficiencia % | Valor objetivo (mg/L) |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|
| DBO | 16,00 | 91 | 1,44 |
| DQO | 47,00 | 86 | 6,58 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 173,50 | 73 | 46,35 |
| Sólidos Sedimentables | 0,93 | 100 | 0,00 |
| NT | 40,00 | 25 | 30,00 |
| Aceites y Grasas | 987,20 | 50 | 493,60 |
| PT | 7,50 | 32 | 5,10 |

3.3.6 Comparación de valor objetivo con normativa TULSMA.

Los valores de la tabla demuestran que la normativa TULSMA se cumple excepto en el parámetro de aceites y grasas.

| Parámetro | Valor Objetivo (mg/L) | Normativa TULSMA (mg/L) |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| DBO | 1,44 | 100 |
| DQO | 6,58 | 200 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 46,35 | 130 |
| Sólidos Sedimentables | 0,00 | - |
| NT | 30,00 | 50 |
| Aceites y Grasas | 493,60 | 30 |
| PT | 5,10 | 10 |

3.4 Pozo Séptico

Es un lugar que contiene gérmenes patógenos en el que se emplean una serie de tratamientos que van a descontaminar en una proporción definida según el planteamiento realizado en el proyecto.

Funciona también como un recolector de aguas negras en el que se mantienen los residuos contaminantes hasta su debida limpieza, esta solución se emplea cuando la propiedad carece de una red de alcantarillado cerca de su catastro.

3.4.1 Tratamiento físico

- Sólidos se separan por sedimentación en el fondo del pozo
- Aceites y grasas quedan suspendidos.

3.4.2 Tratamiento Biológico

- Biodigestión de sólidos acumulados al fondo
- Proceso de estabilización anaerobia
- Transformación de elementos orgánicos complejos en simples

3.4.3 Tabla de valor típico en aguas negras

| Parámetro | Valor típico | Unidades |
|-----------|--------------|----------|
| DBO | 296 | mg/L |

DBO del 30% al 40% de eficiencia de remoción.

3.4.4 Diseño de Pozo Séptico

- Relación mínima de 2:1
- Distancia mínima a un árbol >5 m.
- Retención hidráulica de 6 días
- Profundidad Neta 0,75 m.
- Longitud total < profundidad
- Paredes con espesor 0,15 m.
- Espacio entre Nata/espuma y losa de 0,30 m.
- Tees o pantallas como dispositivos de entrada y salida
- Ventilación para salida de gases a través de un tubo de 50mm a una altura de 0,3m sobre el techo con dos codos en U invertida.
- almacenamiento de lodos ≤ 2 años
- Fondo de pozo con pendiente mínima del 2%.
- Tuberías de entrada y salida forma de T prolongadas 0,20m. con diferencia en altura de 0,5 m. para evitar carga.
- Volumen de natas 0,7m³
- Limpieza de Pozo cada 3 años

Se utilizaron las siguientes fórmulas para calcular el caudal total, el área, volúmenes y las profundidades que se utilizarán en el planteamiento, de esta forma se proyecta un resultado establecido bajo márgenes de proporción adecuados mostrado en las siguientes tablas.

3.4.5 Dimensionamiento del pozo séptico

Las ecuaciones mostradas a continuación fueron tomas de (OPS/CEPIS/UNATSABAR, 2005).

- **Caudal de agua residual**

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| $Q_r =$ | $Q_r = 0,8D * hab$ |
| D= Dotación de agua potable l/hab*día | $Q_r = 79,36 L/día$ |
| hab= habitantes a servir | |

- **Volumen de tanques Sépticos**

| | |
|--|------------------|
| V= Volumen útil de la fosa séptica (L) | $V = 1.5Q_r * T$ |
| Q_r = Caudal de aguas negras (L/día) | |
| T= Tiempo de retención hidráulica (días) | $V = 714,24 L$ |

- **Volumen de Sedimentación**

| | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| V_s = Volumen de sedimentación | $V_s = 10^{-3} * (P * q) * T$ |
| P= Población | |

q= Caudal de aporte unitario de aguas residuales (L/hab*día)
T=Tiempo de retención hidráulica (días)

$$V_s = 0,5952 \text{ m}^3$$

- **Volumen de almacenamiento de Lodos**

Vd= Volumen de almacenamiento de lodos (m³)

G= Volumen de lodos generado por persona y por año el (L)

P=Población

N= Intervalo de limpieza de lodos al año

$$V_d = G * P * N * 10^{-3}$$

$$V = 0,4 \text{ m}^3$$

- **Área superficial**

A= Área Superficial

L= Largo

B=Ancho

$$A = L * B$$

$$A = 1,5 \text{ m}^2$$

- **Profundidad máxima de espuma**

He= Profundidad máxima de espuma

A= Área Superficial

$$H_e = \frac{0,7}{A}$$

$$H_e = 0,46 \text{ m}$$

- **Profundidad libre de Lodo**

Ho= Profundidad libre del lodo

A=Área Superficial

$$H_o = 0,82 - 0,26 * A$$

$$H_o = 0,43 \text{ m}$$

- **Profundidad mínima para la sedimentación**

Hs= Profundidad mínima para sedimentación

Vs= Volumen de sedimentación

A=Área Superficial

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

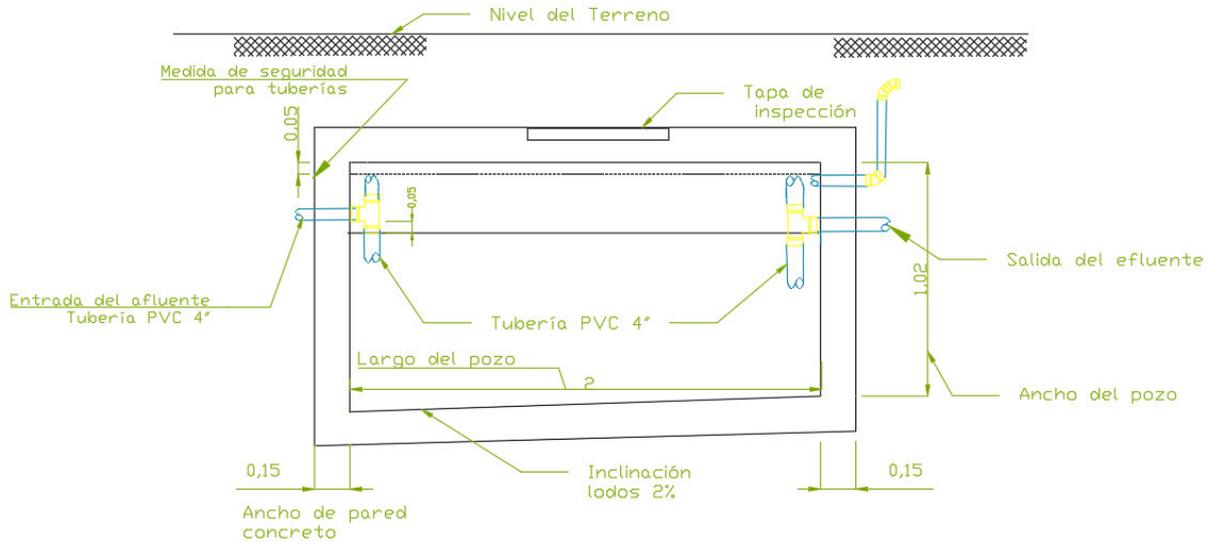
$$H_s = 0,3968 \text{ m}$$

- **Profundidad neta del tanque séptico**

H= Profundidad neta del tanque séptico

$$H = 0,30 + 0,46 + 0,53 + 0,43$$

$$H = 1,72m$$



3.1.1 Valor referencial de remoción de DBO en pozo séptico

Eficiencia de remoción del pozo séptico es del 40%

| Parámetro | Valor típico | Unidades | % Remoción | Valor objetivo |
|-----------|--------------|----------|------------|----------------|
| DBO | 296 | mg/L | 40% | 118,4 |

3.1.2 Comparación valor objetivo con normativa TULSMA en pozo séptico

El valor objetivo sobrepasa el límite determinado por la normativa.

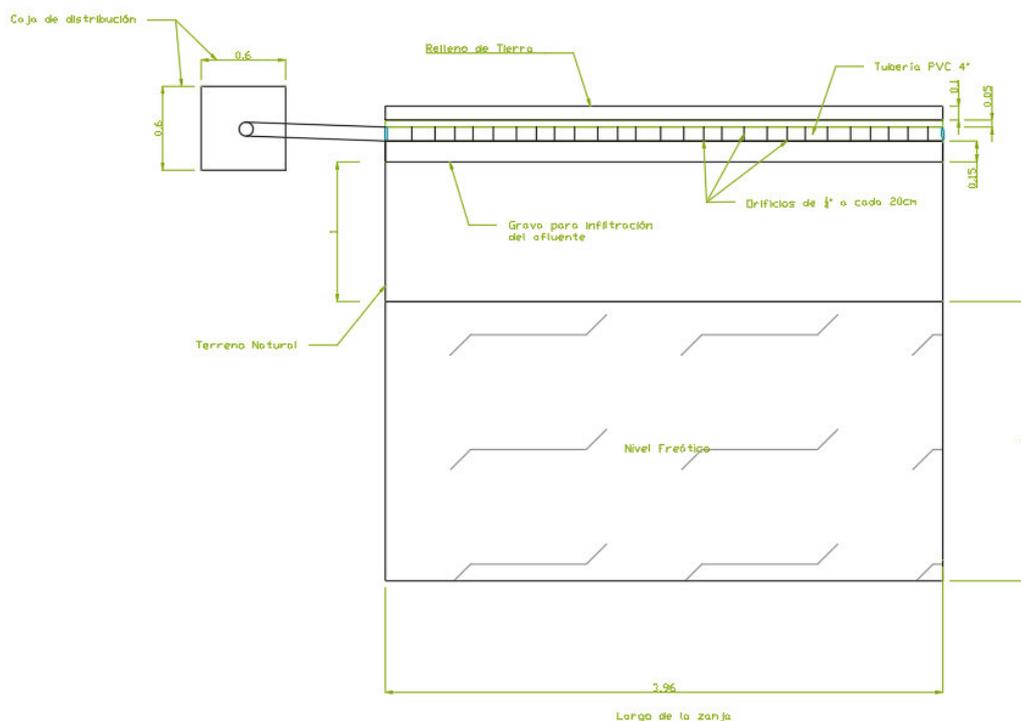
| Parámetro | Valor objetivo | Normativa TULSMA |
|-----------|----------------|------------------|
| DBO | 118,4 mg/L | 100 mg/L |

3.2 Zanja de infiltración

Luego de atravesar el pozo séptico las aguas rebajadas proporcionalmente en su contaminación llegan a la zanja donde se va a generar una purificación adicional, por lo que se optimiza el proceso de descontaminación de agua tratada que se va a incorporar a la naturaleza. Se dimensiona a partir del nivel freático que en este caso va a ser de 3 m.

3.2.1 Diseño de Zanja

- Distancia mínima a la vivienda 5m.
- Distancia mínima a un árbol 3 m.
- 2 líneas de distribución de igual longitud
- Distancia mínima entre líneas de distribución de 1,8 m.
- Grava limpia entre 2,5 a 5 cm.
- Grava fina entre 1 a 2,5 cm.
- Papel grueso o paja evita evapotranspiración
- Fondo de zanja < 2 m. de nivel freático
- Ancho de zanja $\geq 0,5$ m y en función de permeabilidad de terreno
- Perforaciones de tuberías con orificios de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro, y espacio de 0,2 m entre cada una.
- Pendiente mínima 1,5%.
- Distancia entre las líneas de tubos que se consideró fue de 2 m.
- Materiales de zanja
 - Capa de grava limpia de 0,15 m de espesor
 - Material granulométrico entre 2,5 y 5 cm alrededor de la tubería.
 - En la superficie una capa de grava fina de 0,10m



3.2.2 Dimensionamiento de la Zanja

Los principios de diseño empleados se basan en los cálculos obtenidos de las siguientes ecuaciones, donde el área de absorción es el elemento fundamental para obtener la longitud de la zanja.

Las ecuaciones utilizadas a continuación fueron tomadas de (ASIA, 2015)

- **Área de absorción requerida**

Aa= Área de absorción m²

Qr= Caudal de aguas negras

q= Capacidad de absorción del suelo
L/m²/día

$$Aa = \frac{Qr}{q}$$

$$Aa = 1,98 \text{ m}^2$$

- **Longitud de Zanja Estándar**

Ls= Longitud de la zanja (m)

Aa= Área de absorción (m²)

a= ancho de la zanja (m)

$$Ls = Aa/a$$

$$Ls = 3,96 \text{ m}$$

3.2.3 Eficiencia de remoción de DBO5 en la zanja de absorción

El valor objetivo de DBO5 se obtuvo a partir del resultante del pozo séptico que es la operación unitaria anterior a la zanja de absorción.

| Parámetro | Valor típico | % Remoción | Valor objetivo |
|-----------|----------------------------------|------------|----------------|
| | Saliente del pozo séptico (mg/L) | | (mg/L) |
| DBO5 | 118,4 | 45 | 53,28 |

4 Conclusiones

- La calidad del efluente de las aguas grises mejora considerablemente cuando se hace una separación de las aguas negras.
- El tiempo de trabajo de limpieza del terreno disminuyó por el uso de una excavadora tipo bobcat.
- La adquisición de datos con un GPS profesional garantiza la precisión de los puntos georreferenciados para la elaboración del plano acertado.
- Las distancias de las cajas de revisión con respecto a la casa cumplen con los estándares mínimos de 1m.
- La remoción de aceites y grasas se logra a través de la trampa de grasa, por ende, es indispensable que se aplique como pretratamiento de la biojardinera. El diseño de la zanja de absorción devuelve a la fuente de agua 53,28 mg/L de DQO, éste cumple con la normativa TULSMA.
- El diseño de la biojardinera refleja una alta eficiencia de remoción del 86% de DQO y del 90% de DBO.
- El diseño de la biojardinera garantiza la totalidad de remoción de sólidos sedimentables con una eficiencia del 100%.
- Para garantizar los parámetros de calidad en el diseño de la biojardinera los orificios en el tubo deben tener un diámetro de 0,03 m con una distancia de separación de 0,05 m.
- Es fundamental dejar el tiempo de retención hidráulica de 6 días en el pozo séptico para que se pueda sedimentar los lodos y facilitar su extracción.
- En caso de que no funcione la zanja de absorción se deberá realizar una limpieza del pozo cada 2 años
- Se tomó en consideración los resultados obtenidos en los cálculos de la zanja de infiltración se realizó el diseño del plano mostrado en los anexos que cumple con los parámetros técnicos en base a lo expuesto en los criterios de diseño en la sección 3.4.4.
- Los valores del presupuesto se ajustan al planteamiento de diseño específico propuesto para la vivienda.

5 Recomendaciones

- Hay que tomar en cuenta los espacios necesarios para el diseño de la caja de revisión y el pozo, además de considerar el espacio adicional para el material de soporte, que en este caso es hormigón armado.
- Se debe preparar hormigón armado para las construcciones de la caja de revisión y pozo.
- Tomar en cuenta el bisel en el cual descansa la tapa, tanto para la caja de revisión como para la tapa del pozo.
- La trampa de grasa debe tener un mantenimiento periódico para retirar las sustancias que se precipitan en el balde y evitar que lleguen a la biojardinera.
- Para que el diseño de la biojardinera se lleve a cabo con éxito se deben colocar las plantas de las familias araceaea, cannanceae, costaceae, cyperaceae, heliconiaceae, musaseae, poacea, zingiberaeae.
- Es obligatorio realizar una prueba de permeabilidad y un estudio del nivel freático del suelo para realizar la zanja de absorción.
- Los tubos de la zanja de absorción deberán tener orificios de $\frac{1}{4}$ de pulgada con un espaciado de 0,20 m para que se tenga una buena distribución del agua en el terreno.
- Los valores mostrados en el presupuesto pueden ser usados en una implementación de manera fidedigna.

6 Bibliografía

ACEPESA. (2010). *Manual para la construcción y Mantenimiento de biojardineras.*
www.acepesa.org

ASIA. (2015). *Propuesta de reglamento técnico salvadoreño para el diseño y construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario para la zona rural.*

INEN. (2015). *Artefactos Sanitarios. Clasificación.*
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-1569-3.pdf>

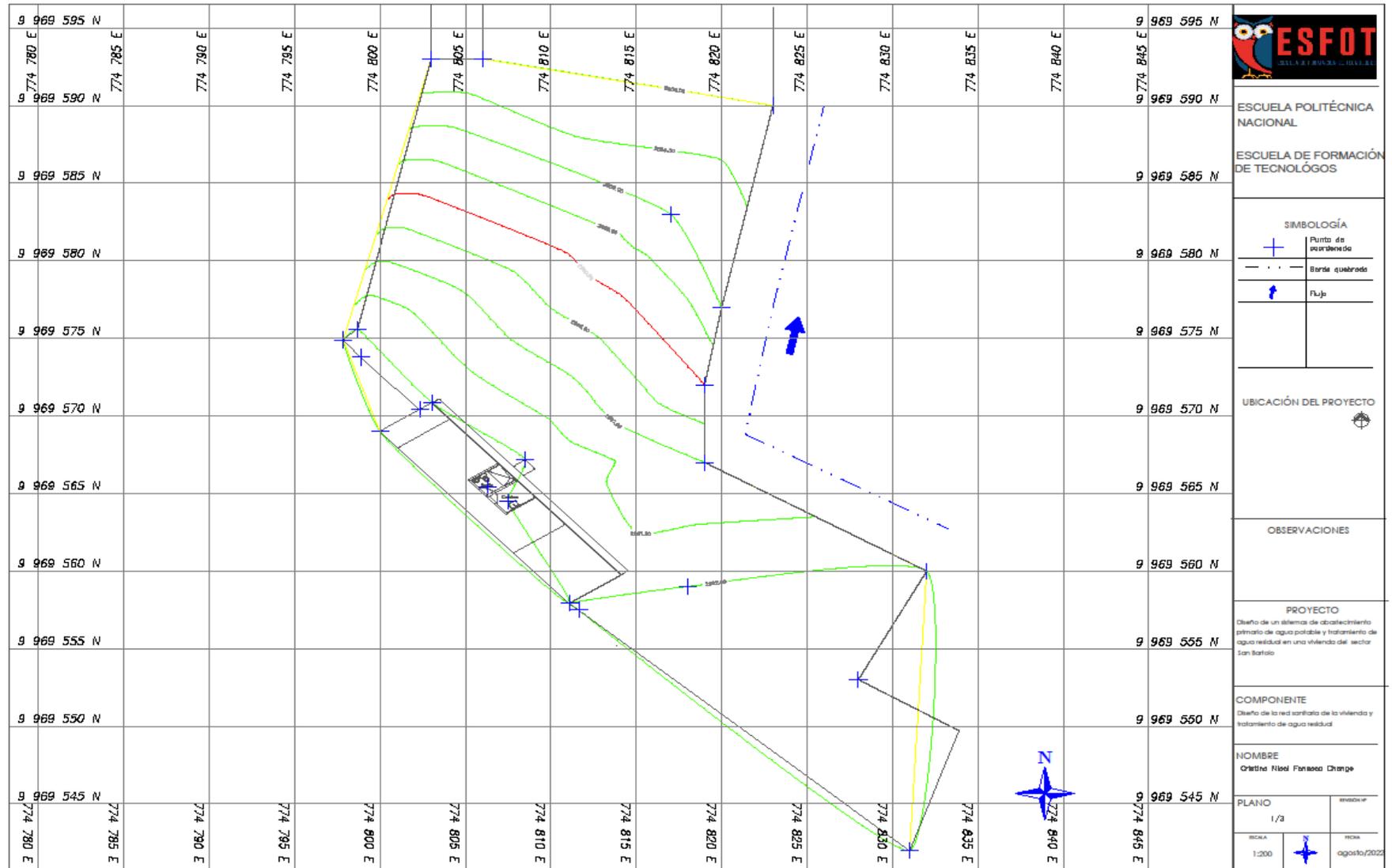
Neira, S. (2008). *MANUAL DE BIOJARDINERAS.* <https://fdocuments.ec/document/manual-de-biojardineras-aula-biojardinerasmanualbiojardinerapdfhumedales.html>

OPS, CEPIS, OMS, & Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. (2003). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA.*

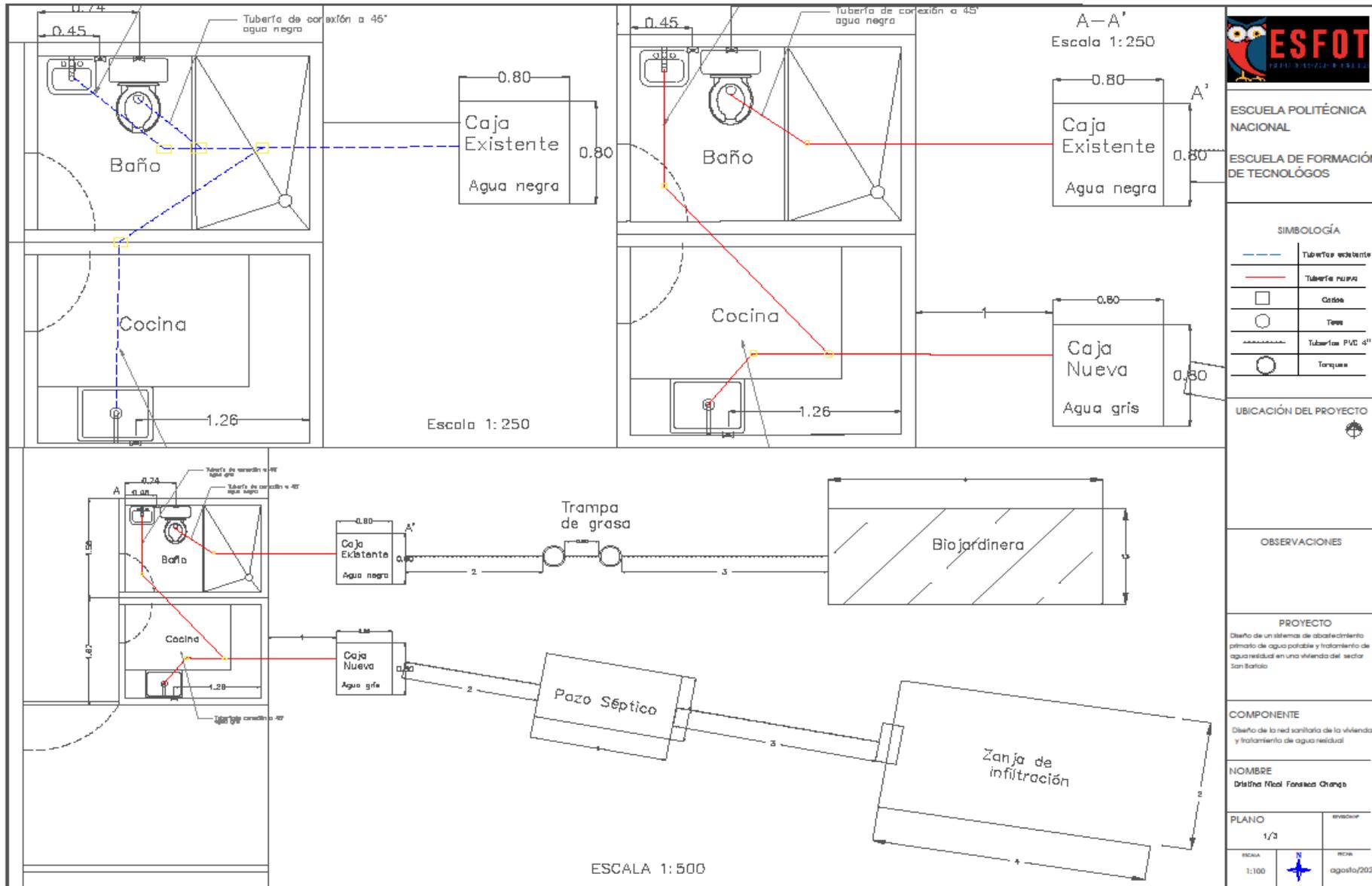
OPS/CEPIS/UNATSABAR. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.*

7 Anexos

PLANOS DEL TERRENO



PLANO GENERAL Y CAJAS DE REVISIÓN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMBOLOGÍA

| | |
|--|-------------------|
| | Tubería existente |
| | Tubería nueva |
| | Cámbio |
| | Toma |
| | Tuberías PVC 4" |
| | Torques |

UBICACIÓN DEL PROYECTO



OBSERVACIONES

PROYECTO

Diseño de un sistema de abastecimiento primario de agua potable y tratamiento de aguas residuales en una vivienda del sector San Baldo.

COMPONENTE

Diseño de la red sanitaria de la vivienda y tratamiento de aguas residuales.

NOMBRE

Dristha Nicol Fonseca Ordoñez

PLANO

1/3

ESCALA

1:100

FECHA

agosto/2022



PLANO DE INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

