



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

RESIDUALES PARA LA HOSTERÍA UZHUPUD GARDEN

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: LUIS MIGUEL QUILAMBAQUI ANDRADE

FREDDY ANDRES VERA CEDEÑO

TUTOR: ING. ANDRÉS XAVIER MAZA MOGROVEJO, MSc.

Cuenca - 'Eewcf qt

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Luis Miguel Quilambaqui Andrade con documento de identificación N° 1401065451 y Freddy Andres Vera Cedeño con documento de identificación N° 1250405188; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,



Luis Miguel Quilambaqui Andrade

1401065451



Freddy Andres Vera Cedeño

1250405188

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Luis Miguel Quilambaqui Andrade con documento de identificación N° 1401065451 y Freddy Andres Vera Cedeño con documento de identificación N° 1250405188, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis comparativo de sistemas de tratamiento de aguas residuales para la hostería Uzhupud Garden”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,

Luis Miguel Quilambaqui Andrade

1401065451

Freddy Andres Vera Cedeño

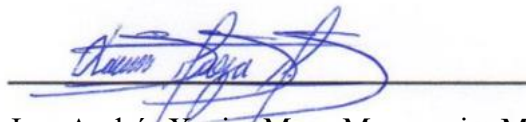
1250405188

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andrés Xavier Maza Mogrovejo con documento de identificación N° 0104827282, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES PARA LA HOSTERÍA UZHUPUD GARDEN, realizado por Luis Miguel Quilambaqui Andrade con documento de identificación N° 1401065451 y por Freddy Andres Vera Cedeño con documento de identificación N°125040518: , obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 25 de julio del 2023

Atentamente,



Ing. Andrés Xavier Maza Mogrovejo, MSc.

0104827282

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios por ser fuente de luz en todo momento de mi vida.

Querida **Ecuagenera**, hoy quiero tomar un momento para expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo total, su generosidad ha sido fundamental para que pudiera perseguir mis sueños y alcanzar mis metas académicas.

A mis padres y hermanos gracias por su amor inquebrantable y su incansable apoyo han sido mi mayor motivación.

Con amor y agradecimiento

Luis Miguel Quilambaqui Andrade

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme llevado hasta este día.

A mis padres Freddy y Angelica quienes con su amor, perseverancia y dedicación me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más y me dieron un ejemplo de entrega y valentía.

A mi novia Gissella por su amor y apoyo incondicional en todo este proceso y por estar siempre para mí.

Freddy Andres Vera Cedeño

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos los docentes de nuestra universidad que nos han guiado y apoyado a lo largo de nuestra carrera. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico y profesional. Gracias a su compromiso, hemos adquirido los conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos del mundo laboral y convertirnos en profesionales competentes. Valoramos profundamente el tiempo y el esfuerzo que han invertido en nosotros, y estamos orgullosos de haber tenido la oportunidad de aprender de su experiencia y sabiduría.

Además, queremos expresar un agradecimiento especial a nuestro tutor de tesis **Ing. Andres Xavier Maza Mogrovejo**. Su guía y asesoramiento durante todo el proceso de investigación han sido invaluable. Desde el inicio, nos brindó toda la orientación, nos ayudó a refinar nuestras ideas y nos motivó a alcanzar los estándares más altos de excelencia académica. Su paciencia, disponibilidad y conocimiento en el tema han sido fundamentales para el éxito de nuestra tesis. Estamos enormemente agradecidos por su compromiso y dedicación, y nos sentimos afortunados de haber contado con su apoyo y mentoría.

RESUMEN

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales juegan un papel crucial en la eliminación de contaminantes y la recuperación de recursos valiosos, permitiendo así un manejo sostenible y responsable de este recurso vital.

Dado que no hay sistemas de tratamiento de aguas residuales dentro de la Hostería “Uzhupud Garden” ubicado en la comunidad de Uzhupud, sector perteneciente al cantón Paute en la provincia del Azuay, se busca ofrecer una solución efectiva mediante un análisis comparativo técnico (toma de muestras compuestas) de los parámetros físicos químicos y biológicos de las aguas servidas de dicha zona turística.

Con esta información mediante el análisis en un laboratorio se evaluó la calidad de las aguas negras de la Hostería “Uzhupud Garden”. Posterior a esto se propuso el diseño de cuatro sistemas para el tratamiento de las aguas como tanques sépticos, biodigestores, filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) y humedales artificiales. Cabe mencionar que debido a que no se cuenta con sólidos de tamaño grande se descartó el pretratamiento.

Al finalizar los resultados obtenidos, se elabora una comparativa general de la reducción de contaminantes que presenta cada sistema, La opción más adecuada se encuentra en la utilización conjunta de dos sistemas, un pozo séptico en combinación con un sistema de humedales artificiales.

Palabras claves

Aguas residuales, sistemas de tratamiento, parámetros del agua residual, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario, tanque séptico, biodigestores, filtros anaerobios, humedal vertical de flujo subsuperficial.

ABSTRACT

Wastewater treatment systems play a crucial role in the elimination of pollutants and the recovery of valuable resources, thus allowing a sustainable and responsible management of this vital resource.

Since there are no wastewater treatment systems in the Hosteria "Uzhupud Garden" located in the community of Uzhupud, a sector belonging to the canton of Paute in the province of Azuay, an effective solution was sought by means of a comparative technical analysis (composite sampling) of the physical, chemical and biological parameters of the wastewater from this tourist area.

With this information, the quality of the sewage from the Hosteria "Uzhupud Garden" was evaluated by means of laboratory analysis. Subsequently, the design of four water treatment systems was proposed, such as septic tanks, biodigesters, upflow anaerobic filters (FAFA) and artificial wetlands. It is worth mentioning that due to the lack of large solids, pre-treatment was discarded.

At the end of the results obtained, a general comparison of the reduction of pollutants presented by each system is made. The most appropriate option is the joint use of two systems, a septic tank in combination with a system of artificial wetlands.

Key Words

wastewater, treatment systems, wastewater parameters, primary treatment, secondary treatment, tertiary treatment, septic tank, biodigester, anaerobic filter, vertical subsurface flow wetland.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. PROBLEMA..... | 6 |
| 2.1. Antecedentes | 6 |
| 2.2. Importancia y Alcance..... | 7 |
| 2.2.1. Agua residual de la hostería de Uzhupud Garden..... | 7 |
| 2.3. Delimitación..... | 7 |
| 3. OBJETIVOS | 9 |
| 3.1. Objetivo General | 9 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 9 |
| 4. REVISION DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS..... | 9 |
| 4.1. Aguas residuales..... | 9 |
| 4.2. Calidad Agua | 10 |
| 4.2.1. Propiedades Físicas, químicas y biológicas | 11 |
| 4.3. Normativa..... | 13 |
| 4.3.1. Constitución de la Republica del Ecuador 2008..... | 13 |
| 4.3.2. Ley Orgánica de salud | 14 |
| 4.3.3. TULSMA. Acuerdo Ministerial 097-A..... | 14 |
| 4.4. Procesos anaerobios de aguas residuales | 17 |
| 4.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales..... | 17 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.5.1. | Tanques sépticos | 17 |
| 4.5.2. | Biodigestores..... | 24 |
| 4.5.3. | Filtros anaerobios de flujo ascendente | 27 |
| 4.5.4. | Humedales artificiales..... | 34 |
| 5. | MARCO METODOLÓGICO..... | 47 |
| 5.1. | Descripción del lugar | 47 |
| 5.1.1. | Población servida | 47 |
| 5.1.2. | Climatología..... | 48 |
| 5.1.3. | Topografía del Lugar..... | 48 |
| 5.2. | Medición del caudal de aguas residuales | 48 |
| 5.3. | Toma de muestras..... | 49 |
| 5.3.1. | Recolección de las muestras | 50 |
| 5.4. | Evaluar las alternativas de diseño | 51 |
| 5.4.1. | Presupuesto | 51 |
| 6. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 54 |
| 6.1. | Análisis de la calidad del agua de la hostería Uzhupud Garden. | 54 |
| 6.2. | Diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales | 54 |
| 6.2.1. | Tanque séptico | 54 |
| 6.2.2. | Diseño de filtro anaerobio con filtro ascendente (FAFA)..... | 60 |
| 6.2.3. | Diseño del humedal artificial..... | 62 |

| | | |
|--------|--|----|
| 6.3. | Evaluación de las alternativas de diseño planteadas | 70 |
| 6.3.1. | Porcentaje de remoción del tanque séptico esperadas en el afluente..... | 70 |
| 6.3.2. | Porcentajes de remoción del biodigestor autolimpiable esperadas en el efluente .. | 71 |
| 6.3.3. | Porcentajes de remoción del Filtro anaerobio de flujo ascendente esperadas en el efluente. | 72 |
| 6.3.4. | Porcentajes de remoción para humedales artificiales superficial esperadas en el afluente | 73 |
| 6.3.5. | Comparación de resultados de los sistemas de tratamiento tratados | 79 |
| 7. | CRONOGRAMA..... | 81 |
| 8. | PRESUPUESTO..... | 82 |
| 9. | CONCLUSIONES | 83 |
| 10. | RECOMENDACIONES..... | 85 |
| 11. | REFERENCIAS..... | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Mapa de Ubicación de la Hostería Uzhupud Garden | 8 |
| Figura 4.1 Esquema de tanque séptico..... | 18 |
| Figura 4.2 Biodigestor autolimpiable Rotoplas | 26 |
| Figura 4.3 Funcionamiento de un biodigestor autolimpiable | 27 |
| Figura 4.4 Componentes principales de un FAFA | 28 |
| Figura 4.5 Humedal de flujo subsuperficial..... | 36 |
| Figura 4.6 Clasificación de macrófitos: (1-4) emergentes, sumergidas, (5-7)..... | 37 |
| Figura 4.7 Detalle de tallo, hoja inflorescencia floral y fruto de phragmites australis: carrizo... | 39 |
| Figura 5.1 Toma de muestras de agua residual | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1 Delimitación geográfica referente a la zona de estudio. | 7 |
| Tabla 4.1 Etapas de Tratamiento de aguas residuales | 9 |
| Tabla 4.2 Propiedades físicas de las aguas residuales..... | 11 |
| Tabla 4.3 Propiedades químicas de las aguas residuales..... | 12 |
| Tabla 4.4 Propiedades biológicas de las aguas residuales..... | 13 |
| Tabla 4.5 Límites permisibles para descargas en cuerpo de agua dulce | 15 |
| Tabla 4.6 Parámetros de diseño para filtros anaerobios. | 29 |
| Tabla 4.7 Características típicas del medio para humedales del flujo subsuperficial | 43 |
| Tabla 5.1 Costo horario mano de obra | 52 |
| Tabla 5.2 Tarifa de equipos y herramienta | 53 |
| Tabla 6.1 Días festivos en el Ecuador | 54 |
| Tabla 6.2 Cálculo de la población servida | 55 |
| Tabla 6.3 Datos de entrada para el diseño del humedal artificial..... | 63 |
| Tabla 6.4 Concentración de contaminantes esperadas en el afluente para el tanque séptico..... | 70 |
| Tabla 6.5 Concentración de contaminantes esperadas en el efluente para biodigestor autolimpiable | 71 |
| Tabla 6.6 Concentración de contaminantes esperados en el afluente para filtro aerobio de flujo ascendente..... | 72 |
| Tabla 6.7 Concentración de contaminantes esperados en el afluente para humedales artificiales subsuperficial | 74 |
| Tabla 6.8 Presupuesto referencial del tanque séptico..... | 75 |

| | |
|---|----|
| Tabla 6.9 Presupuesto para biodigestor autolimpiable..... | 76 |
| Tabla 6.10 Presupuesto para filtro anaerobio con flujo ascendente | 77 |
| Tabla 6.11 Presupuesto para humedal artificial con plantas de carrizo..... | 78 |
| Tabla 6.12 Resultados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales | 79 |
| Tabla 6.13 Efluentes esperados para los diseños de los sistemas de aguas residuales..... | 80 |
| Tabla 7.1 Cronograma de actividades desarrolladas..... | 81 |
| Tabla 8.1 Costo horario empleado en el proyecto..... | 82 |

ÍNDICE DE ESQUEMAS

| | |
|---|----|
| Esquema 6.1 Tanque séptico..... | 59 |
| Esquema 6.2 Esquema de filtro anaerobio de flujo ascendente..... | 62 |
| Esquema 6.3 Esquema humedal artificial..... | 69 |

1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provienen de residencias, establecimientos, lugares de trabajo y empresas, son capaces de mezclarse con agua pluvial, aguas de superficie y acuíferos. Si las aguas residuales no se tratan antes de descargarlas en las instalaciones receptoras, pueden tener efectos nocivos hacia el bienestar humano y el entorno natural, esto incluye la presencia de malos olores, la disminución de los niveles de oxígeno en solución, dispersión de nutrientes, sustancias tóxicas y organismos causantes de enfermedades (Lopez-Vazquez, 2017).

El agua se considera contaminada si su composición ha sido alterada de tal manera que sea menos apta para una o todas las funciones y fines para los que sería apropiada en su estado natural (Hernández de Pool, 1990).

Los métodos de tratamiento basados en la aplicación de principios físicos se denominan operaciones unitarias, mientras que la eliminación de contaminantes que se efectúa por actividad química o biológica se conocen como procesos unitarios (Metcalf, 1977).

Yee-Batista del Banco Mundial afirma que la situación es aún más complicada, porque solo el 30% de las aguas residuales de la región se encuentran actualmente en tratamiento (Hispagua, 2014).

Solo 6 de cada 10 habitantes latinoamericanos tienen red de alcantarillado y apenas 30 a 40 % de las aguas residuales recolectadas son tratadas (Brault & Marmanillo, 2020).

El tratamiento adecuado de aguas residuales en la Hostería Uzhpud Garden es esencial para proteger el medio ambiente, cumplir con las normativas legales, garantizar la salud pública y

mantener una imagen responsable y sostenible que atraiga a turistas conscientes y preocupados por el entorno.

El propósito de estos sistemas es eliminar sustancias contaminadas y mejorar la calidad del agua antes de ser liberada al medio ambiente o utilizada nuevamente. A través de la aplicación de procedimientos físicos, químicos y biológicos, se logra la eliminación de partículas sólidos en suspensión, compuestos tóxicos y microorganismos dañinos presentes en las aguas residuales.

2. PROBLEMA

2.1. Antecedentes

En la Hostería Uzhupud existe un problema muy serio de contaminación, ya que en la zona donde se encuentra ubicado no existe sistemas de alcantarillado, por lo que toda el agua servida se descarga al cuerpo receptor que hay en el lugar (Rio Paute), según el **Artículo 210** del Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA en el literal (c) la descarga y vertido de aguas residuales o comerciales en acantilados secos o en el origen de cuerpos de agua y manantiales están prohibidos, así mismo en el literal (d) El drenaje y desecho de aguas residuales o comerciales sobre cuerpos de agua con un caudal mínimo anual insuficiente para soportar dicha descarga, es decir, que exceda su capacidad de carga, está prohibida (TULSMA, 2017).

Artículo 211 TULSMA: La entidad ambiental competente, en colaboración con la Agencia de Regulación y Control del Agua, llevará a cabo la supervisión del cumplimiento de reglamentos técnicos en los vertidos procedentes de las plantas de tratamiento establecidos por los Gobiernos regionales (TULSMA, 2017).

El estudio está enfocado en estimar la calidad de las aguas residuales de la zona, para evaluar las alternativas de diseño y proponer un sistema de tratamiento como pozos sépticos, filtros anaerobios, biodigestores, humedales artificiales para dicho lugar. De esta manera estaríamos cumpliendo con las disposiciones que dicta la normativa vigente del país de no contaminar los cuerpos de agua.

Cabe resaltar que al no tratar el agua residual crea consecuencias y contaminación a todo el hábitat que nos rodea creando enfermedades contagiosas, malos olores e invasión de insectos como sancudos, contaminación de lagos, manantiales y ríos.

2.2.Importancia y Alcance

Debido a que la mayor parte de ocasiones, las aguas servidas se descargan directamente a los afluentes naturales sin previo tratamiento, la principal finalidad es dar solución a la excesiva cantidad de contaminantes, mediante la implementación de un tratamiento, el mismo que fue diseñado en base a las características que posee la Hostería Uzhupud Garden.

2.2.1. Agua residual de la hostería de Uzhupud Garden

Las aguas residuales de la hostería Uzhupud no dispone de sistema de alcantarillado, los sistemas de tratamiento que posee dicha zona ya se encuentran fuera de su vida útil, las descargas se conducen directamente a los afluentes naturales.

2.3.Delimitación

La Hostería Uzhupud Garden pertenece al cantón Paute, está situada al sureste del Cantón Paute a 32 Km de la ciudad de Cuenca tal como se muestra en la **Tabla 2.1**

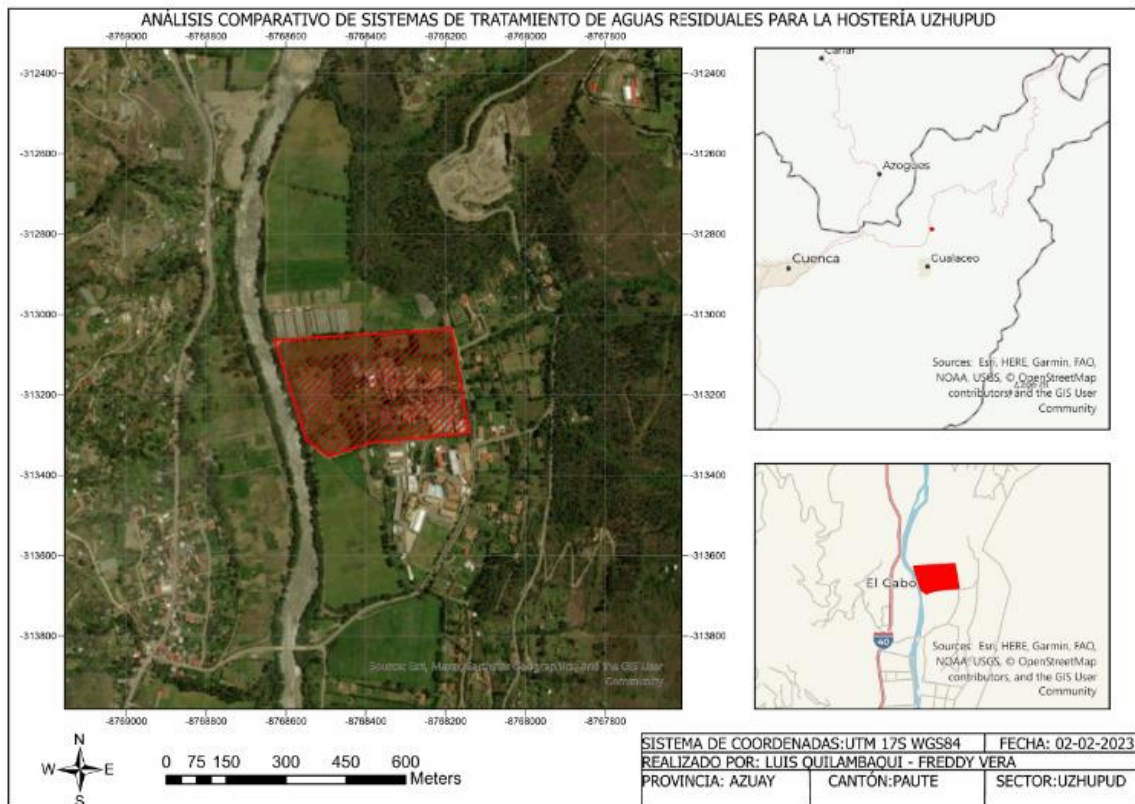
Tabla 2.1 Delimitación geográfica referente a la zona de estudio.

| Delimitación Geográfica | |
|--------------------------------|--|
| Extensión | 99639.88 m ² – 9.963988 ha |
| Límites | Norte: Parroquia Chicán Sur: Parroquia el Cabo Este: Zona Montañosa Oeste: Río Paute - La Higuera |

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Rango Altitudinal | 2193 – 2225 m.s.n.m |
| Coordenadas UTM | 748230.44 m E 9686840.43 m S |

Nota: Se utilizó el sistema de información geográfica Google Earth para ubicar cartográficamente el campo de estudio. Fuente: El autor.

Figura 2.1 Mapa de Ubicación de la Hostería Uzhupud Garden



Fuente: El autor.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Realizar un análisis comparativo para tratamientos de las aguas residuales provenientes de la Hostería Uzhupud Garden.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de las aguas residuales que produce la hostería
- Diseñar sistemas de tratamiento de aguas residuales acorde a las condiciones del lugar
- Determinar las alternativas de diseño planteadas y establecer la óptima

4. REVISION DE LA LITERATURA Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

4.1. Aguas residuales

Son sustancias que aparecen como parte del líquido de las aguas residuales que contiene el lavado doméstico, alimentos, baños, etc. Pueden estar disueltos, suspendidos o mezclados en estados intermedios llamados coloides. Además, estas sustancias, sean o no domésticas, pueden ser de naturaleza mineral u orgánica (Quispe Pérez, 2020). Las etapas para el tratamiento de aguas se presentan en la **Tabla 4.1**

Tabla 4.1 Etapas de Tratamiento de aguas residuales

| Etapas de tratamiento de aguas residuales | |
|--|---|
| Tratamiento preliminar | Se refieren a aquellos casos en los que se transportan objetos sólidos de gran tamaño y arenas presentes en las aguas residuales. |
| Tratamiento primario | Se trata de casos en los que se lleva a cabo el transporte de una parte de los sólidos sedimentables y en suspensión mediante métodos físicos y/o químicos. |

| | |
|------------------------|--|
| Tratamiento secundario | Se refiere a aquellos que nos permiten reducir la carga contaminante o materias fecales. |
| Tratamiento terciario | Se refiere a aquellos tratamientos que nos permiten reducir los sólidos suspendidos. |

Fuente: El autor.

4.2. Calidad Agua

El agua a menudo se clasifica por su calidad, pero existen muchos indicadores de la calidad del agua, a menudo depende de su uso. Si el agua potable no contiene pequeñas cantidades de minerales disueltos y oxígeno, tendrá un sabor muy apagado. Sin embargo, la misma agua que es buena para beber es malísima para una caldera (Rusell, 2012).

La calidad del agua, especialmente la calidad del agua dulce, a menudo se clasifica según su uso: agua recreativa, agua potable, agua de pesca y agua de descarga. Comprender como se usa el agua río arriba y río abajo es importante porque el uso del agua río abajo a menudo determina la calidad general del agua, lo que a su vez afecta la gestión de la escorrentía (Rusell, 2012).

La degradación de la calidad del agua se ha convertido en un problema global, ya que el crecimiento de la población, el aumento de las actividades industriales y agrícolas y la amenaza del cambio climático provocan cambios importantes en el ciclo hidrológico (ONU, 2014).

A nivel mundial, uno de los principales desafíos en términos de la calidad del agua se relaciona con la eutrofización, la cual se produce debido a niveles elevados de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) que afectan seriamente el uso del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de las aguas residuales agrícolas y domésticas (también fuentes de

contaminación microbiana), las aguas residuales industriales y las emisiones al aire de la quema de combustibles fósiles y los incendios forestales (ONU, 2014).

4.2.1. Propiedades Físicas, químicas y biológicas

Propiedades Físicas

“La característica más importante de las aguas residuales es su contenido total de sólidos, que incluye sólidos suspendidos, sedimentables, coloidales, disueltos”(Eddy, 1995, p. 59).

Cabe señalar que las propiedades físicas de las aguas residuales pueden variar ampliamente y dependen del tipo de fuente, ya sea doméstica, industrial, comercial, institucional, y del tratamiento previo del agua receptora. Las características físicas pueden variar dependiendo de cada parámetro tal como se presenta en la **Tabla 4.2**

Tabla 4.2 Propiedades físicas de las aguas residuales

| Propiedades físicas | |
|-----------------------------------|---|
| Sólidos suspendidos sedimentables | Se refiere a partículas sólidas presentes en el agua que tienen la capacidad de sedimentarse cuando el agua se mantiene en reposo. |
| Sólidos suspendidos volátiles | Se trata de una fracción de los sólidos suspendidos presentes en el agua. |
| Sólidos suspendidos totales | Indica la cantidad total de partículas sólidas presentes en una muestra de agua o líquido que no se disuelven completamente y permanecen suspendidas en el medio. |
| Sólidos totales | Hace referencia a una medida que engloba todos los componentes sólidos suspendidos como los sólidos disueltos en el agua. |

Fuente: El autor.

Propiedades químicas.

El estudio de las características químicas de las aguas residuales incluye cuatro parámetros como la materia orgánica, medición del contenido de materia orgánica, materia inorgánica, gases presentes en las aguas residuales. La importancia de la medición por separado del contenido orgánico radica en cómo esto afecta el manejo de las propiedades del agua y las instalaciones de tratamiento de líquidos residuales (Eddy, 1995, p. 73).

Las características químicas varían según las actividades humanas locales y los sistemas de tratamiento de aguas residuales disponibles conforme se presenta en la **Tabla 4.3** .

Tabla 4.3 Propiedades químicas de las aguas residuales

| Propiedades Químicas | |
|-------------------------------------|---|
| pH | Intensidad de acidez o alcalinidad de una muestra que se mide en escala. |
| Alcalinidad total | Medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos y mantener su PH en un rango adecuado. |
| Cloruros | Se originan a partir de la solubilización de suelos y rocas que los incluyan y se encuentran expuestos al agua. |
| Nitrógeno de nitratos | Hace referencia a la forma de nitrógeno presente en los nitratos. |
| Nitrógeno amoniacal | Forma de nitrógeno inorgánico presente en el medio ambiente. |
| Fosforo reactivo | Nutriente importante para el crecimiento de microorganismos y plantas en el agua. |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) | Mide la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos en la descomposición de la materia orgánica. |
| Demanda química de oxígeno (DQO) | Consumo de oxígeno que se utiliza al oxidar la materia orgánica mediante el empleo de un agente oxidante potente en un entorno ácido. |

Fuente: El autor.

Propiedades biológicas.

Se refieren a las propiedades biológicas y los componentes que se encuentran en el agua que ha sido utilizada y eliminada como desecho que indican la presencia y actividad de organismos vivos (incluidos microorganismos y organismos más grandes) que pueden estar presentes en las aguas residuales. Las características biológicas cambian según la composición química específica y del grado de tratamiento según lo indicado en la **Tabla 4.4** .

Tabla 4.4 Propiedades biológicas de las aguas residuales.

| Propiedades Biológicas | |
|------------------------|---|
| Coliformes fecales | Grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en el intestino de mamíferos, incluidos los seres humanos. |
| Coliformes totales | Conjunto de especies bacterianas que poseen ciertas características bioquímicas que se utilizan como indicadores de contaminación fecal en el agua. |

Fuente: El autor.

4.3.Normativa

Las normativas vigentes en nuestro país regulan los contaminantes que se encuentran en las aguas residuales, estableciendo valores máximos permitidos y asegurando que cada parámetro se ajuste a los estándares establecidos antes de su descarga en sistemas de agua potable, salina o sistema de saneamiento. Las leyes ambientales aparecen a continuación:

4.3.1. Constitución de la Republica del Ecuador 2008

Según lo establecido en el Registro Oficial N.º 499 de la Asamblea Nacional de la República del Ecuador, el 20 de octubre de 2008, en el Título II de Derechos, los artículos 71 y 72 detallan las garantías del entorno natural, enfatizando particularmente el respeto hacia ella, su

preservación, la reconstitución en caso necesario y cómo cualquier individuo, comunidad o pueblo puede demandar el cumplimiento de estos derechos a las autoridades correspondientes (COA, 2018).

En el artículo 412 del Título VII del Régimen del buen vivir se establece que la entidad encargada de la administración del agua es responsable de llevar a cabo la planificación, supervisión y regulación de este medio. La entidad mencionada tiene la responsabilidad de trabajar en colaboración y coordinación con las entidades bajo su jurisdicción para promover la gestión ambiental, con el propósito de lograr una administración del agua que esté enfocada en la preservación del ecosistema (Constitución del Ecuador, 2012).

4.3.2. Ley Orgánica de salud

En el artículo 102 del CAPÍTULO II de la ley orgánica de salud, titulado "De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes", se estipula que el Estado Ecuatoriano tiene la responsabilidad de utilizar las instituciones públicas para garantizar a los habitantes redes de alcantarillado y sistemas de saneamiento.

4.3.3. TULSMA. Acuerdo Ministerial 097-A

El ACUERDO 097-A Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria, en el Libro VI, Anexo 1 - Criterio de Calidad Ambiental y de vertido de efluentes: Recurso hídrico, dicta lo siguientes restricciones permisibles para descargas en cuerpo de agua dulce de acuerdo con la información presentada en la **Tabla 4.5**.

Tabla 4.5 Límites permisibles para descargas en 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 |
| Coro Activo | Cl | mg/l | 0.5 |
| Cloroformo | Ext. Carbón cloroformo | mg/l | 0.1 |
| | ECC | | |
| Cloruros | Cl ⁻ | mg/l | 1000 |
| Cobre | Cu | mg/l | 1.0 |
| Cobalto | Co | mg/l | 0.5 |
| Coliformes Fecales | NMP | NMP/100 ml | Remoción > al 99.9% |
| Color real | Color real | unidades de color | Inapreciable en dilución: ½ |
| 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 | 50 |

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|------|----------|
| Demanda química de oxígeno | DQO | mg/l | 100 |
| Estaño | Sn | mg/l | 5 |
| Fluoruros | F | mg/l | 5 |
| Fósforo Total | P | mg/l | 10 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 10 |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH | mg/l | 20 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 2 |
| Materia flotante | Visibles | mg/l | Ausencia |
| Mercurio total | Hg | mg/l | 0.005 |
| Níquel | Ni | mg/l | 2.0 |
| Nitrógeno amoniacal | N | mg/l | 30 |
| Nitrógeno Total kjedahl | N | mg/l | 50 |
| 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 | mg/l | 5-9 |
| Selenio | Se | mg/l | 0.1 |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST | mg/l | 80.0 |
| Sólidos totales | ST | mg/l | 1600 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁻⁶ | mg/l | 1000 |

| | | | |
|-------------------------|-----------------------------|------|------|
| Sulfuros | S ⁻² | mg/l | 0.5 |
| Temperatura | °C | mg/l | < 35 |
| Tensoactivos | Activas al azul de metileno | mg/l | 0.5 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1 |

Nota. La tabla indica los límites máximos permisibles de los compuestos para descargas en cuerpo de agua dulce. Fuente: (TULSMA, 2017).

4.4. Procesos anaerobios de aguas residuales

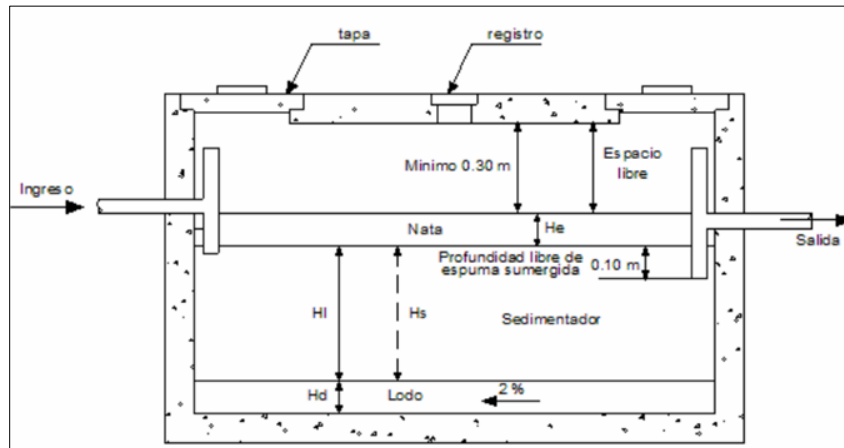
El proceso de descomposición de la materia orgánica que da lugar a la generación de biogás, compuesto principalmente por dióxido de carbono y metano, es conocido como digestión anaerobia. La descomposición anaerobia puede llevarse a cabo en diversos entornos donde haya disponibilidad de materia orgánica y las condiciones redox sean bajas, es decir, en ausencia de oxígeno.

4.5. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

4.5.1. Tanques sépticos

Los tanques sépticos corresponden a los primeros sistemas anaerobios utilizados en el pasado, se encuentran entre los sistemas más primitivos que permiten la retención de sólidos sedimentados y su separación de las aguas residuales, suelen utilizarse a menudo para producir biogás, en la **Figura 4.1** se puede observar un esquema del tanque séptico.

Figura 4.1 Esquema de tanque séptico



Fuente: (OPS, 2005) .

Los tanques sépticos se caracterizan por el hecho de que la sedimentación y la digestión ocurren simultáneamente. El tanque séptico se puede dividir en uno o más compartimientos, su función más común es acondicionar de aguas residuales para su eliminación subterránea en áreas sin sistema de alcantarillado sanitario (Romero Rojas, 1999). Tienen el siguiente funcionamiento:

- Elimina sólidos suspendidos y restos flotantes.
- Realiza el tratamiento anaerobio de lodos de sedimentación.
- Almacenar lodos y restos flotantes.

Para las aguas residuales domésticas típicas, los tanques sépticos eliminan del 30 a 50 % de DBO, del 70 al 80 % de grasas y aceites, del 15% de fósforo y del 50 al 70 % de SST (Crites & Tchobanoglous, 2000). Para poder tener una buena localización de un tanque séptico se debe de

tener en consideración los siguientes criterios, propuesto por el libro de tratamiento de aguas residuales de (Romero Rojas, 1999), que debe cumplir los siguientes parámetros.

- Ubicarse a más de 15 metros de cualquier fuente de abastecimiento, con el fin de proteger las fuentes de agua.
- No debe estar sujeto a inundaciones y debe tener espacio suficiente para la construcción de un sistema de tratamiento posterior.
- Tener un acceso rápido para que la limpieza y mantenimiento sea mucho más eficaz.

Materiales de construcción

Los materiales como el hormigón o la fibra de vidrio se utilizan comúnmente en la construcción de tanques sépticos, pero también se utilizan con frecuencia materiales como el acero, la caoba y el polietileno (Crites & Tchobanoglous, 2000). Los tanques de polietileno se han usado con más frecuencia últimamente, a pesar de que no tiene la misma resistencia que el concreto o el vidrio; otro problema del polietileno es la deformación con el paso del tiempo, lo que puede causar problemas de retención (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Funcionamiento y operación

Los sólidos de sedimentación que se encuentran en las aguas residuales generan una acumulación de barro en la parte inferior del depósito séptico. Los lípidos, grasas y otras sustancias ligeras se aglomeran en la capa externa, formando un manto de burbujas líquidas en lo más alto y un manto de fango acumulado en lo más bajo. Los componentes orgánicos depositados en el fondo del reservorio sufren procedimientos de degradación sin oxígeno y facultativa, que la convierte en

diferentes compuestos y gases, como metano (CO₂), dióxido de carbono (CO₂) y sulfuro de hidrogeno (H₂S), (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Ventajas

- Es de uso recomendable en el caso de áreas rurales, complejos residenciales, centros médicos, etc.
- La desinfección del tanque es inusual.
- Gastos menores en infraestructura y ejecución.
- El nivel de funcionamiento y cuidado es de baja dificultad siempre y cuando este bien diseñado.

Desventajas

- Requiere buena ubicación para poder desalojar los lodos mediante bombas.
- Uso limitado de la capacidad de infiltración del suelo para asegurar un tratamiento adecuado de las aguas residuales en el suelo.

Diseño técnico del tanque séptico

En el diseño del tanque séptico, se requiere establecer ciertos aspectos cruciales, como el tiempo de retención hidráulica del volumen de sedimentación, el tamaño del área de sedimentación, la capacidad de almacenamiento de lodos, la cantidad de natas y el espacio de seguridad necesario.

- Tiempo de retención Hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 * \log(P * q) \tag{4.1}$$

Donde:

PR = Tiempo promedio de retención Hidráulico (días)

P= Población servida

q= Caudal de aporte unitario de aguas residuales (lt/hab*día)

Nota: El período mínimo de retención hidráulica es de 6 horas, según se ha establecido (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

- Volumen de sedimentación

$$V_s = 10^{-3} * (P * q) * PR \quad (4.2)$$

- Volumen de lodo producido por habitante: Se debe considerar un volumen de digestión y almacenamiento de lodo de 70 lt/hab*año (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).
- Volumen de almacenamiento de lodos

$$V_d = G * P * n * 10^{-3} \quad (4.3)$$

Donde:

G: Volumen de lodos producido por habitante

n: Es el intervalo deseado (año)

Nota: El período mínimo de remoción de lodos es de un año (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

- Volumen total del Tanque

$$V_T = V_s + V_d + V_n \quad (4.4)$$

Donde:

V_n = Volumen de natas.

- Profundidad máxima de espuma sumergida

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H_e = \frac{0.7}{A} \quad (4.5)$$

Donde:

A = Área superficial del tanque séptico en m^2

El área de depósito debe tener una profundidad mínima aceptable denominada profundidad del espacio libre (H_s , en metros), incluye la superficie libre de espuma sumergida y la profundidad libre de lodos (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

La distancia mínima requerida para la profundidad libre de espuma sumergida es de 0,1 metros y se calcula como la separación entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel más bajo de la Tee de salida del tanque séptico (H_{es}). (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

- Profundidad libre de lodo

La profundidad libre de lodo corresponde a la separación que existe desde la parte más alta de la capa de lodo hasta el plano horizontal de la Tee o cortina del dispositivo de salida en el tanque séptico. El valor de esta distancia, H_o , está relacionado con el área superficial del tanque séptico y se determina mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$H_o = 0.82 - 0.26 * A \quad (4.6)$$

Nota: La profundidad libre de lodo mínima según la normativa I.S.020 Tanques Sépticos será de 0.30 m.

- Profundidad mínima requerida para la sedimentación (Hs, en m)

Se requiere seleccionar la profundidad de espacio libre (Hl) al compararla con la suma del valor mínimo calculado de la profundidad total del espacio libre, que corresponde a (0.1+H_o), y la profundidad mínima necesaria para el proceso de sedimentación. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

$$H_s = \frac{V_s}{A} \quad (4.7)$$

- Digestión de almacenamiento de lodos

$$H_d = \frac{V_d}{A} \quad (4.8)$$

- Profundidad total efectiva

La profundidad efectiva se determinará al agregar la profundidad de espacio libre, la profundidad máxima de espuma, la profundidad de digestión y la profundidad de almacenamiento de lodo.

$$HT = Vd + Hl + He$$

(4.9)

El tanque séptico debe tener una cámara de aire con una altura libre como mínimo de 0,3 m entre el límite superior de las capas espumosas y el límite inferior del panel del techo. Si el volumen obtenido mediante la fórmula de diseño es inferior a 3m³, se considera que la capacidad mínima total es de 3 m³ (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

Para potenciar el nivel de las aguas residuales, las fosas sépticas podrán separarse en 2 o más unidades. Sin embargo, la capacidad total del tanque séptico no excede los 5 m³, los tanques sépticos de una sola cámara son aceptables. El caudal de diseño no debe superar los 20 m³/día. Si la cantidad de líquido a tratar excede los 20 m³ por día, se probará una nueva alternativa. En estos casos, no se aceptará tanques sépticos de manera paralela (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

Si los tanques sépticos tienen 2 o más cámaras, la capacidad de la primera cámara es de al menos 50% de la capacidad total utilizable. La relación entre el largo y el ancho del tanque séptico será como mínimo de 2:1 (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2016).

4.5.2. Biodigestores

Conocidos también como tanques sépticos mejorados, debido a que tiene más funciones que un tanque séptico normal, está fabricado de polietileno lo cual es un material resistente e impermeable y su diseño cumple con las normas técnicas nacionales e internacionales.

Este sistema separa los residuos sólidos de la parte líquida, antes de realizar el proceso de digestión anaerobia de las excretas, la parte líquida se elimina mediante un sistema posterior de tratamiento.

Ventajas

- El modo de operar es mucho más sencillo que un tanque séptico normal porque tiene mejores funciones ya que cuenta con filtros anaerobios que trata mejor el agua residual.
- El biodigestor cuenta con una función autolimpiable, donde con solo abrir una válvula se puede desalojar los lodos acumulados que están dentro del sistema

Desventajas

- No se puede introducir cualquier tipo de detergentes o ácidos de limpieza, porque pueden dañar los filtros.
- No se puede instalar en un terreno arcilloso o pantanoso porque se puede desplazar o volcar el sistema de tratamiento.

Diseño de un biodigestor

El diseño de biodigestor va a ser de un tipo autolimpiable lo que implica una ventaja a la hora de la operación, es decir que no requiere del uso de ningún otro equipo para realizar su

limpieza y la extracción de lodo. La **Figura 4.2** se puede observar el sistema de biodigestor auto limpiante.

Figura 4.2 Biodigestor autolimpiante Rotoplas



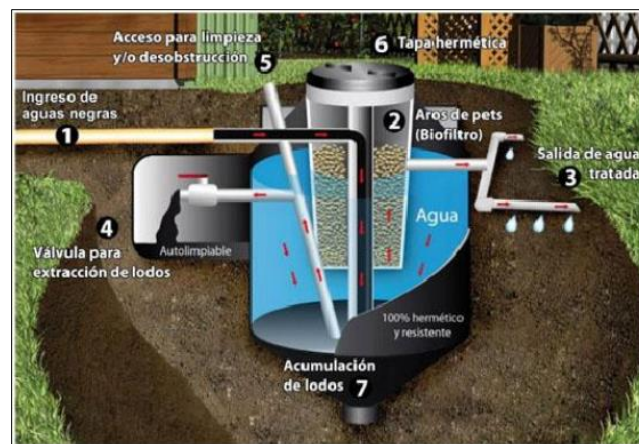
Fuente: (ROTOPLAS, 2014).

Según (ROTOPLAS, 2014) este sistema cuenta con varios componentes de los cuales son: a) conducto PVC de 4" para ingreso de agua, b) filtro biológico con anillos de plástico, c) tubería PVC 2" para desagüe de agua tratada, d) válvula esférica para purga de lodos, e) tubería PVC de 2" para inspección y desobstrucción, f) tapa de encaje de 18" para sellado hermético y g) contenedor de lodos de cocina.

El funcionamiento del biodigestor viene dado por (ROTOPLAS, 2014) y dice lo siguiente: el agua residual domestica ingresa al fondo del biodigestor a través de la tubería N°1, en este

sistema de biodigestor autolimpiable, se observa cómo las bacterias comienzan el proceso de descomposición. A medida que avanzan, ascienden y atraviesan el filtro N°2. En esta etapa, las bacterias que se han adherido a los anillos de plástico del filtro capturan la materia orgánica que está ascendiendo. Finalmente, el agua tratada es liberada a través de la tubería N°3 para ser sometida a un tratamiento adicional. La **Figura 4.3** se presenta el funcionamiento de un biodigestor autolimpiable.

Figura 4.3 Funcionamiento de un biodigestor autolimpiable



Fuente: (ROTOPLAS, 2014).

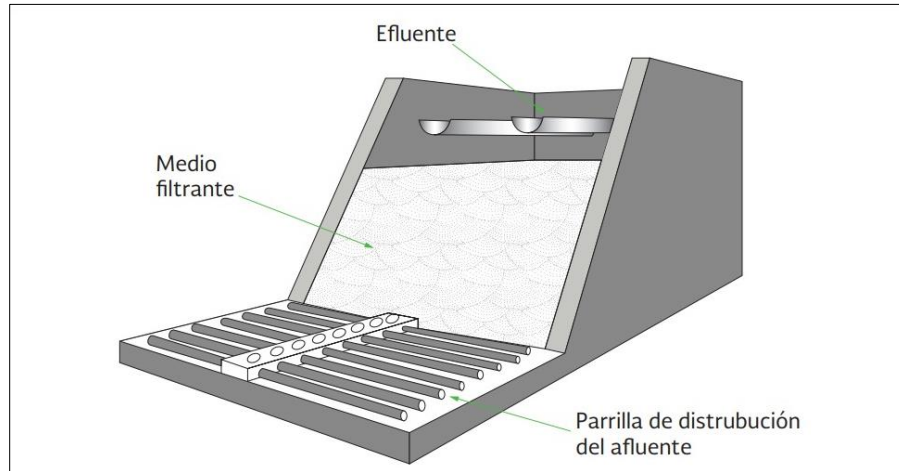
Como ya se mencionó antes el sistema de biodigestor es un sistema mejorado de un tanque séptico, por lo cual se utilizó ecuaciones dadas por la normativa I.S. 020. Para el cálculo del biodigestor se usarán las fórmulas del tanque séptico

4.5.3. Filtros anaerobios de flujo ascendente

El filtro anaerobio de flujo ascendente se presenta como un método de tratamiento para residuos solubles que se caracteriza por su crecimiento adherido. Este proceso es considerado

como el tratamiento anaerobio más fácil de mantener debido a que la biomasa se mantiene en forma de una capa microbiana adherida. Además, gracias al flujo ascendente utilizado, el riesgo de obstrucción es mínimo (Romero Rojas, 1999), como se indica en la **Figura 4.4**.

Figura 4.4 Componentes principales de un FAFA



Nota. La figura representa la entrada del afluente por medio de un emparrillado, el medio filtrante y las canaletas de salida del agua tratada. Fuente: (CONAGUA, 2015b).

El filtro anaerobio se compone de un recipiente o columna que contiene un medio sólido utilizado como soporte para el crecimiento biológico anaerobio (Romero Rojas, 1999). Los filtros anaerobios también pueden ser más adecuados para la desnitrificación de aguas residuales ricas en nitratos. En **Tabla 4.6** se indican los parámetros de diseño que se deben considerar para el diseño de un sistema FAFA.

Tabla 4.6 Parámetros de diseño para filtros anaerobios.

| Parámetros de diseño | Rango de valores como una función del gasto | | |
|---|---|-----------------|------------------|
| | Q promedio | Q máximo diario | Q máximo horario |
| Medio de empaque | Piedra | Piedra | Piedra |
| Altura del medio filtrante (m) | 0.8 a 3.0 | 0.8 a 3.0 | 0.8 a 3.0 |
| Tiempo de residencia hidráulica (horas) | 5 a 10 | 4 a 8 | 3 a 6 |
| Carga hidráulica superficial ($m^3/m^2 d$) | 6 a 10 | 8 a 12 | 10 a 15 |
| Carga orgánica volumétrica ($kg DBO/m^3 d$) | 0.15 a 0.50 | 0.15 a 50 | 0.15 a 0.50 |
| Carga orgánica en el medio filtrante ($(kg DBO/m^3 d)$) | 0.25 a 0.75 | 0.25 a 0.75 | 0.25 a 0.75 |

Fuente: (De Lemos Chernicharo, 2007) .

Criterios de diseño

Según Metcalf & Eddy (2003) los FAFA deben tener un diámetro de 2 a 8 metros y una altura de 3 a 13 metros, el material de empaque debe colocarse desde el fondo del reactor y ocupar del 50% al 70% del volumen y superficie específica, mientras que el promedio del área superficial específica del empaque es aproximadamente de $100 (m^2/m^3)$.

Los materiales más usados para los filtros anaerobios son grava y anillos de plástico, existen otros materiales menos costosos que se ha ido utilizando, los cuales son; anillos de conducto de corte, escoria de alto horno granulada molida, anillos de bambú y ladrillos cerámicos, vidrio, medios cerámicos flotantes porosos y caucho de neumático molido.

Para la operación de los filtros anaerobios de flujo ascendente es necesario que la velocidad del flujo sea baja para evitar el arrastre de la biomasa que se ha adherido al empaque (Carrillo et al., 2022).

Ventajas

- Pueden producir energía por medio del biogás, el cual puede emplearse para calentar el reactor
- El gas metano producido por el reactor puede emplearse como gas combustible.
- Costos de construcción y operación bajos
- Bajo consumo de energía
- Se pueden lograr eficiencias de remoción tanto en DQO y DBO en el rango del 65 al 75 %.

Desventajas

- Baja tolerancia del sistema a la carga de tóxicos.
- El arranque y la estabilización del sistema con lentos
- Mantenimiento asociado con la posible acumulación de sólidos.

Diseño para filtros anaerobios con flujo ascendente (FAFA)

Para el diseño de filtros anaerobios de flujo ascendente se va a considerar las ecuaciones descritas dentro de la guía proporcionada por la Conagua sobre agua potable, alcantarillado y saneamiento.

- Área superficial del filtro

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{CHS} \quad (4.10)$$

Donde:

A = Área superficial del filtro (m²)

Q = Caudal (m³/d)

CHS = Carga hidráulica en m³/(m² * d)

- Longitud del filtro

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L = A^{\frac{1}{2}} \quad (4.11)$$

- Volumen del lecho filtrante

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Q * S_0}{COV} \quad (4.12)$$

Donde:

V = Volumen del lecho filtrante (m^3)

S_0 = DBO en el afluente (kg de DBO/ m^3)

COV = Carga orgánica volumétrica en kg de DBO/ ($m^3 * d$)

- Altura del lecho filtrante

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$hm = \frac{V}{A} \quad (4.13)$$

Donde:

hm = Altura del lecho filtrante

- Altura total del filtro

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$H = hm + b + d \quad (4.14)$$

Donde:

H = Altura total del filtro (m)

b = Altura del borde libre (m)

d = altura del bajo dren (m)

- Volumen total del filtro

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Vt = A * H \quad (4.15)$$

Donde:

Vt = Volumen total del filtro (m^3)

- Carga orgánica volumétrica

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$COV_t = \frac{QS_0}{V_t} \quad (4.16)$$

Donde:

COV_t = Carga orgánica volumétrica en Kg de DBO/ (m³ * d)

Nota: El valor de la carga orgánica volumétrica deberá estar entre 0.15 a 0.50 kg de DBO/(m³*d)

- Tiempo de residencia hidráulica

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (4.17)$$

TRH = Tiempo de residencia hidráulica (días)

- Eficiencia de remoción del filtro anaerobio

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E = 100 * [1 - 0.87(TRH^{-0.5})] \quad (4.18)$$

Donde:

E = Eficiencia de remoción del filtro anaerobio (%)

- Concentración de DBO esperada en el efluente

Se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$DBO_{ef} = S_0 - \frac{E * S_0}{100} \quad (4.19)$$

4.5.4. Humedales artificiales

Los humedales son áreas que están bajo el agua o cuyo suelo está saturado de agua durante mucho tiempo. Anqué el termino abarca una amplia gama de ecosistemas, todos los humedales comparten una característica clave: el agua es el elemento principal que determina sus características y condiciones físicas, vegetales y animales.

Los humedales naturales no solo son un gran ecosistema y un habitat importante para muchos organismos intensivos, sino que también actúan como filtros naturales de agua, ya que las plantas acuáticas que componen los humedales almacenan y liberan agua en sus tejidos para iniciar el proceso de filtración (CONAGUA, 2015b). Pero por descuido o desconocimiento, también han sido destinatarios de vertidos de aguas residuales durante más de un siglo (Wallace & Knight, 2006). Las observaciones de la mejora de la calidad del agua en estos humedales naturales llevaron a la creación de humedales diseñados que primer imitaron los procesos de tratamiento existentes (EPA, 2000a).

Los humedales artificiales se utilizaron inicialmente para el tratamiento de aguas residuales con baja concentración de materia orgánica o aguas grises, pero a partir de la década de 1980 se

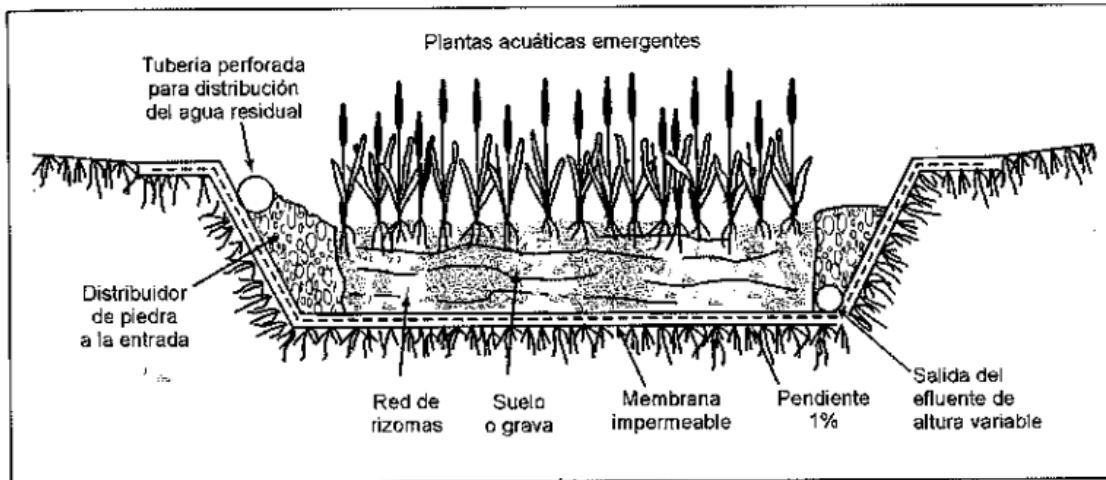
utilizaron en sistemas de mayor capacidad, es decir, caudales más altos (CONAGUA, 2015b). En la década de 1990, se desarrollaron para una variedad de aplicaciones, incluido el tratamiento de aguas residuales domésticas, aguas residuales agrícolas y aplicaciones asociadas con ciertas industrias que producen aguas residuales orgánicas (CONAGUA, 2015b).

Los humedales artificiales se consideran sistemas de tratamiento de aguas residuales en que los elementos de ingeniería se combinan, diseñan, construyen y operan para lograr la calidad de agua deseada, sujeto a requisitos reglamentarios o de reutilización (CONAGUA, 2015b). Hay dos tipos de sistemas de humedales construidos; los sistemas subterráneos se destacan porque son resistentes a los mosquitos y los olores, eliminan el riesgo de contacto humano directo con las aguas residuales y requieren menos superficie, lo que resulta más económico (Romero Rojas, 1999).

Humedales de flujo subsuperficial (HFSS)

En los sistemas de flujo de aguas subterráneas, el agua fluye a través de un medio granular y alcanza una profundidad determinada por la capacidad de las raíces de las plantas para penetrar en el suelo (CONAGUA, 2015b). Se establece vegetación en este medio granular, permitiendo que el agua se ponga en contacto con los rizomas y las raíces de las plantas, en la **Figura 4.5** se observa el humedal de flujo subsuperficial. En función de su configuración hidráulica, pueden ser de flujo horizontal o flujo vertical.

Figura 4.5 Humedal de flujo subsuperficial



Fuente: (Romero Rojas, 1999).

- Humedales de flujo subsuperficial vertical: Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte, puede ser arena o grava y la red de drenaje se encarga de recolectar en el lecho del humedal.
- Humedales de flujo subsuperficial horizontal: El sustrato está constituido por varias capas, en la parte superior se va a encontrar grava fina y va a aumentar su diámetro conforme vaya descendiendo.

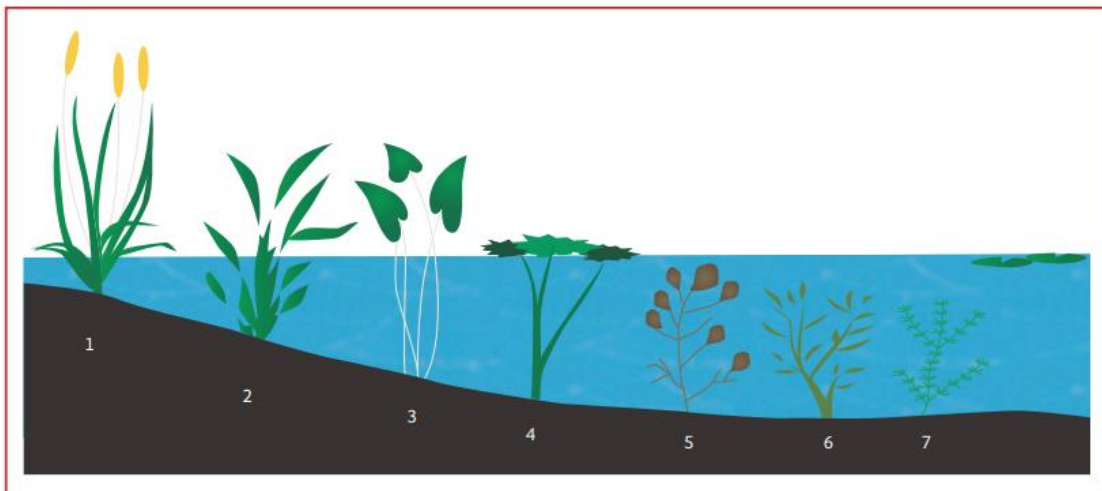
Los humedales pueden estar compuestos por una variedad de vegetación acuática emergente, sumergida y flotante, distribuidas principalmente en función de la profundidad del agua (EPA, 1999). En general, las especies emergentes se encuentran en aguas poco profundas, mientras

que las especies sumergidas ocupan zonas de aguas más profundas; las especies vegetación flotante pueden ocurrir tanto en áreas de aguas poco profundas como profundas (EPA, 1999).

Dependiendo de donde crezcan en el cuerpo de agua, las plantas acuáticas (**Figura 4.6**) se pueden dividir en:

- Flotantes: Estas son especies de plantas que viven en la superficie del agua.
- Emergentes: Anclan las raíces en el fondo, pero crecen lo suficiente para que las hojas usen la luz fuera del agua
- Sumergidas: Se desarrollan exclusivamente dentro del agua.

Figura 4.6 Clasificación de macrófitos: (1-4) emergentes, sumergidas, (5-7)



Fuente: (Odum, 1972).

Phragmites australis: carrizo

Se trata de una planta acuática que forma parte de la familia de las gramíneas (Poaceae). Su crecimiento se produce en áreas que se encuentran inundadas, donde su sistema de raíces se arraiga en el fondo del humedal, desarrollando una estructura vegetativa que emerge por encima de la superficie del agua.

La planta es una herbácea perenne con un crecimiento vertical y una gran robustez, siendo capaz de alcanzar alturas superiores a los 3 metros. Debajo del suelo, se forman rizomas leñosos, escamosos y nudosos con estolones largos. El tallo del carrizo es generalmente simple, compuesto por una sucesión de nudos y entrenudos bien diferenciados que conforman la caña de la planta. Las hojas son alargadas (con longitudes entre 20 y 70 cm) y estrechas (con anchuras de 1 a 5 cm), puntiagudas y de un tono verde grisáceo durante la fase de crecimiento. En el extremo del tallo, se forma una estructura llamada panícula que contiene las flores **Figura 4.7** organizadas en espiguillas de manera similar a otras gramíneas (Fernández González et al., 2010).

Figura 4.7 Detalle de tallo, hoja inflorescencia floral y fruto de phragmites australis: carrizo



Fuente: (Bixquert Ariño, 2013).

El rango de temperaturas adecuado para el desarrollo de la planta abarca desde los 12 hasta los 33 °C, mientras que el intervalo para que ocurra la germinación se encuentra entre los 10 y 30 °C. Se trata de una especie vegetal capaz de soportar altas concentraciones de sales en el agua y de crecer en un amplio espectro de pH, que va desde 2 hasta 8 (Cooper, 1996).

Ciclo vegetativo

El ciclo de desarrollo de la planta sigue un patrón anual, similar al de las eneas. Durante el mes de abril, emerge la brotación desde los rizomas, dando lugar a un vástago vigoroso y de rápido

crecimiento que se eleva erguido. Entre los meses de julio y septiembre, la planta florece y da origen a la formación de las semillas. A partir de este momento, se produce la translocación de nutrientes hacia los rizomas, mientras que la parte aérea de la planta comienza a marchitarse. Durante los meses de invierno, se lleva a cabo la dispersión de las semillas, y el ciclo se inicia nuevamente desde los rizomas en la próxima primavera (Fernández González et al., 2010).

Aplicación en humedales artificiales

El carrizo exhibe un desarrollo exitoso tanto en aguas libres de contaminación como en aquellas que han sido contaminadas y presentan características orgánicas, alcalinas o salinas. Cuando se encuentra en entornos acuáticos no contaminados, su tasa de crecimiento es notablemente alta; sin embargo, en tales circunstancias, suele ser desplazado con frecuencia por otras especies más competitivas, como el Arundo donax. No obstante, su capacidad de tolerancia hacia ambientes alterados le permite desplazar de manera eficiente a otras especies y propagarse rápidamente.

El *Phragmites australis* es comúnmente utilizado como helófito en diversos humedales, tanto en aquellos de tipo superficial como de flujo subsuperficial. Su amplia distribución se debe a que es una especie extremadamente resistente y versátil. En los sistemas de flujo superficial, presenta una ventaja sobre las enneas, ya que sus rizomas tienen la capacidad de penetrar vertical y profundamente en el sustrato o fango del humedal. Esto resulta en un potencialmente mayor efecto oxigenador, gracias a la liberación de oxígeno desde sus rizomas.

Según estudios, se ha observado una amplia variabilidad en la productividad del carrizo entre diferentes variantes ecológicas que alcanzan hasta 50 toneladas de masa seca por hectárea y

año, aproximadamente el 44 % de esta biomasa corresponde a la parte aérea de la planta. La capacidad de extracción de nutrientes puede ser estimada en función de la composición de los tejidos del carrizo. La biomasa aérea presenta aproximadamente un 1,1 % de contenido de nitrógeno y un 0,12 % de fósforo, mientras que la biomasa subterránea contiene alrededor de un 1,0 % de nitrógeno y un 0,15 % de fósforo (Fernández González et al., 2010).

Criterios de diseño

Para el diseño de los humedales es necesario tomar en cuenta la topografía, los módulos, profundidad y las estructuras de entrada y salida. Para el diseño hidráulico se debe evitar la formación de zonas muertas y flujos preferenciales, en el diseño se considera la temperatura ambiental máxima y mínima, así como también la temperatura estándar, el espesor típico para el lecho es de 30 a 70 cm (Romero Rojas, 1999). Se recomienda que la profundidad total sea mayor que la profundidad del agua para garantizar un área seca sobre el lecho. El humedal subsuperficial tiene dos zonas, la zona de entrada y la de salida, a menudo llamado cabezales, que distribuyen y recogen el agua con menos riesgo de obstrucción. A continuación, se presenta características del material que se usa en humedales de flujo subsuperficial; como también las características más importantes para el diseño de estos tipos de humedales.

La relación largo-ancho de los humedales tienen una gran influencia en las condiciones hidráulicas y resistencia al flujo. Una relación de aspecto (10:1 o mayor) puede garantizar el flujo pistón, pero la desventaja es que cuanto mayor sea la relación de aspecto, menor será el área de la sección transversal del flujo y, por lo tanto, la obstrucción es más probable de saturarse,

especialmente al comienzo de los humedales donde el agua se desbordaría debido a la acumulación de basura. Por ende relaciones 2:1 hasta 4:1 es aceptable (CONAGUA, 2015b).

El tipo de planta que se usa en los humedales artificiales también es de suma importancia, ya que este va a afectar el proceso de tratamiento. Llegan a estabilizar el substrato y limitan la canalización del flujo, transfieren gases entre la atmosfera y los sedimentos, entre otras ventajas.

Ventajas

- Son muy efectivos para remover de DBO, DQO, SST, metales y compuestos orgánicos.
- Este tipo de sistema no produce lodos que requieran tratamiento posterior.
- Prevención de mosquitos, olores y la eliminación del riesgo de que el público entre en contacto directo con el agua residual.

Desventajas

- El principal problema que se da es el riesgo de taponamiento debido a los sólidos
- Para climas fríos las temperaturas bajas reducen la tasa de remoción de DBO, NH₃ y NO₃.
- Reducen al menos un orden de magnitud el contenido de coliformes fecales.

(Wood, 1995), propone los siguientes aspectos a considerar para el diseño de los humedales artificiales:

- Carga orgánica superficial: 70 - 80 kg/ (ha d) en sistemas de flujo subterráneo
- Profundidad de las unidades: 0.40 - 0.70 m en sistemas de flujo subterráneo
- Gasto del sistema: Módulos menores de 10 L/s

- Tiempo de retención hidráulica de 3 a 7 días en sistemas de flujo subterráneo
- Relación largo ancho, mayor de 2:1 y menor de 4:1
- Tipo de sustrato: Grava con diámetro entre 10 y 15 centímetros

En la **Tabla 4.7** se presenta las características típicas del medio para humedales del flujo subsuperficial.

Tabla 4.7 Características típicas del medio para humedales del flujo subsuperficial

| Medio | Tamaño efectivo (mm) | Porosidad % | Conductividad hidráulica $m^3/m^2 * d$ |
|--------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| Arena de cuarzo | 2 | 32 | 1000 |
| Arena graduada | 8 | 35 | 5000 |
| Grava fina | 16 | 38 | 7500 |
| Grava media | 32 | 40 | 10000 |
| Roca de cuarzo | 128 | 45 | 100000 |

Fuente: (EPA, 1993a).

Diseño de humedales artificiales de flujo subsuperficial

Utilizando el modelo propuesto por la EPA, se va a utilizar las siguientes ecuaciones para el diseño de humedales artificiales subsuperficial.

- Concentración de la DBO del efluente

$$C_e = C_o * \exp (-K_T * \theta_H) \quad (4.20)$$

Donde:

C_e = Concentración materia orgánica afluente (mg/lt)

C_o = Concentración materia orgánica afluente (mg/lt)

K_T = Constante de reacción de primer orden y dependiente de la temperatura (d^{-1})

θ_H = Tiempo de residencia hidráulica (hora)

- Constante cinética de primer orden

$$K_{V,T} = K_{V,20} * \theta^{T-20} \quad (4.21)$$

Donde:

- T = Temperatura promedio del agua ($^{\circ}C$)
- θ = Coeficiente de Arrhenius

Nota: Para humedales de flujo subsuperficial: $K_{V,20}$ es igual a $1.1104 d^{-1}$, con θ igual a 1.06 (Reed & Brown, 1995)

- Área superficial

$$A_s = \frac{Q * (\ln C_o - \ln C_e)}{K_{V,T} * D_w * n} \quad (4.22)$$

Donde:

Q = caudal del afluente $\left(\frac{m^3}{dia}\right)$

D_w = Profundidad del lecho

n = porosidad

- Ancho mínimo para el humedal

Con el propósito de preservar el movimiento constante del agua subterránea y calcular la elevación de salida del efluente, se estipuló el valor mínimo teórico de la anchura (W) empleando la fórmula de Darcy. Esta consideración se aplica específicamente a la etapa inicial del tratamiento.

$$W = \left(\frac{Q * A}{K_s * dh * D_w} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.23)$$

Donde:

dh = pérdida de carga (m)

K_s = conductividad hidráulica $\left(\frac{m^3}{m^2 * d}\right)$

- Longitud del humedal

$$L = \frac{As}{W} \quad (4.24)$$

- Tiempo de residencia hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{n * D}{\left(\frac{Q}{A}\right)} \quad (4.25)$$

- Estimación de la concentración prevista de sólidos suspendidos totales (SST) en el efluente

Se emplea una ecuación de regresión propuesta por (Reed & Brown, 1995) con el fin de calcular la concentración esperada de sólidos suspendidos totales (SST) en el efluente.

$$C_{eSST} = C_{oSST} * \left(0.1058 + 0.0011 * \frac{100 * Q}{A}\right) \quad (4.26)$$

- Eficiencia de remoción de contaminantes

$$\%ER = \left(\frac{Ca - Ce}{Ca}\right) * 100$$

- Numero de plantas acuáticas para el humedal

$$Nv = \left(\frac{L}{d_{M-N}} - 1\right) * \left(\frac{W}{d_{M-N}} - 1\right) \quad (4.27)$$

Donde:

d_{M-N} = Distancia entre planta a planta

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1.Descripción del lugar

La hostería Uzhupud Garden se encuentra ubicada en la comunidad Uzhupud, parroquia Chicán del cantón Paute, en las coordenadas; 748230.44 E y 9686840 N. Es un lugar turístico donde frecuenta mucha gente.

5.1.1. Población servida

La población flotante se refiere a un grupo de personas que viven temporalmente en un área o lugar determinado, pero que no pertenecen a los residentes permanentes del área. Estas personas pueden visitar por trabajo, viaje, estudio u otras razones ocasionales. El tamaño y la composición de las poblaciones flotantes pueden cambiar con el tiempo, ya que su presencia se ve afectada por cambios estacionales, en particular por eventos o actividades que atraen a residentes de otras áreas.

La carga de población de un área puede determinarse por la suma de la población flotante y población real, para el cálculo de la población flotante se estimó los días feriados del calendario nacional, dividido para los días que tiene el año y multiplicar por la población.

La hostería Uzhupud Garden tiene la capacidad máxima de 180 personas para el área de hospedaje, de la cual el 20% está en ocupación durante un día normal, mientras que para días feriados tiene una ocupación del 60%, las personas que visitan la hostería pero que no se hospedan pueden variar entre semana, fines de semana y feriados. En la hostería laboran 42 empleados de los cuales 15 personas están establecidas en el lugar, mientras que el resto van y vienen del sitio.

5.1.2. Climatología

El clima predominante en la región interandina se distingue por sus características particulares. Las temperaturas promedio a lo largo del año se sitúan típicamente entre los 12° y 20° C, aunque pueden ser más bajas en las zonas menos expuestas al sol. En ocasiones excepcionales, las temperaturas mínimas descienden por debajo de los 0° C, mientras que las máximas no suelen superar los 30° C (IERSE, 2022).

5.1.3. Topografía del Lugar

Por su ubicación la comunidad de Uzhupud tiene un clima templado durante el transcurso del año. Desde la altitud se visualiza un maravilloso valle con el recorrido del río Paute y sus alrededores como la parroquia de Chicán y la parroquia del Cabo.

5.2. Medición del caudal de aguas residuales

El caudal de aguas residuales de la hostería Uzhupud Garden, se mide por el método volumétrico. Básicamente, implica llenar un tanque de capacidad conocida y calcular el tiempo de llenado para que pueda obtener flujo de agua en ese lugar. El caudal se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{T} \tag{5.1}$$

Donde:

Q: caudal (l/s)

V: volumen del recipiente (l)

T: tiempo de llenado (s)

Se realizaron tres mediciones diarias para evaluar el caudal en el punto de muestreo, como se detalla en los Anexos. Estas mediciones se llevaron a cabo cada tres horas aproximadamente, desde las 11 a.m. hasta las 5 p.m.

Para calcular el caudal de aporte unitario se promedió los caudales tomados de las diferentes horas y multiplicando a la población servida.

5.3.Toma de muestras

Las muestras compuestas son preferibles cuando desean conocerse resultados promedio (Romero Rojas, 1999). Esta mezcla es producto de muestras individuales proporcionales al caudal instantáneo. Siguiendo los pasos descritos por el libro de tratamiento de aguas residuales de Romero Rojas, primero definimos el objetivo específico de la muestra, es decir para poder determinar los contaminantes que hay en las aguas residuales del sitio de estudio, después se identificaron las fuentes de contaminación, con el fin de tomar las muestras en el lugar donde todas las tuberías de desagüe se conectan para tener una muestra más realista, tal y como se puede observar en la **Figura 5.1** ; una vez identificado la fuente donde se va a tomar las muestras, como siguiente paso es definir la hora en que el caudal del agua residual llegue a su pico máximo, con el propósito de ver los parámetros de contaminación en su apogeo.

5.3.1. Recolección de las muestras

En la recolección de las muestras de aguas residuales en la Hostería Uzhupud Garden, se siguió un muestreo del tipo compuesto según lo indicado por el laboratorio de sanitaria Universidad de Cuenca. Se recolectó una muestra compuesta con un volumen de 4 litros en un recipiente de polipropileno para el análisis fisicoquímico, una muestra compuesta con un volumen de 500ml en un frasco tapa rosca estéril para el análisis de turbidez y una muestra compuesta con un volumen de 300ml en un frasco winkler para el análisis microbiológico. Estas muestras fueron tomadas en un período de tiempo de 1.30 horas, cada media hora a partir de las 12h00 a 13h30. Véase en los anexos las tres muestras recogidas en la hostería Uzhupud Garden.

Figura 5.1 Toma de muestras de agua residual



Fuente: El Autor.

5.4.Evaluar las alternativas de diseño

Se evaluó las alternativas de diseño por medio de dos factores dados a continuación:

- El primer factor es por medio de revisión bibliográfica de proyectos similares determinando el porcentaje de reducción de contaminantes que hayan tenido estos sistemas en operación.
- El segundo factor es en la parte económica para lo cual se consideró el costo total de cada sistema de tratamiento, y se eligió el más rentable.

Para la selección definitiva del sistema se consideró los dos factores mencionados con anterioridad a cada sistema de tratamiento. Se utilizó una escala de puntuación para poder elegir un sistema de tratamiento más conveniente para el lugar de estudio.

5.4.1. Presupuesto

El presupuesto representa la estimación del costo completo de una obra antes de su inicio. Se requiere recopilar todos los datos relevantes que influyen en la estimación del costo. La utilización de un presupuesto permite comprender la rentabilidad, la planificación de los plazos, las cantidades de los elementos, el equipo necesario, la gestión del personal, el control del rendimiento, entre otros aspectos.

En la ejecución de los rubros en una obra, los costos directos abarcan a todas las personas que participan directamente. Estos se dividen en categorías como mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

Por otro lado, los costos indirectos comprenden todos los gastos técnicos y administrativos necesarios para garantizar la correcta realización de cualquier proceso productivo.

En cuanto al precio unitario, se refiere a la suma de todos los costos relacionados con la mano de obra tanto directa como indirecta, incluyendo también el margen de ganancia, todo ello con relación a una unidad específica.

Costo de mano de obra

El costo de la mano de obra se refiere al trabajo físico y mental pagado para producir productos y es el salario mínimo establecido por la ley en dólares. La tarifa por hora en dólares estadounidenses se utiliza para el análisis de precios unitarios. En la **Tabla 5.1** muestra los costos de mano de obra dados por la contraloría general del estado, la **Tabla 5.2** se dio a conocer la tarifa de equipo y herramientas dadas por la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).

Tabla 5.1 Costo horario mano de obra

| Descripción | Categoría | Unidad | Costo horario |
|------------------------------------|--------------|--------|---------------|
| Peón | ESTR. OC. E2 | hora | 4.05 |
| Albañil | ESTR. OC. D2 | hora | 4.10 |
| Maestro mayor de ejecución de obra | ESTR. OC. C1 | hora | 4.55 |
| Operador de retroexcavadora | ESTR. OC. C1 | hora | 4.55 |
| Operador de equipo liviano | ESTR. OC. D2 | hora | 4.10 |

| | | | |
|---------------------------|--------------|------|------|
| Ayudante de maquinaria | ESTR. OC. D2 | hora | 4.16 |
| Chofer | ESTR. OC. C2 | hora | 5.95 |

Fuente: (Contraloría General del Estado, 2023).

Tabla 5.2 Tarifa de equipos y herramienta

| Descripción | Unidad | Tarifa |
|-------------------|--------|--------|
| Retroexcavadora | Hora | 30 |
| Concreteira | Hora | 4.40 |
| Volqueta 8 m3 | Hora | 28.5 |
| Herramienta menor | Hora | 0.25 |

Fuente: (CAMICON, 2022).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis de la calidad del agua de la hostería Uzhupud Garden.

En los Anexos se puede ver el cuadro de resultados con los parámetros de contaminación, el cual se comprobó con la **Tabla 4.5** , donde identificamos 3 contaminantes que están fuera del límite de descarga de agua dulce. Para lo cual se diseñó las tecnologías utilizadas en el procesamiento de aguas residuales con el objetivo de reducir la contaminación del vertido.

6.2. Diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales

6.2.1. Tanque séptico

Para el diseño del tanque séptico, tuvimos que calcular la población servida del lugar, para lo cual se pidió información a la recepción de la hostería, lo cual tuvimos una población de 80 habitantes. Dado a que la hostería tiene un gran atractivo turístico, es necesario pensar en la corrección del número de habitantes, es decir, según la población flotante que acude a la hostería. En la **Tabla 6.1** se presenta los días festivos que existen en el Ecuador:

Tabla 6.1 Días festivos en el Ecuador

| Feriados | Días |
|-----------------|------|
| Año Nuevo | 1 |
| Carnaval | 2 |
| Viernes Santo | 1 |
| Día del Trabajo | 1 |

| | |
|-------------------------------|----|
| Batalla del Pichincha | 1 |
| Primer Grito de Independencia | 1 |
| Independencia de Guayaquil | 1 |
| Día de Difuntos | 1 |
| Independencia de Cuenca | 1 |
| Vacaciones escolares | 40 |
| Navidad | 1 |
| | 51 |

Fuente: El autor.

Conociendo el número de días festivos en el Ecuador, se puede determinar el porcentaje de la población flotante siguiente manera:

$$\% = \frac{51}{365} * 100 = 14\%$$

Una vez que se conocen los factores de corrección de la población flotante, se puede determinar la población equivalente final de la hostería. En la **Tabla 6.2** se presenta el cálculo de la población servida.

Tabla 6.2 Cálculo de la población servida

| Año | Población | Población ajustada |
|------|-----------|--------------------|
| 2023 | 80 | 91 |

Nota: Dado que la hostería no se va a ampliar no calculamos la proyección poblacional. Fuente:
El autor.

Caudal de diseño

Para el caudal de diseño usamos el método volumétrico dando el siguiente resultado para las tres mediciones:

Medición 1

$$Q = \frac{18.93 \text{ lt}}{138 \text{ s}} = 0.137 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 11.852 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Medición 2

$$Q = \frac{18.93 \text{ lt}}{93.6 \text{ s}} = 0.202 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 17.474 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Medición 3

$$Q = \frac{18.93 \text{ lt}}{126 \text{ s}} = 0.150 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 13.666 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Promedio de caudales

$$Q_{ef} = \frac{11.852 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} + 17.474 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} + 13.666 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{3} = 14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Caudal de aporte unitario

$$Q_u = 0.166 \frac{\text{lt}}{\text{s}} * \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ d}} * \frac{1}{91 \text{ hab}} = 157.609 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{d}}$$

Tiempo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 * \log \left(91 \text{ hab} * 157.609 \frac{\text{lt}}{\text{d} * \text{hab}} \right) = 0.253 \text{ d}$$

$$PR = 0.253 \text{ dias} * \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ d}} = 6.072 \text{ horas}$$

El tiempo de retención hidráulico es mayor a 6 horas por lo que cumple con los requisitos de la norma I.S 0.20.

Volumen de sedimentación

$$V_s = 10^{-3} * \left(91 \text{ hab} * 157.609 \frac{\text{lt}}{\text{d} * \text{hab}} \right) * 0.253 \text{ d} = 3.629 \text{ m}^3$$

Volumen de almacenamiento de lodos

$$V_d = 70 \frac{\text{lt}}{\text{hab} * \text{año}} * 91 \text{ hab} * 1 \text{ año} = 6.37 \text{ m}^3$$

Nota: Se sumó un volumen de natas en el tanque séptico lo cual indica la norma que es de 0.7 m^3 .

Volumen total del tanque

$$V_t = 3.629 \text{ m}^3 + 6.37 \text{ m}^3 + 0.7 \text{ m}^3 = 10.699 \text{ m}^3$$

Consideramos una altura del tanque de 1.2 m

$$A = \frac{10.669 \text{ m}^3}{1.2 \text{ m}} = 8.891 \text{ m}^2 = 8.90 \text{ m}^2$$

Profundidad máxima de espuma sumergida

$$H_e = \frac{0.7 \text{ m}^3}{8.9 \text{ m}^2} = 0.079 \text{ m}$$

Como en la normativa el valor mínimo de la profundidad máxima de espuma sumergida es de 0.10 m, se le adopto el valor según la normativa.

$$H_e = 0.10 \text{ m}$$

Profundidad libre de lodo

$$H_o = 0.82 - 0.26 * (8.9 \text{ m}^2) = -1.494 \text{ m}$$

Valor adoptado según la normativa $H_o = 0.30 \text{ m}$

Profundidad mínima de sedimentación

$$H_s = \frac{3.629 \text{ m}^3}{8.9 \text{ m}^2} = 0.408 \text{ m}$$

Profundidad del espacio libre mínimo

$$H_{lm} = 0.1 \text{ m} + 0.30 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$$

Profundidad de almacenamiento de lodo

$$H_d = \frac{6.37 \text{ m}^3}{8.9 \text{ m}^2} = 0.716 \text{ m}$$

Profundidad total

$$HT = 0.408 \text{ m} + 0.30 \text{ m} + 0.716 \text{ m} = 1.42 \text{ m}$$

Volumen total efectivo

$$VTe = 1.42 \text{ m} * 8.9 \text{ m}^2 = 12.64 \text{ m}^3$$

Tiempo de retención hidráulica real

$$TRH = \frac{12.64 \text{ m}^3}{14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 0.88 \text{ d}$$

$$TRH = 21.12 \text{ h}$$

Eficiencia de remoción del tanque séptico

$$E = 100 * [1 - 0.87(21.12^{-0.5})] = 81.07\%$$

Concentración de DBO esperada en el efluente

$$DBO = 263.50 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - \frac{81.07\% * 263.50 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{100} = 49.88 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Concentración de DQO esperada en el efluente

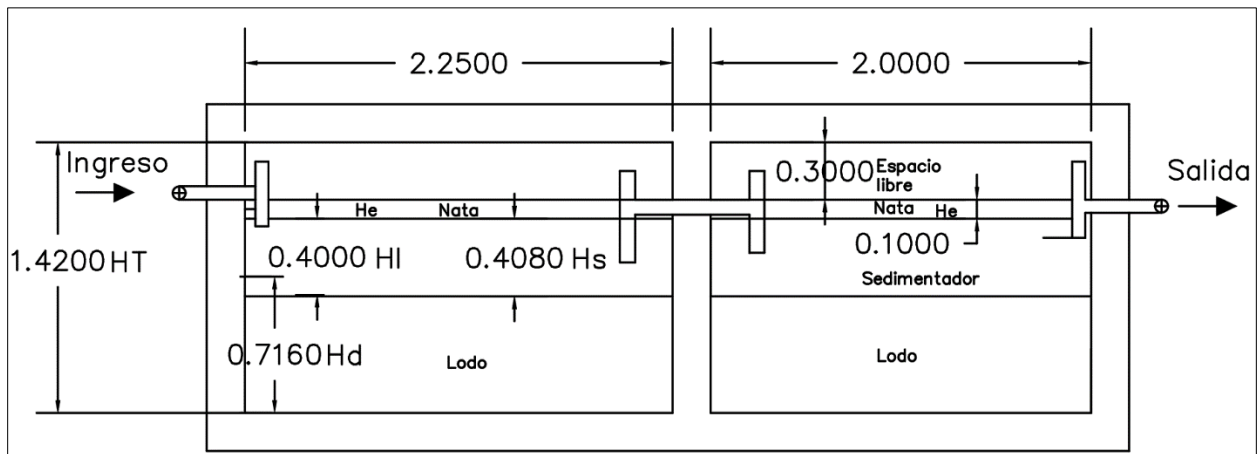
$$DQO = 364.72 \frac{mg}{lt} - \frac{81.07\% * 364.72 \frac{mg}{lt}}{100} = 69.04 \frac{mg}{lt}$$

Concentración de SST esperada en el efluente

$$SST = 365.5 \frac{mg}{lt} - \frac{81.07\% * 365.5 \frac{mg}{lt}}{100} = 69.19 \frac{mg}{lt}$$

En el **Esquema 6.1** se muestra el dimensionamiento del tanque séptico.

Esquema 6.1 Tanque séptico



Fuente: El Autor.

El tanque séptico va a tener una capacidad de $12.64 m^3$ en función del caudal calculado anteriormente, su principal funcionamiento es realizar un tratamiento primario que comprende un proceso de tratamiento inicial dirigido a la eliminación de sólidos suspendidos y partículas más grandes que se encuentran dentro del agua residual. Su principal propósito es reducir la carga

contaminante, facilitar la disposición segura y eficiente del agua tratada, ya sea mediante su descarga directa o su envío a un proceso secundario.

6.2.2. Diseño de filtro anaerobio con filtro ascendente (FAFA).

Área superficial del filtro

$$A = \frac{14.331 \frac{m^3}{d}}{4 \frac{m^3}{m^2 * d}} = 3.583 m^2$$

Longitud del filtro

$$L = 3.583 m^2 \frac{1}{2} = 1.9 m$$

Se diseñó un filtro cuadrado 1.90 m por 1.90 m

Volumen del lecho filtrante

$$V = \frac{14.331 \frac{m^3}{d} * 0.264 \frac{kg}{m^3}}{0.50 \frac{kg}{m^3 * d}} = 7.57 m^3$$

Nota: Para el cálculo del volumen del lecho filtrante se adoptó una carga orgánica volumétrica vista en la **Tabla 4.6**

Altura del lecho filtrante

$$hm = \frac{7.57 m^3}{3.61 m^2} = 2.10 m$$

Altura total del filtro

$$H = 2.10 m + 0.75 m + 1 m = 3.85 m$$

Volumen total del filtro

$$V_t = 3.61 \text{ m}^2 * 3.85 \text{ m} = 13.90 \text{ m}^3$$

Carga orgánica volumétrica

$$COV_t = \frac{14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 0.264 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{13.9 \text{ m}^3} = 0.272 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 * \text{d}}$$

Tiempo de residencia hidráulica

$$TRH = \frac{13.9 \text{ m}^3}{14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}} * 24 \text{ h} = 23.28 \text{ h}$$

Eficiencia de remoción del filtro anaerobio

$$E = 100 * [1 - 0.87(23.28 \text{ h}^{-0.5})] = 81.97 \%$$

Concentración de DBO esperada en el efluente

$$DBO_{ef} = 263.50 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - \frac{81.97 \% * 263.50 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{100} = 47.51 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

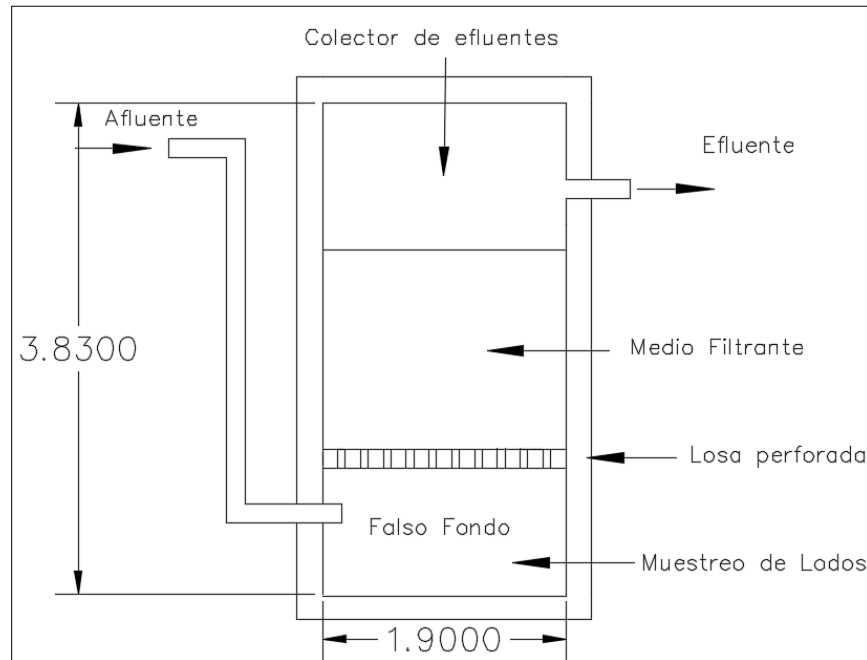
Concentración de DQO esperada en el efluente

$$DQO = 364.72 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - \frac{81.97 \% * 364.72 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{100} = 65.76 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Concentración de SST esperada en el efluente

$$SST = 365.5 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} - \frac{81.97 \% * 365.5 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}}{100} = 65.90 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Esquema 6.2 Esquema de filtro anaerobio de flujo ascendente



Fuente: El autor.

El filtro anaerobio de flujo ascendente va a tener una capacidad de 13.90 m^3 en función del caudal calculado anteriormente, su principal funcionamiento es realizar un tratamiento secundario, donde se realiza la mayor parte de la remoción de materia orgánica y contaminantes presentes.

6.2.3. Diseño del humedal artificial

Para nuestro diseño, se consideró una región de ingreso y otra de egreso diseñadas para facilitar la distribución y recolección del flujo. El área de inicio constituye el 30 % del área total tratada, se optó una conductividad hidráulica del 1 % en condiciones limpias, mientras que, en la región definitiva, se consideró que abarca el 70 % de la superficie total de tratamiento, suponiendo una permeabilidad del 10 % en condiciones de limpieza. Para el diseño del humedal artificial subsuperficial se seleccionaron los datos que se observa en la **Tabla 6.3**

Tabla 6.3 Datos de entrada para el diseño del humedal artificial

| Datos de entrada para el diseño del humedal artificial | | |
|---|---------|-----------------------|
| Descripción | Valor | Unidades |
| Caudal | 14.331 | $\frac{m^3}{d}$ |
| Temperatura fría | 12 | °C |
| Temperatura caliente | 20 | °C |
| Constante cinética | 1.104 | d^{-1} |
| Coefficiente de Arrhenius | 1.06 | d^{-1} |
| Planta acuática | Carrizo | - |
| Separación entre planta | 1 | m |
| Profundidad propuesta del agua en la zona de tratamiento | 0.6 | m |
| Porosidad | 0.38 | n |
| Conductividad hidráulica | 7500 | $\frac{m^3}{m^2 * d}$ |
| Perdida de carga | 0.06 | m |
| Pendiente | 2 | % |
| Tiempo de residencia hidráulica | 3 | d (días) |
| Concentración DBO (afluente) | 263.50 | $\frac{mg}{lt}$ |
| Concentración SST (afluente) | 365.5 | $\frac{mg}{lt}$ |

Fuente: El Autor.

Concentración de la DBO del efluente

$$C_e = 263.50 * \exp (-1.104 d^{-1} * 3 d) = 9.603 \frac{mg}{lt}$$

Constante cinética de primer orden

Se evaluó el efecto de la temperatura para el mes más caluroso y para el más frío.

Con el mes más caluroso se obtuvo:

$$K_{V,T} = 1.104 d^{-1} * (1.06 d^{-1})^{20-20} = 1.104 d^{-1}$$

Con el mes más frío se obtuvo:

$$K_{V,T} = 1.104 d^{-1} * (1.06 d^{-1})^{12-20} = 0.693 d^{-1}$$

Área superficial

Con el mes más caluroso:

$$A_s = \frac{14.331 \frac{m^3}{d} * \left[\ln \left(263.50 \frac{mg}{lt} \right) - \ln \left(9.603 \frac{mg}{lt} \right) \right]}{1.104 d^{-1} * 0.6 * 0.38 m} = 188.565 m^2$$

Con el mes más frío:

$$A_s = \frac{14.331 \frac{m^3}{d} * \left[\ln \left(263.50 \frac{mg}{lt} \right) - \ln \left(9.603 \frac{mg}{lt} \right) \right]}{0.693 d^{-1} * 0.6 * 0.38 m} = 300.397 m^2$$

Se considero el área para las condiciones menos favorables.

- Área de inicio

$$A1 = 0.3 * 300.397 \text{ m}^2 = 90.119 \text{ m}^2$$

- Área fin

$$A2 = 0.7 * 300.397 \text{ m}^2 = 210.278 \text{ m}^2$$

Ancho mínimo necesario

$$W = \left(\frac{14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 90.119 \text{ m}^2}{1\% * 7500 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{d}} * 0.06 \text{ m} * 0.6 \text{ m}} \right)^{1/2} = 21.871 \text{ m}$$

Longitud del humedal

- Longitud en la zona inicial del humedal

$$Li = \frac{90.119 \text{ m}^2}{21.871 \text{ m}} = 4.121 \text{ m}$$

- Pérdida de carga en el tramo inicial

$$dhi = \frac{Q * Li}{Ks * W * Dw} \quad (6.1)$$

$$dhi = \frac{14.331 \frac{m^3}{d} * 4.121 m}{1\% * 7500 \frac{m^3}{m^2 * d} * 21.871 m * 0.6 m} = 0.06 m$$

- Longitud en la zona final del humedal

$$Lf = \frac{210.278 m^2}{21.871 m} = 9.614 m$$

- Pérdida de carga en el tramo inicial

$$dhi = \frac{14.331 \frac{m^3}{d} * 9.614 m}{10\% * 7500 \frac{m^3}{m^2 * d} * 21.871 m * 0.6 m} = 0.014 m$$

- Longitud total del humedal

$$L = Li + Lf \quad (6.2)$$

$$L = 9.614 m + 4.121 m = 13.74 m$$

Ancho de celdas

Es aconsejable contar con un mínimo de dos celdas de tratamiento para simplificar las labores de operación y mantenimiento. Para nuestro diseño consideramos un número de 4 celdas.

$$W_{cel} = \frac{W}{N} \quad (6.3)$$

$$W_{cel} = \frac{21.871 \text{ m}}{4} = 5.47 \text{ m}$$

Tiempo de residencia hidráulica (TRH)

$$TRH = \frac{0.38 * 0.6 \text{ m}}{\left(\frac{14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{300.397 \text{ m}^2} \right)} = 4.78 \text{ d} = 114.72 \text{ h}$$

Concentración estimada de SST esperada en el efluente

$$C_{eSST} = 365.5 \frac{\text{mg}}{\text{lt}} * \left(0.1058 + 0.0011 * \frac{100 * 14.331 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{300.397 \text{ m}^2} \right) = 40.58 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Concentración estimada de DBO real esperada en el efluente

$$C_e = 263.50 * \exp(-1.104 \text{ d}^{-1} * 4.78 \text{ d}) = 1.35 \frac{\text{mg}}{\text{lt}}$$

Concentración estimada de DBO real esperada en el efluente

$$C_e = 364.72 * \exp(-1.104 d^{-1} * 4.78 d) = 1.86 \frac{mg}{lt}$$

Eficiencia de remoción para DBO

$$\%ER = \left(\frac{263.50 \frac{mg}{lt} - 1.35 \frac{mg}{lt}}{263.50 \frac{mg}{lt}} \right) * 100 = 99.49\%$$

Eficiencia de remoción para DQO

$$\%ER = \left(\frac{364.72 \frac{mg}{lt} - 1.86 \frac{mg}{lt}}{364.72 \frac{mg}{lt}} \right) * 100 = 99.49\%$$

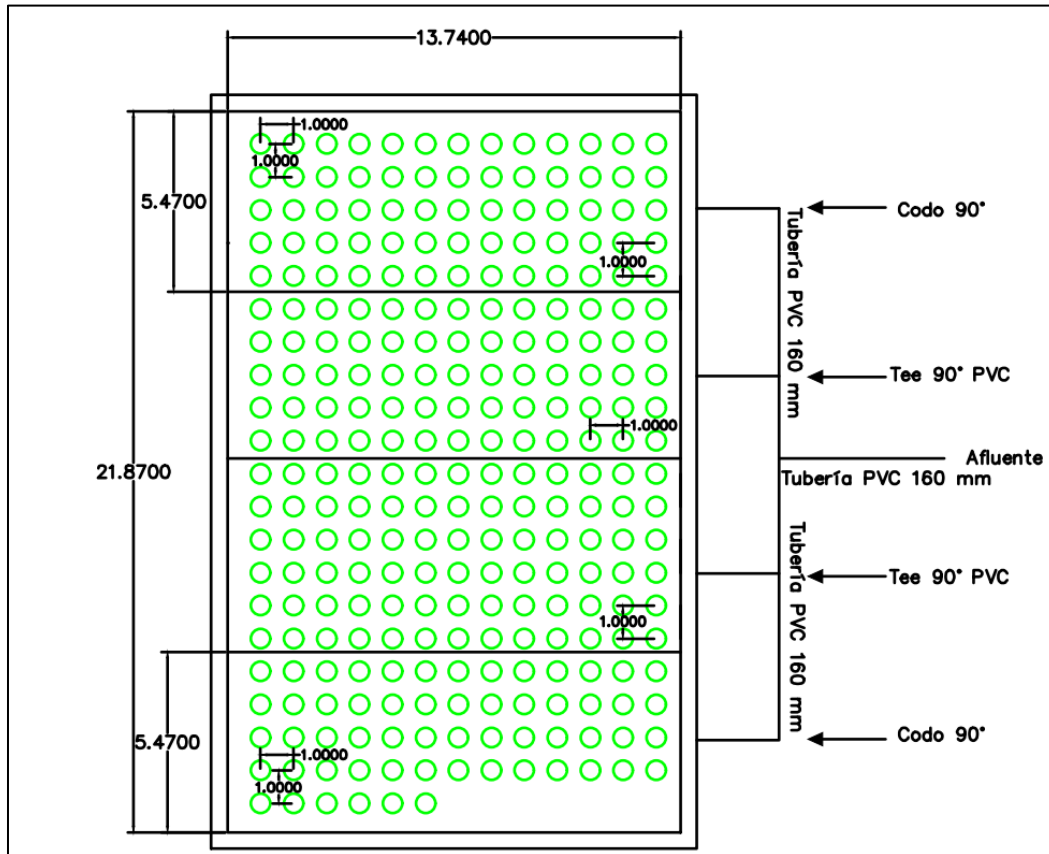
Eficiencia de remoción para SST

$$\%ER = \left(\frac{365.5 \frac{mg}{lt} - 40.58 \frac{mg}{lt}}{365.5 \frac{mg}{lt}} \right) * 100 = 84.72\%$$

Número de plantas acuáticas para el humedal

$$Nv = \left(\frac{13.735 m}{1 m} - 1 \right) * \left(\frac{21.871 m}{1 m} - 1 \right) = 266 \text{ plantas acuáticas}$$

Esquema 6.3 Esquema humedal artificial.



Fuente: El autor.

El humedal artificial va a tener una capacidad de $126.167 m^3$ en función del caudal calculado anteriormente, su principal funcionamiento es realizar un tratamiento secundario y terciario. Como proceso secundario actúa como un sistema biológico de tratamiento, donde se aprovecha la actividad de los microorganismos, plantas para descomponer y eliminar la materia orgánica y otros contaminantes que se encuentran en las aguas residuales.

6.3. Evaluación de las alternativas de diseño planteadas

6.3.1. Porcentaje de remoción del tanque séptico esperadas en el afluente

A base de un estudio ubicado en el Valle del Cauca, Colombia, se obtuvieron eficiencias promedio de remoción de DQO para las tres condiciones de variación de caudales de 56.2%; 57.2% y 49.3%, respectivamente (Madera et al., 2005).

En otra investigación ubicado en la localidad de Jivia, Perú, se reportó un porcentaje de remoción de 44.4 % (SST): para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) se reportó un porcentaje de remoción del 88.0 % (Blas Cerda, 2018).

Un estudio hecho por (Aguirre Solís et al., 2018), el cual se trató un caudal de 6m³/s y un TRH de 48 horas, se obtuvieron un porcentaje de remoción de 72.4% (SST), 50% (DQO) y 45% (DBO5).

Los autores (Nasr & Haroun, 2013), con un tiempo de retención de 72 horas, obtuvieron porcentajes de remoción de 62.5% (SST); 65.3% (DQO) y 68.4% (DBO5).

Para el tanque séptico se obtuvieron valores de remoción entre 45% y 88% (DBO5); 49.3% a 65.3% (DQO) y 44.4% al 72.4% (SST). En la **Tabla 6.4** se puede observar los valores de contaminación esperados para el efluente.

Tabla 6.4 Concentración de contaminantes esperadas en el afluente para el tanque séptico

| Contaminante | Afluente (mg/lt) | Efluente esperado (mg/lt) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| DBO5 | 263.50 mg/lt | 31.62 – 144.93 |
| DQO | 364.72 mg/lt | 126.56 – 184.91 |

| | | |
|-----|--------------|-----------------|
| SST | 365.50 mg/lt | 100.88 – 203.22 |
|-----|--------------|-----------------|

Fuente: El autor.

6.3.2. Porcentajes de remoción del biodigestor autolimpiable esperadas en el efluente

Estudio hecho por (Ríos Garay & Cisneros Pariona, 2019), ubicado en la ciudad de Lima, Perú, se obtuvieron los porcentajes de remoción en el efluente, el cual se tiene los siguientes resultados: 84.90% (DBO5); 82.0% (DQO) y 89.5% (SST).

Estudio hecho por (Montes Lino, 2018), ubicado en la ciudad de Lima, Perú, se obtuvieron los porcentajes de remoción en el efluente, el cual se tiene los siguientes resultados: 97.42% (DBO5); 98.35% (DQO) y 98.51% (SST).

Para el biodigestor se obtuvieron valores de remoción entre 84.90% y 97.42% (DBO5); 82.0% a 98.35% (DQO) y 89.5% al 98.51% (SST). En la **Tabla 6.5** se puede observar los valores de contaminación esperados para el efluente.

Tabla 6.5 Concentración de contaminantes esperadas en el efluente para biodigestor autolimpiable

| Contaminante | Afluente (mg/lt) | Efluente esperado (mg/lt) |
|--------------|------------------|---------------------------|
| DBO5 | 263.50 mg/lt | 6.80 – 39.79 |
| DQO | 364.72 mg/lt | 6.02 – 65.65 |
| SST | 365.50 mg/lt | 5.45 – 38.38 |

Fuente: El autor.

6.3.3. Porcentajes de remoción del Filtro anaerobio de flujo ascendente esperadas en el efluente.

Estudio hecho por (Prieto Parisaca & Velasquez Ponce, 2018), ubicado en Arequipa, Perú, obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con un tiempo de retención hidráulica de 24 horas: 89.1 % (DBO5); 89.3% (DQO) y 72.6% (SST).

Estudio hecho por (Moncayo Loaiza & Grijalba Zarama, 2017), ubicado en Pasto, Colombia, se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con un tiempo de retención hidráulica de 10,07 horas: 71.61% (DBO5); 37.50% (DQO) y 27.26% (SST).

Estudio hecho por (Álvarez Sequeda & Gómez Plata, 2008), ubicado en Bucaramanga, Colombia, se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con un tiempo de retención hidráulica de 24 horas: 36% (DBO5); 50% (DQO) y 57% (SST).

Para el filtro se obtuvieron valores de remoción entre 36% y 89.1% (DBO5); 37.50% a 89.3% (DQO) y 27.26% al 72.6% (SST). En la **Tabla 6.6** se puede observar los valores de contaminación esperados para el efluente.

Tabla 6.6 Concentración de contaminantes esperados en el afluente para filtro aerobio de flujo ascendente

| Contaminante | Afluente (mg/lit) | Efluente esperado (mg/lit) |
|--------------|-------------------|----------------------------|
| DBO5 | 263.50 mg/lit | 28.72 – 168.64 |
| DQO | 364.72 mg/lit | 39.03 – 227.95 |

| | | |
|-----|--------------|------------------|
| SST | 365.50 mg/lt | 100.147 – 265.87 |
|-----|--------------|------------------|

Fuente: El autor.

6.3.4. Porcentajes de remoción para humedales artificiales superficial esperadas en el afluente

Estudio hecho por (Bedoya Pérez et al., 2013), ubicado en Antioquia, Colombia. Se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con planta acuática *Typha latifolia* (espadaña): 96.7% (DBO5); 70.4% (DQO) y 81% (SST).

Estudio hecho (Solís Silván et al., 2016), ubicado en México, se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con planta acuática *P. paniculatum*: 95.3% (DBO5); 95.1% (DQO) y 93.6% (SST).

Estudio hecho (López Linares & Rodríguez Álvarez, 2016), ubicado en Bogotá, Colombia. Se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con planta acuática *Shoenoplectus californicus* (juncos): 80.8% (DBO5); 71.2% (DQO) y 75% (SST).

Estudio hecho (Pérez Salazar et al., 2013), ubicado en Costa Rica Se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción de los efluentes, con planta acuática *Cyperus Papyrus* (papiro): 91% (DBO5); 72% (DQO) y 73% (SST).

Para el humedal artificial se obtuvieron valores de remoción entre 80.8% y 96.7% (DBO5); 70.4% a 95.1% (DQO) y 73% al 93.6% (SST). En la **Tabla 6.7** se puede ver los valores de contaminación esperados para el efluente.

Tabla 6.7 Concentración de contaminantes esperados en el afluente para humedales artificiales subsuperficial

| Contaminante | Afluente (mg/lt) | Efluente esperado (mg/lt) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|
| DBO5 | 263.50 | 8.70 – 50.59 |
| DQO | 364.72 | 17.87 – 107.97 |
| SST | 365.50 | 23.39 – 98.69 |

Fuente: El autor

Presupuesto para los sistemas de tratamiento diseñados.

Tabla 6.8 Presupuesto referencial del tanque séptico

| N° | Descripción | Unidad | Cantidad | P. U | Total |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------|---------|--------------------|
| Obras preliminares | | | | | |
| 1 | Desbroce y limpieza del terreno | m ² | 15 | 0,549 | 8.240 |
| 2 | Excavación con maquina | m ³ | 27 | 18.746 | 506.130 |
| 3 | Relleno compactado con suelo natural | m ³ | 6 | 13.266 | 79.596 |
| 4 | Desalojo de material | m ³ | 21 | 4.244 | 89.127 |
| Estructura de hormigón | | | | | |
| 5 | Hormigón f'c = 210 kg/cm2 | m ³ | 13 | 151.785 | 1973.209 |
| 6 | Malla electrosoldada corrug A50 7-15 | m ² | 40.78 | 6.731 | 274.450 |
| Carpintería | | | | | |
| 7 | Encofrado y desencofrado | m ² | 144.59 | 7.371 | 1065.773 |
| Presupuesto total | | | | | \$ 4,476.16 |

Fuente: El autor.

Tabla 6.9 Presupuesto para biodigestor autolimpiable

| N° | Descripción | Unidad | Cantidad | P. U | Total |
|--|--|----------------|----------|----------|---------------------|
| Obras preliminares | | | | | |
| 1 | Desbroce y limpieza del terreno | m ² | 15 | 0.549 | 8.240 |
| 2 | Excavación manual suelo natural h=0-2m | m ³ | 23.18 | 18.746 | 434.521 |
| 3 | Relleno compactado con suelo natural | m ³ | 9 | 13.266 | 119.394 |
| 3 | Desalojo de material | m ³ | 14.18 | 4.244 | 60.182 |
| Instalaciones de estructuras sanitarias | | | | | |
| 4 | Biodigestor autolimpiable (Rotoplas) 7000 lt | u | 2 | 5401.193 | 10802.387 |
| Instalaciones sanitarias | | | | | |
| 5 | Tubo PVC desagüe 160mm x 3m | m | 8 | 7.770 | 62.162 |
| 6 | Codo 90° PVC D= 160mm | u | 2 | 19.584 | 39.168 |
| 7 | Tee PVC desagüe 160mm | u | 1 | 12.768 | 12.768 |
| Presupuesto total | | | | | \$ 12,923.48 |

Fuente: El autor.

Tabla 6.10 Presupuesto para filtro anaerobio con flujo ascendente

| N° | Descripción | Unidad | Cantidad | P. U | Total |
|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------|----------|---------|--------------------|
| Obras preliminares | | | | | |
| 1 | Desbroce y limpieza del terreno | m ² | 5 | 0,549 | 2.747 |
| 2 | Excavación con maquina | m ³ | 15.35 | 3.625 | 55.643 |
| 3 | Relleno compactado con suelo natural | m ³ | 3.61 | 13.206 | 47.674 |
| 4 | Desalojo de material | m ³ | 11.74 | 4.244 | 49.826 |
| Estructura de hormigón | | | | | |
| 5 | Hormigón f'c = 210 kg/cm ² | m ³ | 8.45 | 151.785 | 1282.586 |
| 6 | Malla electrosoldada corrug A50 7-15 | m ² | 38 | 6.732 | 255.784 |
| Carpintería | | | | | |
| 7 | Encofrado y desencofrado | m ² | 106.59 | 7.371 | 785.675 |
| Instalaciones sanitarias | | | | | |
| 8 | Tubo PVC desagüe 160mm x 3m | m | 4.55 | 9.324 | 42.426 |
| 9 | Codo 90° PVC D= 200mm | u | 2 | 19.584 | 39.168 |
| Instalaciones complementarias | | | | | |
| 10 | Instalación y colocación del filtro | m ³ | 5.60 | 24.589 | 137.696 |
| Presupuesto total | | | | | \$ 3,023.13 |

Fuente: El autor.

Tabla 6.11 Presupuesto para humedal artificial con plantas de carrizo

| N° | Descripción | Unidad | Cantidad | P. U | Total |
|--------------------------------------|--|----------------|-----------------|-------------|--------------------|
| Obras preliminares | | | | | |
| 1 | Desbroce y limpieza del terreno | m ² | 300.5 | 0,5493 | 165.065 |
| 2 | Excavación con maquina | m ³ | 183.58 | 2.0226 | 371.309 |
| 3 | Relleno compactado con suelo natural | m ³ | 38 | 13.266 | 504.108 |
| 4 | Desalojo de material | m ³ | 145.58 | 3.5796 | 521.118 |
| Instalaciones sanitarias | | | | | |
| 5 | Tuvo PVC desagüe 160mm x 3m | m | 32 | 9.5673 | 306.154 |
| 6 | Codo 90° PVC D= 160mm | u | 2 | 19.584 | 39.168 |
| 7 | TEE PVC desagüe 160mm | u | 3 | 12.768 | 38.304 |
| Instalaciones complementarias | | | | | |
| 8 | Geomembrana de polietileno alta densidad HDPE 1.50mm GM 7.50m x 14 m | u | 1 | 9.1386 | 9.1386 |
| 9 | Instalación y colocación del filtro | m ³ | 120 | 24.5613 | 2947.356 |
| 10 | Plantación de plantas carrizo | u | 266 | 0.522 | 138.852 |
| Presupuesto total | | | | | \$ 5,645.44 |

Fuente: El autor.

6.3.5. Comparación de resultados de los sistemas de tratamiento tratados

A continuación, se presentó **Tabla 6.12** con las principales diferencias de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 6.12 Resultados de los sistemas de tratamiento de aguas residuales

| Parámetros | Tanque séptico | Biodigestor con biofiltro | Filtro anaerobio de flujo ascendente | Humedal artificial subsuperficial |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|---|--|
| Volumen | 12.64 m ³ | 14 m ³ | 13.90 m ³ | 126.17 m ³ |
| Área | 8.90 m ² | 9.20 m ² | 3.58m ² | 300.51 m ² |
| *Eficiencia (contaminantes) | 54.23% - 66.2% | 85.47% - 98.09% | 45.57% - 83.67% | 75.67% - 94.67% |
| Presupuesto | \$ 4,476.16 | \$ 12,923.48 | \$ 3,023.13 | \$5,645.44 |

* Para determinar el porcentaje de eficiencia se escogió los porcentajes de plantas de tratamiento ya construidas.

Fuente: El autor.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales diseñados tuvieron la siguiente eficiencia de remoción en porcentaje: para el tanque séptico 81.07%; biodigestor con un 82.03%; filtro anaerobio de flujo ascendente con el 81.97% y el humedal artificial dando un porcentaje de 94.57%. En la **Tabla 6.13** se puede evidenciar los efluentes esperados para cada tratamiento diseñado, cumpliendo el rango máximo establecido por el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA).

Tabla 6.13 Efluentes esperados para los diseños de los sistemas de aguas residuales

| Parámetros de contaminación | Tanque séptico | Biodigestor con biofiltro | Filtro anaerobio de flujo ascendente | Humedal artificial superficial | TULSMA |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| DBO ₅ | $49.88 \frac{mg}{lt}$ | $47.35 \frac{mg}{lt}$ | $47.51 \frac{mg}{lt}$ | $1.86 \frac{mg}{lt}$ | $50 \frac{mg}{lt}$ |
| DQO | $69.04 \frac{mg}{lt}$ | $65.54 \frac{mg}{lt}$ | $65.76 \frac{mg}{lt}$ | $1.35 \frac{mg}{lt}$ | $100 \frac{mg}{lt}$ |
| SST | $69.19 \frac{mg}{lt}$ | $65.68 \frac{mg}{lt}$ | $65.90 \frac{mg}{lt}$ | $40.58 \frac{mg}{lt}$ | $80 \frac{mg}{lt}$ |

Fuente: El autor.

7. CRONOGRAMA

Tabla 7.1 Cronograma de actividades desarrolladas.

| Tarea | Duración | Comienzo | Fin | Predecesoras |
|---|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|
| Toma de muestras | 1 día | jue 18/05/23 | jue 18/05/23 | |
| Medición de caudal | 1 día | jue 18/05/23 | jue 18/05/23 | |
| Análisis resultados de muestras | 1 día | mar 30/05/23 | mar 30/05/23 | 2 |
| Diseño de Tanque séptico | 2 días | mié 31/05/23 | jue 01/06/23 | 3;4 |
| Planos de Tanque séptico | 1 día | vie 02/06/23 | vie 02/06/23 | 5 |
| Presupuesto para tanque séptico | 3 días | lun 05/06/23 | mié 07/06/23 | 6 |
| Planos de biodigestor | 1 día | jue 08/06/23 | jue 08/06/23 | 5 |
| Presupuesto para biodigestor | 3 días | vie 09/06/23 | mar 13/06/23 | 8 |
| Diseño de filtro anaerobio de flujo ascendente | 2 días | mié 14/06/23 | jue 15/06/23 | 3;4 |
| Planos de filtro anaerobio de flujo ascendente | 1 día | vie 16/06/23 | vie 16/06/23 | 10 |
| Presupuesto para filtro anaerobio de flujo ascendente | 3 días | lun 19/06/23 | mié 21/06/23 | 11 |
| Diseño de humedal subsuperficial | 2 días | jue 22/06/23 | vie 23/06/23 | 2;3 |
| Planos de humedal subsuperficial | 1 día | lun 26/06/23 | lun 26/06/23 | 13 |
| Presupuesto para humedal subsuperficial | 1 día | mar 04/07/23 | mar 04/07/23 | 14 |
| Elección del sistema de tratamiento | 1 día | mié 05/07/23 | mié 05/07/23 | 7;9;12;15 |

Fuente: El autor.

8. PRESUPUESTO

Tabla 8.1 Costo horario empleado en el proyecto

| NOMBRE DE LA TAREA | HORAS | COSTO HORARIO | TOTAL |
|---|--------------|----------------------|--------------|
| Toma de muestras | 1 | 4.56 | 4.56 |
| Medición de caudal | 6 | 4.56 | 27.36 |
| Análisis resultados de muestras | 1 | 4.56 | 4.56 |
| Diseño de Tanque séptico | 8 | 4.56 | 36.48 |
| Planos de Tanque séptico | 5 | 4.56 | 22.8 |
| Presupuesto para tanque séptico | 12 | 4.56 | 54.72 |
| Planos de biodigestor | 5 | 4.56 | 22.8 |
| Presupuesto para biodigestor | 12 | 4.56 | 54.72 |
| Diseño de filtro anaerobio de flujo ascendente | 8 | 4.56 | 36.48 |
| Planos de filtro anaerobio de flujo ascendente | 5 | 4.56 | 22.8 |
| Presupuesto para filtro anaerobio de flujo ascendente | 12 | 4.56 | 54.72 |
| Diseño de humedal subsuperficial | 8 | 4.56 | 36.48 |
| Planos de humedal subsuperficial | 5 | 4.56 | 22.8 |
| Presupuesto para humedal subsuperficial | 12 | 4.56 | 54.72 |
| Elección del sistema de tratamiento | 10 | 4.56 | 45.6 |
| | | TOTAL | 501.6 |

Fuente: El autor.

9. CONCLUSIONES

- Al evaluar los datos obtenidos por el laboratorio de la Universidad de Cuenca se estableció que la calidad del agua es deficiente para descargarse al río, la DBO₅, DQO y SST, están fuera del rango mínimo dispuesto según la norma de TULSMA.
- Para la población de la hostería Uzhupud Garden se contó con la información de la recepción del lugar, del cual obtuvimos una población normal 80 habitantes, más una población flotante de 11 habitantes, dando como resultado una población de diseño de 91 habitantes para la hostería.
- Para el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para la hostería Uzhupud Garden se necesitó medir tres variaciones de caudales en diferentes tiempos (Véase en los Anexos), los cuales fueron: 11.852 m³/d (11am); 17.474 m³/d (2pm) y 13.666 m³/d (5pm), dando un promedio 14.331 m³/d.
- El sistema de tratamiento de aguas residuales más óptimo en rango de remoción fue el biodigestor con biofiltro, ya que cumple con los límites dispuestos por la normativa de TUSLMA, dando un valor entre 6.80 mg/lit – 39.79 mg/lit para DBO₅; 6.02 mg/lit – 65.65 mg/lit (DQO) y 5.45 mg/lit – 38.38 mg/lit (SST).

- Los sistemas de tratamiento de aguas residuales obtuvieron los siguientes presupuestos: \$ 4,476.16 (Tanque séptico); \$ 12,923.48 (Biodigestor); \$ 3,023.13 (FAFA) y \$ 5,645.44 (Humedales artificiales). Por lo tanto, el sistema de tratamiento de aguas residuales más costoso fue el biodigestor y el más económico fue el FAFA.

10. RECOMENDACIONES

- Como se pudo observar el biodigestor es el sistema de tratamiento más caro, pero con un mejor rango de remoción, mientras que los demás sistemas son más económicos, pero con rangos fuera del límite de la normativa del TUSLMA.
- Puede que los sistemas de humedales artificiales tengan un rango aceptable de remoción de contaminantes, pero corren el riesgo de que los filtros se tapen y que no circule el caudal. Por lo tanto, no se recomienda utilizar solo el sistema de humedales artificiales como tratamiento primario y secundario, debe existir un tratamiento primario anterior para eliminar los lodos.
- Para una mejor solución en la parte económica y ambiental, se recomienda la construcción del tanque séptico, seguido del humedal artificial, ya que estos dos sistemas aportan a reducir los niveles de contaminantes.

11. REFERENCIAS

Aguirre Solís, S., Vargas Urbanos, M., Zeron Canchas, M., Cruz Huarangas, M., & Flores Gómez, S. (2018). Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2), 29-41.

Álvarez Sequeda, G. M., & Gómez Plata, A. H. (2008). *Evaluación de la eficiencia de un filtro anaerobio de grava a escala piloto, análisis comparativo con un filtro anaerobio de guadua: Planta de tratamiento de aguas residuales*. Universidad Pontificia Bolivariana.

Bedoya Pérez, J. C., Ardilla Arias, A. N., & Reyes Calle, Julina. (2013). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la institución universitaria colegio mayor de Antioquia, Colombia. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 275-283.

Bixquert Ariño, F. J. (2013). *Estudio de la vegetación en el humedal artificial tancat de la pipa y en el filtroverde v-30: Determinación de la biomasa vegetal y su contenido nutritivo, evaluación de la velocidad de crecimiento y asimilación de nutrientes*. Universidad Politécnica de Valencia.

Blas Cerda, A. R. (2018). *Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia-departamento de Huánuco*. Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo.

Brault, J. M., & Marmanillo, I. (2020). *Tres soluciones para una mejor gestión de las aguas residuales en Guayaquil, Ecuador*.

CAMICON. (2022). *Revista construcción*.

COA. (2018). *Código orgánico del ambiente*.

- CONAGUA. (2015b). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales*.
- Constitución del Ecuador. (2012). *Elementos constitutivos del estado*.
- Contraloría General del Estado. (2023). *Salarios mano de obra*.
- Cooper, P. F. (1996). *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*. WRc, Severn Trent Water.
- De Lemos Chernicharo, C. A. (2007). *Biological wastewater treatment series: Anaerobic reactors* (Vol. 4). IWA Publishing.
- Eddy, M. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización*. McGraw-Hill.
- EPA. (1999). *Free water surface wetlands for wastewater treatment*.
- EPA. (2000a). *Constructed wetlands treatment of municipal wastewaters*.
- EPA. (1993a). *Surface flow constructed wetlands for water treatment*.
- Fernández González, J., de Miguel Beascochea, E., de Miguel Muñoz, J., & Curt Fernández de la Mora, M. D. (2010). *Manual de fitodepuración, filtros de macrofitas en flotación*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Hernández de Pool, D. (1990). *Contaminación ambiental: Causas, efectos y control*. Universo de Venezuela.
- Hispagua. (2014). *El 70% de las aguas residuales de América latina vuelven a los ríos sin depurar*.
- IERSE. (2022). *Paute Atlas Cantonal*. Universidad del Azuay. Casa Editora.

- López Linares, E. Y., & Rodríguez Álvarez, M. J. (2016). Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial como tratamiento de agua residual doméstica en la vereda Bajos de Yerbabuena en el municipio de Chía, Cundinamarca. *Universidad de la Salle*.
- Lopez Vazquez, C. M., Méndez, G. B., Carrillo, F. J. C., & García, H. A. H. (2017). *Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño*. IWA Publishing.
- Madera, C. A., Silva, J. P., & Peña, M. R. (2005). Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanque séptico—Filtro anaerobio y humedales subsuperficiales. *Ingeniería y Competitividad*, 7(2), 5-10.
- Metcalf, E. (1977). *Tratamiento y Depuración de Las aguas residuales* (1977.^a ed.). Labor, S.A.
- Moncayo Loaiza, M., & Grijalba Zarama, D. (2017). Eficiencia de filtros anaerobios de flujo ascendente en aguas residuales de la granja experimental botana. *Universidad de Nariño*.
- Montes Lino, O. (2018). *Implementación de biofiltro en un biodigestor autolimpiable para el tratamiento de agua residual doméstica del AA.HH. Las Garas-Carabayllo*. Universidad César Vallejo.
- Nasr, F., & Haroun, B. (2013). Treatment of domestic wastewater using conventional and baffled septic tanks. *Environmental technology*, 34, 2337-2343.
- Odum, E. (1972). *Ecología* (Tercera). Nueva Editorial Interamericana.
- ONU. (2014). *Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015*.
- OPS. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización*.
- Pérez Salazar, R., Alfaro Chinchilla, C., Sasa Marín, J., & Agüero Pérez, J. (2013). Evaluación del funcionamiento de un sistema alternativo de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Uniciencia*, 27(1), 332-340.

- Prieto Parisaca, A., & Velasquez Ponce, V. R. (2018). Diseño, construcción y evaluación de un reactor de filtro anaerobio de flujo ascendente (fafa) a nivel de laboratorio para el tratamiento de agua residual doméstica. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
- Quispe Pérez, M. L., Piñas Rivera, L. R., Del Valle Gonzalez, J. R., & Aguirre Chávez Felipe. (2020). *Aplicaciones tecnológicas de tratamientos de aguas residuales*. Nosótrica Ediciones.
- Reed, S. C., & Brown, D. (1995). Subsurface flow wetlands: A performance evaluation. *Water Environment Research*, 67(2), 244-248.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *IS.020 Tanques sépticos*.
- Ríos Garay, J. G., & Cisneros Pariona, L. Z. (2019). *Eficiencia de un biodigestor en el tratamiento de agua residual domestica a nivel familiar en la Asociación " los Viquez " Carapongo-Lurigancho Chosica-Lima*. Universidad Peruana Unión.
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño*. Escuela colombiana de ingeniería.
- ROTOPLAS. (2014). *Ficha técnica del biodigestor autolimpiable Rotoplas*.
- Rusell, D. L. (2012). *Tratamiento de aguas residuales-un enfoque práctico* (1ra Edición). Editorial Reverté.
- Solís Silván, R., López Ocaña, G., Bautista Margulis, R. G., Hernández Barajes, J. R., & Romellón Cerino, M. J. (2016). *Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófita*. 41.
- TULSMA. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*.

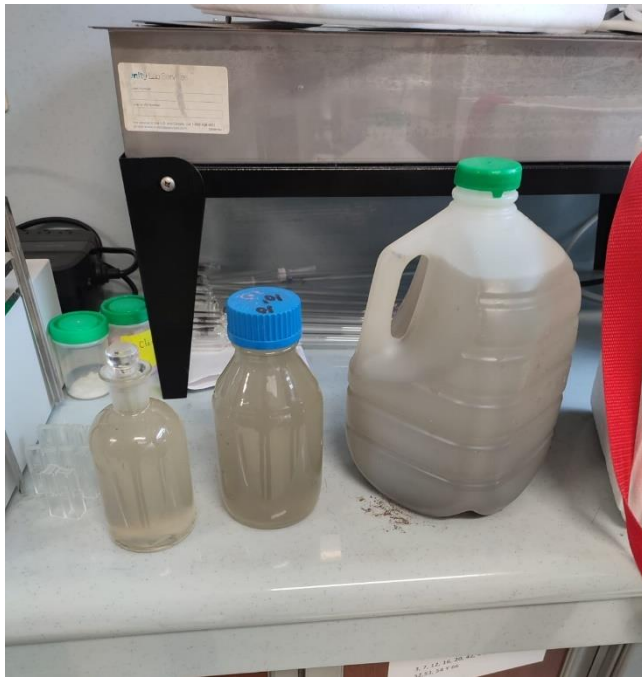
Wallace, S., & Knight, R. (2006). *Feasibility, design criteria, and O&M requirements for small scale constructed wetland wastewater treatment systems*. IWA Publishing.

Wood, A. (1995). Constructed wetlands in water pollution control: Fundamentals to their understanding. *Wetland Systems for Water Pollution Control 1994*, 32(3), 21-29.

ANEXOS







UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

| RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL | |
|---|--|
| Muestra procedencia: | Hostería Uzhupud Garden.- Cantón Paute.- Provincia del Azuay |
| Tipo de fuente: | Agua Residual |
| Fecha de toma: | 18 de mayo de 2023 |
| Fecha de análisis: | 18 de mayo de 2023 |
| Condiciones Climatológicas: | Soleado |
| Análisis solicitado por: | Luis Quilambaqui - Freddy Vera |

| PARAMETROS | Agua Residual | UNIDAD | OBSERVACIONES |
|-----------------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| PARAMETROS QUIMICOS | | | |
| pH | 6,60 | | |
| ALCALINIDAD TOTAL | 156,6 | mg/l, CaCO ₃ | |
| CLORUROS | 42,1 | mg/l | |
| N. NITRATOS | 0,388 | mg/l | como Nitrógeno |
| NITROGENO AMONIAICAL | 26,88 | mg/l | como Nitrógeno |
| FOSFORO REACTIVO | 2,010 | mg/l | como Fósforo |
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO | 263,50 | mg/l | |
| DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO | 364,72 | mg/l | |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES | 40,0 | ml/L | |
| SOLIDOS TOTALES | 1370,0 | mg/l | |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 365,5 | mg/l | |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES | 108,6 | mg/l | |
| PARAMETROS BACTERIOLOGICOS | | | |
| COLIFORMES TOTALES | 4,80E+06 | NMP/100 ml | 24H - 35°C |
| COLIFORMES FECALES | 2,40E+06 | NMP/100 ml | 24H - 35°C |

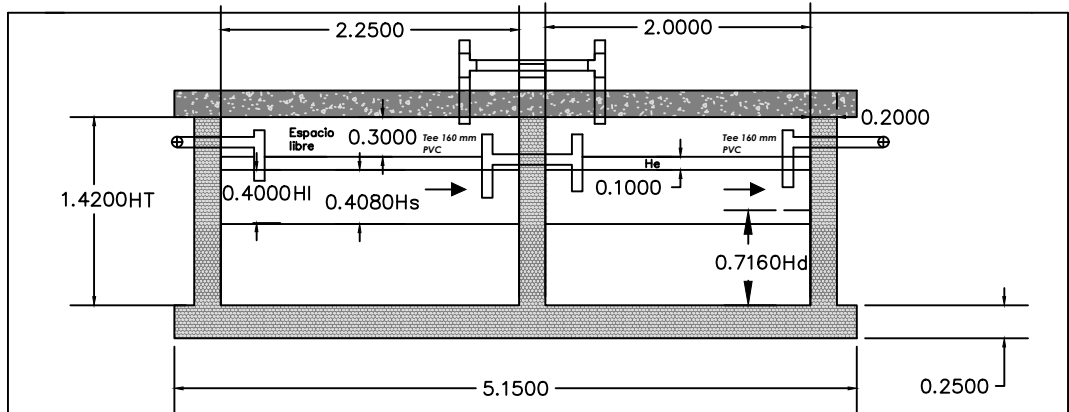
Responsable



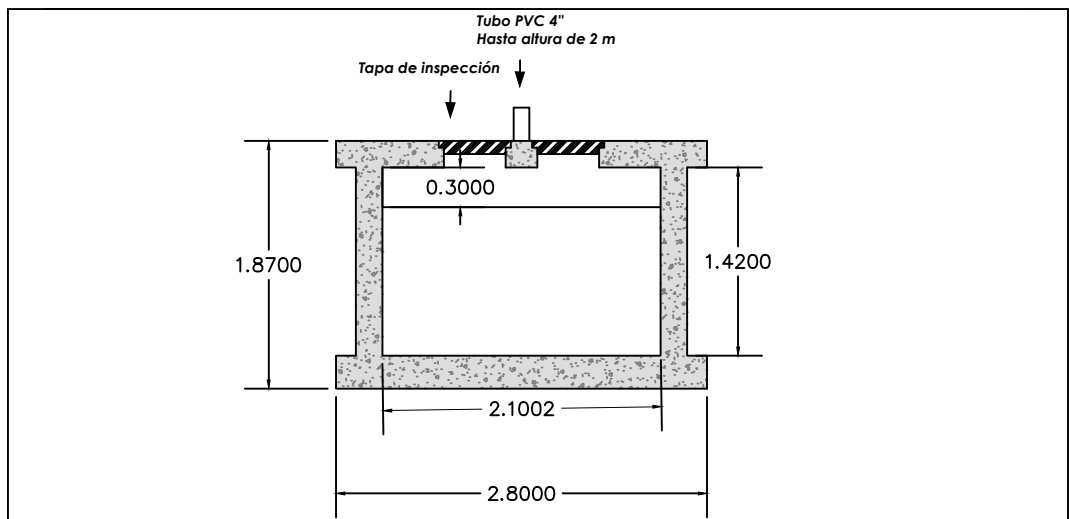
firmado electrónicamente por:
GLADYS GUILLERMINA
PAUTA CALLE

Dra. Guillermina Pauta C.
DIRECTORA DE LABORATORIO

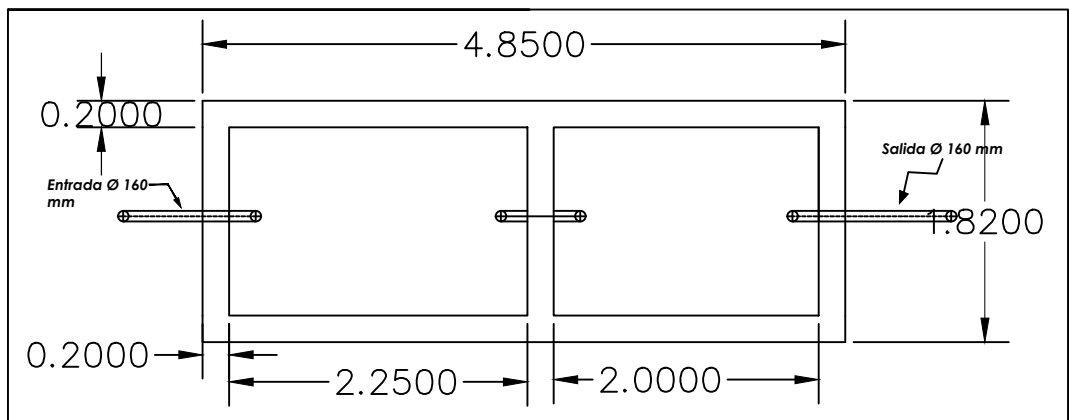





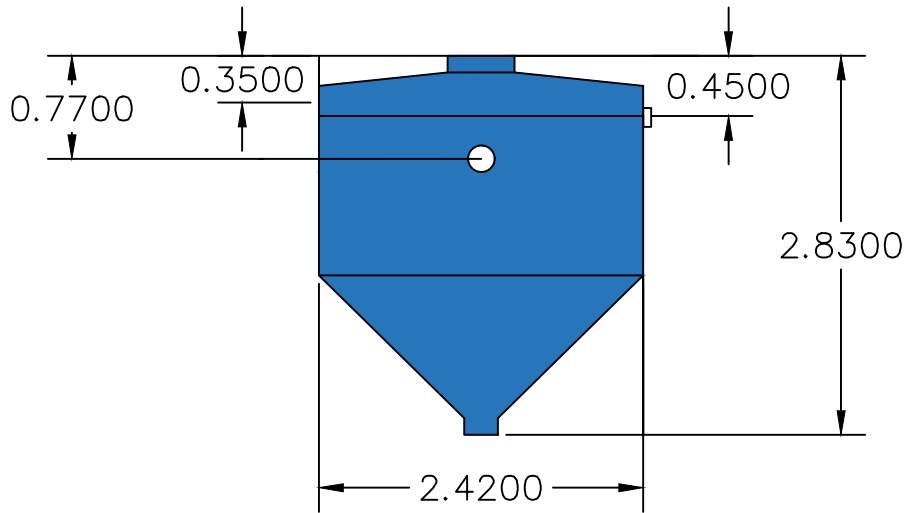
Corte A-A



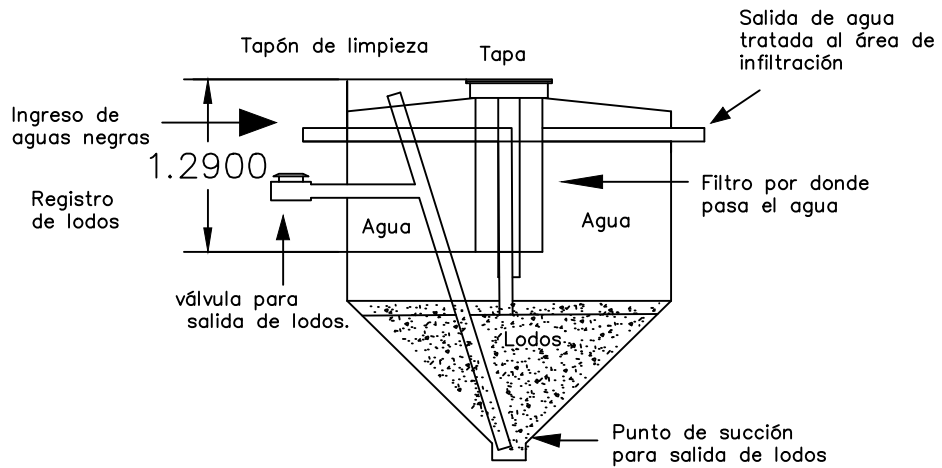
Corte B-B



| | | | | |
|------------|-----------------------|------------|---|--|
| | Nombre | Fecha | Ingeniería Civil SEDE MATRIZ CUENCA |  UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA |
| Dibujado | Luis Q – Freddy V | 01/07/2023 | | |
| Comprobado | Ing. Andres Maza | 04/07/2023 | | |
| Proyección | DISEÑO TANQUE SÉPTICO | | | Escala: 1:500 Lámina N° 01/01 |

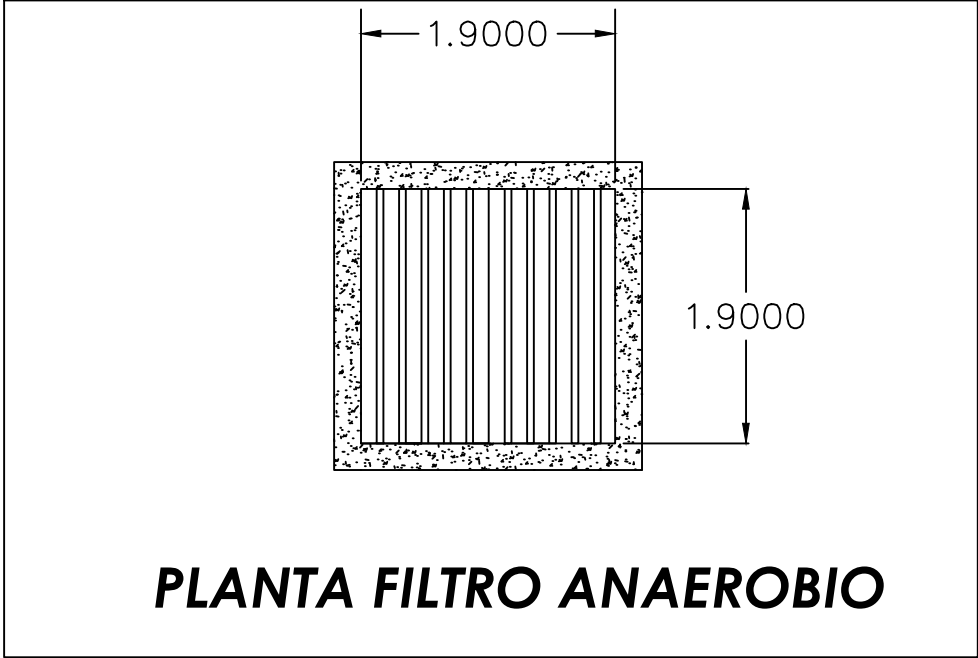
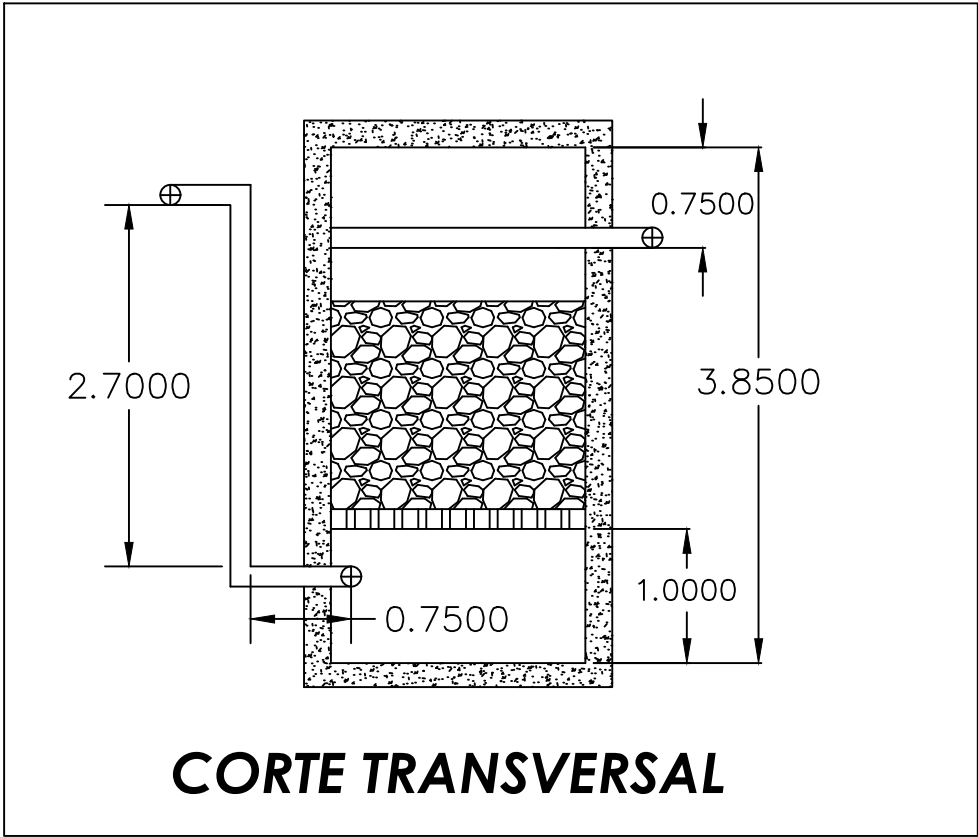



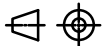
BIODIGESTOR AUTOLIMPIABLE 7000 Lt

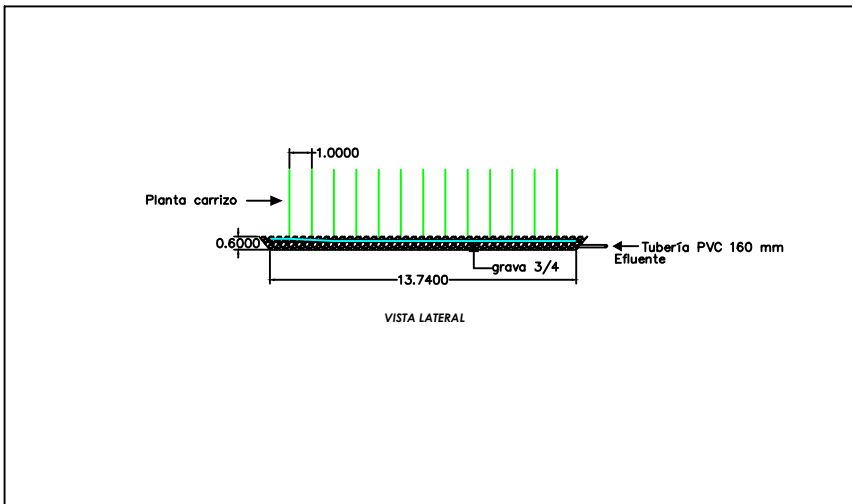
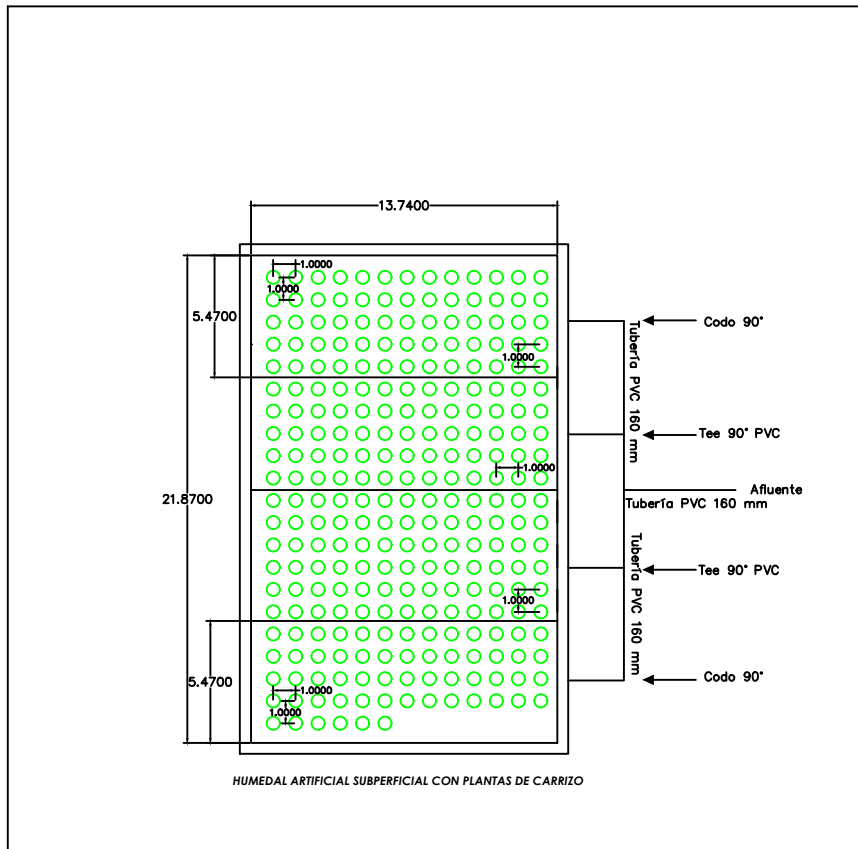




FUNCIONAMIENTO

| | | | | |
|------------|-------------------|------------|---|--------------------------------------|
| | Nombre | Fecha | Ingeniería Civil SEDE MATRIZ CUENCA | UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA |
| Dibujado | Luis Q - Freddy V | 01/07/2023 | | |
| Comprobado | Ing. Andres Maza | 04/07/2023 | | |
| Proyección | BIODIGESTOR | | | Escala: 1:50 |
| | | | | Lámina N° 04/04 |



| | | | | |
|---|---|------------|---|--|
| | Nombre | Fecha | Ingeniería Civil SEDE MATRIZ CUENCA |  UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA |
| Dibujado | Luis Q - Freddy V | 01/07/2023 | | |
| Comprobado | Ing. Andres Maza | 04/07/2023 | | |
| Proyección | DISEÑO DE FILTRO ANAEROBIO CON FILTRO ASCENDENTE (FAFA) | | | Escala: 1:50 |
|  | | | | Lámina N° 02/02 |



| | | | | |
|---|------------------------------|------------|---|--|
| | Nombre | Fecha | Ingeniería Civil SEDE MATRIZ CUENCA |  UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA |
| Dibujado | Luis Q – Freddy V | 01/07/2023 | | |
| Comprobado | Ing. Andres Maza | 04/07/2023 | | |
| Proyección | DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL | | | Escala: 1:500 |
|  | | | | Lámina N° 03/03 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.42775 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 0.45775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.09155 |
| VALOR TOTAL | | | | | 0.5493 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Excavación manual suelo natural h=0-2m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | 1 | | | | 0.65 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.65 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1.75 | 14.175 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.175 | 0.79625 |
| SUBTOTAL | | | | | 14.97125 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 15.62125 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 3.12425 |
| VALOR TOTAL | | | | | 18.7455 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Relleno compactado con suelo natural

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.2 |
| Plancha vibratoria, potencia 1.55 kW | 1 | 4.5 | 4.5 | 0.5 | 2.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.45 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1 | 8.1 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 1 | 0.455 |
| SUBTOTAL | | | | | 8.555 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Agua en obra | | lt | 1 | 0.05 | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 11.055 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.211 |
| VALOR TOTAL | | | | | 13.266 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desalojo de material

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Volqueda 8m3 | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.04 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.04 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Chofer | 1 | 5.95 | 5.95 | 0.08 | 0.476 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.08 | 0.3328 |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.08 | 0.364 |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.08 | 0.324 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.4968 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 3.5368 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.70736 |
| VALOR TOTAL | | | | | 4.24416 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Hormigón f'c = 240 kg/cm2

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|---|----------|-----------|------------|-------------|------------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.76 |
| Concretera | 1 | 3.75 | 3.75 | 0.85 | 3.1875 |
| Parihuelas | 1 | 0.15 | 0.15 | 0.85 | 0.1275 |
| SUBTOTAL | | | | | 4.075 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 4 | 4.05 | 16.2 | 0.85 | 13.77 |
| Operador de equipo liviano | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.85 | 3.485 |
| Maestro mayor en ejecución | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.085 | 0.38675 |
| SUBTOTAL | | | | | 17.64175 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos tipo HS | | m3 | 6.87 | 8.3 | 57.021 |
| Agua en obra | | lt | 175 | 0.05 | 8.75 |
| Arena | | m3 | 1 | 17 | 17 |
| Grava | | m3 | 1 | 22 | 22 |
| SUBTOTAL | | | | | 104.771 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 126.48775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 25.29755 |
| VALOR TOTAL | | | | | 151.7853 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO:

MALLA ELECTROSOLDADA CORRUG A50 7-15

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.07 | 0.2835 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.07 | 0.287 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.07 | 0.03185 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.60235 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Malla electrosoldada corrug A50 7-15 | | m2 | 1.05 | 4.74 | 4.977 |
| SUBTOTAL | | | | | 4.977 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 5.60935 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.12187 |
| VALOR TOTAL | | | | | 6.73122 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Encofrado y desencofrado

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | 1 | 0.25 | 0.25 | 0.5 | 0.125 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.125 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.2 | 1.62 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.2 | 0.82 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.3 | 1.365 |
| SUBTOTAL | | | | | 3.805 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Tabla ordinaria de 28 x 2.5 x 300 cm | | u | 0.84 | 2.5 | 2.1 |
| Clavos | | u | 0.15 | 0.75 | 0.1125 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.2125 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 6.1425 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.2285 |
| VALOR TOTAL | | | | | 7.371 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.42775 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 0.45775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.09155 |
| VALOR TOTAL | | | | | 0.5493 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Excavación manual suelo natural h=0-2m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | 1 | | | | 0.65 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.65 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1.75 | 14.175 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.175 | 0.79625 |
| SUBTOTAL | | | | | 14.97125 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 15.62125 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 3.12425 |
| VALOR TOTAL | | | | | 18.7455 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Relleno compactado con suelo natural

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.2 |
| Plancha vibratoria, potencia 1.55 kW | 1 | 4.5 | 4.5 | 0.5 | 2.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.45 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1 | 8.1 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 1 | 0.455 |
| SUBTOTAL | | | | | 8.555 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Agua en obra | | lt | 1 | 0.05 | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 11.055 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.211 |
| VALOR TOTAL | | | | | 13.266 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desalojo de material

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Volqueda 8m3 | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.04 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.04 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Chofer | 1 | 5.95 | 5.95 | 0.08 | 0.476 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.08 | 0.3328 |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.08 | 0.364 |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.08 | 0.324 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.4968 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 3.5368 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.70736 |
| VALOR TOTAL | | | | | 4.24416 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Biodigestor autolimpiable (Rotoplas) 7000 lt

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|--------------|-------------|--------------|-----------------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) Minicargadora de ruedas-uñas de montacarga | 1 | 20.83 | 20.83 | 0.04 | 0.8332 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.1732 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón Operador mini cargadora | 2 1 | 4.05 4.33 | 8.1 4.33 | 0.08 0.04 | 0.648 0.1732 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.8212 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Biodigestor autolimpiable (Rotoplas) 7000 lt | | u | 1 | 4499 | 4499 |
| SUBTOTAL | | | | | 4499 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 4500.9944 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 900.19888 |
| VALOR TOTAL | | | | | 5401.19328 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Tubo PVC desagüe 160mmX3m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.11 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.11 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.05 | 0.2025 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.05 | 0.205 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.43025 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Tubería PVC 160mm x 3m | | m | 1 | 7.23 | 7.23 |
| SUBTOTAL | | | | | 7.23 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 7.77025 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.55405 |
| VALOR TOTAL | | | | | 9.3243 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Codo 90° PVC D= 160mm

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.1 | 0.41 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.41 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Codo 90° PVC D= 160mm | | u | 1 | 15.86 | 15.86 |
| SUBTOTAL | | | | | 15.86 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 16.32 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 3.264 |
| VALOR TOTAL | | | | | 19.584 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: TEE PVC desagüe 160mm

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.1 | 0.41 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.41 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| TEE PVC desagüe 160mm | | u | 1 | 10.18 | 10.18 |
| SUBTOTAL | | | | | 10.18 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 10.64 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.128 |
| VALOR TOTAL | | | | | 12.768 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construccion menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecucion de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.42775 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 0.45775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.09155 |
| VALOR TOTAL | | | | | 0.5493 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Excavación con maquina

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.08 | 2 |
| SUBTOTAL | | | | | 2 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.08 | 0.324 |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.08 | 0.364 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.08 | 0.3328 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.0208 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 3.0208 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.60416 |
| VALOR TOTAL | | | | | 3.62496 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Relleno compactado con suelo natural

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construccion menor (5% M.O.) | | | | | 0.2 |
| Plancha vibratoria, potencia 1.55 kW | 1 | 4.5 | 4.5 | 0.5 | 2.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.45 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1 | 8.1 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 1 | 0.455 |
| SUBTOTAL | | | | | 8.555 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 11.005 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.201 |
| VALOR TOTAL | | | | | 13.206 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desalojo de material

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Volqueda 8m3 | 1 | 25 | 25 | 0.04 | 1 |
| Herramienta manual y menor de construccion menor (5% M.O.) | | | | | 0.04 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.04 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Chofer | 1 | 5.95 | 5.95 | 0.08 | 0.476 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.08 | 0.3328 |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.08 | 0.364 |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.08 | 0.324 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.4968 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 3.5368 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.70736 |
| VALOR TOTAL | | | | | 4.24416 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Hormigon f'c = 240 kg/cm2

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|---|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construccion menor (5% M.O.) | | | | | 0.76 |
| Concretera | 1 | 3.75 | 3.75 | 0.85 | 3.1875 |
| Parihuelas | 1 | 0.15 | 0.15 | 0.85 | 0.1275 |
| SUBTOTAL | | | | | 4.075 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 4 | 4.05 | 16.2 | 0.85 | 13.77 |
| Operador de equipo liviano | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.85 | 3.485 |
| Maestro mayor en ejecución | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.085 | 0.38675 |
| SUBTOTAL | | | | | 17.64175 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Cemento hidráulico de alta resistencia a los sulfatos tipo HS | | m3 | 6.87 | 8.3 | 57.021 |
| Agua en obra | | lt | 175 | 0.05 | 8.75 |
| Arena | | m3 | 1 | 17 | 17 |
| Grava | | m3 | 1 | 22 | 22 |
| SUBTOTAL | | | | | 104.771 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 126.48775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 25.29755 |
| VALOR TOTAL | | | | | 151.7853 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO:

MALLA ELECTROSOLDADA CORRUG A50 7-15

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.07 | 0.2835 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.07 | 0.287 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.07 | 0.03185 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.60235 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Malla electrosoldada corrug A50 7-15 | | m2 | 1.05 | 4.74 | 4.977 |
| SUBTOTAL | | | | | 4.977 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 5.60935 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.12187 |
| VALOR TOTAL | | | | | 6.73122 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Encofrado y desencofrado

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | 1 | 0.25 | 0.25 | 0.5 | 0.125 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.125 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.2 | 1.62 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.2 | 0.82 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.3 | 1.365 |
| SUBTOTAL | | | | | 3.805 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Tabla ordinaria de 28 x 2.5 x 300 cm | | u | 0.84 | 2.5 | 2.1 |
| Clavos | | kg | 0.15 | 0.75 | 0.1125 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.2125 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 6.1425 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.2285 |
| VALOR TOTAL | | | | | 7.371 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO:

Tubo PVC desagüe 160mmX3m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.11 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.11 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.05 | 0.2025 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.05 | 0.205 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.43025 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Tubería PVC 160mm x 3m | | m | 1 | 7.23 | 7.23 |
| SUBTOTAL | | | | | 7.23 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 7.77025 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.55405 |
| VALOR TOTAL | | | | | 9.3243 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Codo 90° PVC D= 160mm

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.1 | 0.41 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.41 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Codo 90° PVC D= 160mm | | u | 1 | 15.86 | 15.86 |
| SUBTOTAL | | | | | 15.86 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 16.32 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 3.264 |
| VALOR TOTAL | | | | | 19.584 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Instalación y colocación de filtro

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.04 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.04 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 1 | 4.05 | 4.05 | 0.1 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.1 | 0.0455 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.4505 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Grava 3/4 | | m3 | 1 | 20 | 20 |
| SUBTOTAL | | | | | 20 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 20.4905 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 4.0981 |
| VALOR TOTAL | | | | | 24.5886 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desbroce y limpieza del terreno

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.42775 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 0.45775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.09155 |
| VALOR TOTAL | | | | | 0.5493 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Excavación con maquina

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.05 | 1.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.25 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.05 | 0.2275 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.05 | 0.208 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.4355 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 1.6855 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.3371 |
| VALOR TOTAL | | | | | 2.0226 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Relleno compactado con suelo natural

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.2 |
| Plancha vibratoria, potencia 1.55 kW | 1 | 4.5 | 4.5 | 0.5 | 2.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.45 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 1 | 8.1 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 1 | 0.455 |
| SUBTOTAL | | | | | 8.555 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Agua en obra | | lt | 1 | 0.05 | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 11.055 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.211 |
| VALOR TOTAL | | | | | 13.266 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Desalojo de material

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Retroexcavadora | 1 | 25 | 25 | 0.05 | 1 |
| Volqueda 8m3 | 1 | 25 | 25 | 0.05 | 1.25 |
| SUBTOTAL | | | | | 2.25 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Chofer | 1 | 5.95 | 5.95 | 0.05 | 0.2975 |
| Ayudante de maquinaria | 1 | 4.16 | 4.16 | 0.05 | 0.208 |
| Operador de retroexcavadora | 1 | 4.55 | 4.55 | 0.05 | 0.2275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.733 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 2.983 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.5966 |
| VALOR TOTAL | | | | | 3.5796 |

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Tubo PVC desague 160mmX3m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.11 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.11 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.05 | 0.205 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.63275 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Tuberia PVC 160mm x 3m | | m | 1 | 7.23 | 7.23 |
| SUBTOTAL | | | | | 7.23 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 7.97275 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.59455 |
| VALOR TOTAL | | | | | 9.5673 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Codo 90° PVC D= 160mm

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.1 | 0.41 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.41 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Codo 90° PVC D= 160mm | | u | 1 | 15.86 | 15.86 |
| SUBTOTAL | | | | | 15.86 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 16.32 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 3.264 |
| VALOR TOTAL | | | | | 19.584 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: TEE PVC desagüe 160mm

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Albañil | 1 | 4.1 | 4.1 | 0.1 | 0.41 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.41 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| TEE PVC desagüe 160mm | | u | 1 | 10.18 | 10.18 |
| SUBTOTAL | | | | | 10.18 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 10.64 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 2.128 |
| VALOR TOTAL | | | | | 12.768 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO:

Geomembrana de polietileno de alta densidad HDPE 1.50 mm GM 7.50m x 140m

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.05 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.05 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 4 | 4.05 | 16.2 | 0.1 | 1.62 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.1 | 0.0455 |
| SUBTOTAL | | | | | 1.6655 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Geomembrana de polietileno de alta densidad HDPE 1.50 mm GM 7.50m x 140m | | u | 1 | 5.9 | 5.9 |
| SUBTOTAL | | | | | 5.9 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 7.6155 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 1.5231 |
| VALOR TOTAL | | | | | 9.1386 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Instalacion y colocacion del filtro

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.04 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.04 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1 | 4.55 | 0.455 | 0.05 | 0.02275 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.42775 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| Grava 3/4 | | m3 | 1 | 20 | 20 |
| SUBTOTAL | | | | | 20 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 20.46775 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 4.09355 |
| VALOR TOTAL | | | | | 24.5613 |

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Nombre del proyecto:
Nombres de ejecutores:

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LA HOSTERIA UZUPHUD
Freddy Vera y Luis Quilambaqui

RUBRO: Plantación de plantas carrizo

DETALLE:

| EQUIPOS | | | | | |
|--|----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Herramienta manual y menor de construcción menor (5% M.O.) | | | | | 0.03 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.03 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCION | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA | RENDIMIENTO | COSTO |
| | A | B | C = A X B | R | D = C X R |
| Peón | 2 | 4.05 | 8.1 | 0.05 | 0.405 |
| SUBTOTAL | | | | | 0.405 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCION | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | | | 0 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | DISTANCIA | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | A | B | C = A X B |
| | | | | | |
| SUBTOTAL | | | | | |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | | | 0.435 |
| COSTO INDIRECTO (20%) | | | | | 0.087 |
| VALOR TOTAL | | | | | 0.522 |

1.- Descripción

El Biodigestor Autolimpiable Rotoplas es un sistema para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica. El agua tratada es infiltrada hacia el terreno aledaño mediante una zanja de infiltración, pozo de absorción humedal artificial según el tipo de terreno y zona.

2.- Registro de Productos Industriales Nacionales (RPIN)
N° 150107390099C**3.- Material**

Polietileno 100% Virgen

4.- Color

Negro

5.- Especificaciones Técnicas

| Medidas | 600 l. | 1 300 l. | 3 000 l. | 7 000 l. |
|---------|--------|----------|----------|----------|
| A | 0.85 m | 1.15 m | 1.45 m | 2.36 m |
| B | 1,64 m | 1,96 m | 2.67 m | 2.65 m |
| C | 1.07 m | 1.25 m | 1.75 m | 1.36 m |
| D | 0.95 m | 1.15 m | 1.54 m | 1.25 m |
| E | 0.32 m | 0.45 m | 0.72 m | 1.10 m |
| F | 0.24 m | 0.24 m | 0.20 m | 0.26 m |
| G | 0.55 m | 0.55 m | 0.55 m | 0.55 m |
| H | 0.03 m | 0.03 m | ---- | 0.08 m |
| I | 4" | 4" | 4" | 4" |
| J | 2" | 2" | 2" | 2" |
| K | 2" | 2" | 2" | 2" |
| L | 45° | 45° | 45° | 45° |
| M | 0.66 m | 0.89 m | 0.89 m | 0.89 m |
| N | 0.35 m | 0.318 m | 0.318 m | 0.318 m |

Biodigestor Autolimpiable Rotoplas