



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA  
MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE  
COTOPAXI”**

---

**AUTOR:** Alex Steven Fernández Atiaja

**TUTOR:** Ing. Fabián Rodrigo Morales Fiallos, Mg.

**AMBATO – ECUADOR**

**Agosto - 2023**

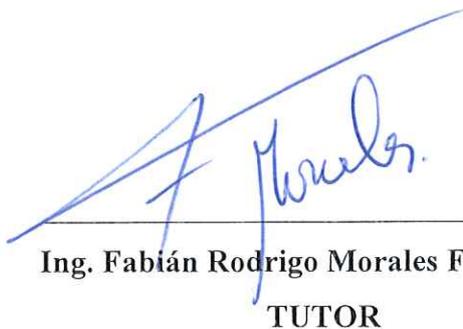
## APROBACIÓN DEL TUTOR.

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. Alex Steven Fernández Atiaja, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 0504087834, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2023



---

Ing. Fabián Rodrigo Morales Fiallos, Mg.  
TUTOR

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Alex Steven Fernández Atiaja**, con C.I. 0504087834 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, así como también los análisis estadísticos, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2023



**Alex Steven Fernández Atiaja**

**C.I. 0504087834**

**AUTOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2023



---

**Alex Steven Fernández Atiaja**

**C.I. 0504087834**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe de Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Alex Steven Fernández Atiaja de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, agosto 2023

Para constancia firman:

  
Ing. Mayra Alexandra Viscaino Cuzco, Mg.  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

  
Ing. María Fernanda Pico Nuñez, Mg.  
**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

Este presente trabajo se lo dedico a mis seres queridos que han sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida y carrera académica. En especial a mis padres Walter y Blanca quienes con su amor incondicional me apoyaron y me dieron la fuerza de voluntad que me impulsó a lo largo de la carrera.

A mi hermano Eduardo, quien ha sabido ser mi compañero de risas y tristezas en los momentos más difíciles.

A mi abuelita Aida, quien siempre ha estado ahí para apoyarme y aconsejarme con su sabiduría y fortaleza.

Por último, a mi mascota Black que con su amor y cariño ha sido un apoyo emocional silencioso y siempre presente.

**Alex Fernández**

## **AGRADECIMIENTO**

En primero lugar, quiero agradecer a Dios por haberme dado la vida y salud para cumplir con mi sueño.

A mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo y motivación en todo momento. Gracias por su amor incondicional, su paciencia, su dedicación y por haberme enseñado la importancia de trabajar duro para conseguir lo que uno quiere.

Un agradecimiento especial a mi hermano Eduardo, quien siempre ha estado ahí para mí, brindándome su apoyo incondicional y motivándome a seguir adelante cuando las cosas se ponían difíciles.

A mi abuelita Aida, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida y quien me ha brindado su amor y su sabiduría en todo momento. Gracias por ser una fuente de inspiración y por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia.

A la Universidad Técnica de Ambato por haberme brindado la oportunidad de estudiar y de adquirir conocimientos que me han permitido crecer académicamente. Me siento afortunado de haber formado parte de tan prestigiosa institución.

A mis compañeros de clase, ahora mis amigos quienes han sido parte fundamental de mi experiencia universitaria.

Finalmente, quiero agradecer a todos mis seres queridos que de una u otra forma siempre me apoyaron.

**Alex Fernández**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>iii</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR .....</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>x</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes investigativos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.1 Objetivo General .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Materiales .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 Materiales para el cumplimiento del objetivo 1.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.2 Materiales para el cumplimiento del objetivo 2.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1.3 Materiales para el cumplimiento del objetivo 3.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Métodos .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.1 Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.2 Etapa II: Investigación de campo .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 Etapa III: Análisis de laboratorio de las muestras del agua residual... 14</b>	
<b>2.2.4 Etapa IV: Comparación y verificación de resultados obtenidos.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.5 Etapa V: Propuesta de mejoras de la PTAR.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>17</b>

3.1	Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR .....	17
3.2	Etapa II: Investigación de campo .....	24
3.3	Etapa III: Análisis de laboratorio de las muestras del agua residual.....	43
3.4	Etapa IV: Comparación y verificación de resultados obtenidos.....	47
3.4.1	Diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la PTAR.....	47
3.1.4.2	Verificación de hipótesis .....	60
3.1.5	Etapa V: Propuesta de mejoras de la PTAR.....	62
3.1.5.1	Mejora 1: Implementación de macrófitos flotantes en el FAFA .....	62
3.1.5.2	Mejora 2: Rediseño del lecho de secado de lodos con una cubierta...	65
3.1.5.3	Mejora 3: Implementación de señalética.....	75
3.1.5.4	Plan de mantenimiento y operación de la PTAR.....	76
3.1.5.5	Presupuesto referencial.....	84
	<b>CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
4.1	Conclusiones.....	87
4.2	Recomendaciones.....	89
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>90</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO 1: PLANOS.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANEXO 2: RESULTADOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>100</b>
	<b>ANEXO 3: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Materiales para el cumplimiento del objetivo 1 .....	9
<b>Tabla 2.</b> Materiales para el cumplimiento del objetivo 2 .....	10
<b>Tabla 3.</b> Equipos de seguridad para el cumplimiento del objetivo 2 .....	11
<b>Tabla 4.</b> Parámetros analizados en la muestra compuesta de agua residual. ....	15
<b>Tabla 5.</b> Medidas de la caja de alivio .....	25
<b>Tabla 6.</b> Medidas de la rejilla de cribado .....	25
<b>Tabla 7.</b> Medidas del cajón repartidor.....	27
<b>Tabla 8.</b> Medidas de la rejilla de cribado .....	27
<b>Tabla 9.</b> Medidas del tanque séptico .....	29
<b>Tabla 10.</b> Medidas del filtro anaerobio de flujo ascendente .....	30
<b>Tabla 11.</b> Medidas del filtro percolador .....	31
<b>Tabla 12.</b> Medidas del lecho de secado de lodos .....	33
<b>Tabla 13.</b> Caudales de ingreso desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023 .....	34
<b>Tabla 14.</b> Caudales de ingreso desde miércoles 11 de marzo hasta viernes 20 de marzo de 2023 .....	35
<b>Tabla 15.</b> Caudales de ingreso desde miércoles 21 de marzo hasta viernes 30 de marzo de 2023 .....	35
<b>Tabla 16.</b> Promedio hora de la medición de caudales de entrada por día (l/s).....	36
<b>Tabla 17.</b> Estadística descriptiva caudales promedio de entrada .....	36
<b>Tabla 18.</b> Caudales de salida desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023 .....	37
<b>Tabla 19.</b> Caudales de salida desde miércoles 11 de marzo hasta viernes 20 de marzo de 2023 .....	38
<b>Tabla 20.</b> Caudales de salida desde miércoles 21 de marzo hasta viernes 30 de marzo de 2023 .....	38
<b>Tabla 21.</b> Promedio hora de la medición de caudales de salida por día (l/s) .....	39
<b>Tabla 22.</b> Estadística descriptiva caudales promedio de salida.....	39
<b>Tabla 23.</b> Valores de la muestra compuesta del afluente .....	42
<b>Tabla 24.</b> Valores de la muestra compuesta del efluente .....	42
<b>Tabla 25.</b> Comparación de resultados de las muestras analizadas .....	44

<b>Tabla 26.</b> Porcentaje de eficiencia en la depuración de contaminantes .....	46
<b>Tabla 27.</b> Comparación con los parámetros de diseño de la rejilla en la caja de alivio .....	49
<b>Tabla 28.</b> Comparación con los parámetros de diseño de la rejilla en el cajón desarenador .....	49
<b>Tabla 29.</b> Población de la parroquia Mulliquindil 1990-2010 .....	51
<b>Tabla 30.</b> Datos para el diagnóstico del tanque séptico .....	52
<b>Tabla 31.</b> Comparación con los parámetros de diseño del tanque séptico .....	53
<b>Tabla 32.</b> Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio flujo ascendente. ....	54
<b>Tabla 33.</b> Comparación con los parámetros de diseño del FAFA.....	55
<b>Tabla 34.</b> Datos para el diagnóstico del filtro percolador .....	56
<b>Tabla 35.</b> Comparación con los parámetros de diseño del filtro percolador.....	57
<b>Tabla 36.</b> Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos.....	58
<b>Tabla 37.</b> Tiempo requerido para la digestión de lodos según la temperatura.....	59
<b>Tabla 38.</b> Comparación con los parámetros de diseño del lecho de secado de lodos	60
<b>Tabla 39.</b> Cuadro resumen del funcionamiento actual de los componentes de la PTAR .....	61
<b>Tabla 40.</b> Presupuesto para la mejora 1: Implementación de macrófitos flotantes en el filtro anaerobio de flujo ascendente .....	64
<b>Tabla 41.</b> Datos para el rediseño del lecho de secado de lodos .....	65
<b>Tabla 42.</b> Estrés crítico disponible para miembros de compresión.....	70
<b>Tabla 43.</b> Tubería estructural cuadrada - Catálogo IPAC .....	71
<b>Tabla 44.</b> Tubería estructural rectangular - Catálogo IPAC.....	72
<b>Tabla 45.</b> Correas estructurales - Catálogo Ipac .....	73
<b>Tabla 46.</b> Presupuesto para la mejora 2: Rediseño del lecho de secado de lodos.....	75
<b>Tabla 47.</b> Presupuesto para la mejora 3: Implementación de señalética.....	76
<b>Tabla 48.</b> Mantenimiento de la caja de alivio y criba .....	77
<b>Tabla 49.</b> Mantenimiento del cajón repartidor de caudales y criba .....	78
<b>Tabla 50.</b> Mantenimiento del tanque séptico .....	79
<b>Tabla 51.</b> Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	80
<b>Tabla 52.</b> Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo percolador .....	81
<b>Tabla 53.</b> Mantenimiento del secado de lodos .....	82
<b>Tabla 54.</b> Mantenimiento general.....	83

<b>Tabla 55.</b> Pintura de las unidades hidráulicas .....	83
<b>Tabla 56.</b> Análisis físico-químico del agua.....	84
<b>Tabla 57.</b> Presupuesto único referencial .....	85
<b>Tabla 58.</b> Presupuesto anual referencial.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la PTAR.....	17
<b>Figura 2.</b> Entrevista a moradores del barrio Sur San Miguel.....	18
<b>Figura 3.</b> Barrio Sur San Miguel.....	18
<b>Figura 4.</b> Proliferación de vegetación.....	19
<b>Figura 5.</b> Unidades hidráulicas de la PTAR.....	20
<b>Figura 6.</b> Caja de alivio con rejilla de cribado.....	20
<b>Figura 7.</b> Cajón repartidor con rejilla de cribado.....	21
<b>Figura 8.</b> Tanque séptico.....	22
<b>Figura 9.</b> Filtro anaerobio de flujo ascendente.....	22
<b>Figura 10.</b> Filtro percolador.....	23
<b>Figura 11.</b> Lecho de secado de lodos.....	24
<b>Figura 12.</b> Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.....	24
<b>Figura 13.</b> Vista en planta de la caja de alivio con rejilla de cribado.....	25
<b>Figura 14.</b> Corte A-A: Vista transversal de la caja de alivio.....	26
<b>Figura 15.</b> Detalle de la rejilla de cribado.....	26
<b>Figura 16.</b> Corte Bz-Bz: Vista superior del cajón repartidor + criba.....	27
<b>Figura 17.</b> Detalle de la rejilla (criba).....	27
<b>Figura 18.</b> Corte B-B: Vista longitudinal del cajón repartidor con rejilla de cribado. .....	28
<b>Figura 19.</b> Corte B'-B': Vista transversal del cajón repartidor.....	28
<b>Figura 20.</b> Vista en planta del tanque séptico.....	29
<b>Figura 21.</b> Corte C-C: Vista longitudinal del tanque séptico.....	29
<b>Figura 22.</b> Vista en planta del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	30
<b>Figura 23.</b> Corte D-D: Vista transversal del filtro anaerobio de flujo ascendente....	31
<b>Figura 24.</b> Detalle del suelo falso.....	31
<b>Figura 25.</b> Vista en planta del filtro percolador.....	32
<b>Figura 26.</b> Corte G'-G': Vista longitudinal del filtro percolador.....	32
<b>Figura 27.</b> Corte G'-G': Vista transversal del filtro percolador.....	32
<b>Figura 28.</b> Vista en planta del lecho de secado de lodos.....	33
<b>Figura 29.</b> Vista en corte del lecho de secado de lodos.....	33
<b>Figura 30.</b> Medición de caudales de entrada por método del flotador.....	37

<b>Figura 31.</b> Medición de caudales de salida por método volumétrico.....	40
<b>Figura 32.</b> Recolección de muestra de entrada de agua residual de la PTAR.....	41
<b>Figura 33.</b> Recolección de muestra de salida de agua residual de la PTAR. ....	41
<b>Figura 34.</b> Etiquetado de las muestras compuestas recogidas de la PTAR.....	43
<b>Figura 35.</b> Conservación y transporte de muestras compuestas recogidas de la PTAR. .....	43
<b>Figura 36.</b> Representación gráfica del porcentaje de eficacia en el proceso de depuración de contaminantes. ....	46
<b>Figura 37.</b> Procesos unitarios de la PTAR. ....	47
<b>Figura 38.</b> Planta acuática Eichhornia crassipes. ....	63
<b>Figura 39.</b> Implantación de lechuguín (Eichhornia Crassipes).....	64
<b>Figura 40.</b> Vista en planta del lecho de secado de lodos rediseñado. ....	67
<b>Figura 41.</b> Detalle de armado del lecho de secado de lodos .....	68
<b>Figura 42.</b> Vista en planta de la cubierta del lecho de secado de lodos rediseñado..	73
<b>Figura 43.</b> Corte H-H: Vista transversal del lecho de secado de lodos rediseñado. .	74

## RESUMEN EJECUTIVO

La evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Barrio Sur San Miguel se llevó a cabo por diversos problemas, tales como la proliferación de vegetación indeseada, los olores desagradables presentes dentro de las instalaciones y en áreas cercanas, como resultado de la falta de mantenimiento apropiado en el sistema.

El trabajo experimental partió con la recolección de la información y el levantamiento topográfico de las dimensiones de los componentes. Se midieron los caudales de entrada y de salida de la planta de tratamiento con los cuales se determinaron los horarios de mayor demanda. Se recolectaron muestras compuestas del afluente y efluente y se analizaron las características físico-químicas en un laboratorio, con el fin de determinar los parámetros más importantes de la calidad del agua, estos resultados fueron comparados con la normativa TULSMA 2015, revelando que los niveles de pH, DQO, DBO5, sólidos suspendidos y sólidos totales, a excepción del nitrógeno amoniacal, están bajo los límites permitidos para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

Además, se realizó un diagnóstico de cada unidad hidráulica de la PTAR, determinando que, a excepción del lecho de secado de lodos, todas cumplen con los parámetros establecidos en las guías y manuales de diseño para plantas de tratamiento. Por último, se propuso soluciones como la implementación de macrófitos flotantes en la superficie del filtro anaeróbico, el rediseño del lecho de secado de lodos con una cubierta, un manual de operación y mantenimiento para la PTAR con su respectivo presupuesto referencial.

**Palabras claves:** PTAR, Agua residual, TULSMA, Nitrógeno amoniacal, Macrófitos flotantes.

## ABSTRACT

The assessment of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) was conducted due to various issues, including unwanted vegetation proliferation and unpleasant odors within the facilities and surrounding areas, resulting from inadequate system maintenance.

The experimental work began with data collection and a topographic survey of the component dimensions. Additionally, the inflow and outflow flow rates of the treatment plant were measured to determine peak demand hours. Composite samples of influent and effluent were collected and analyzed for physicochemical characteristics in a laboratory. In order to determine the most important parameters for water quality, these results were compared with the TULSMA 2015 regulations, revealing that pH, COD, BOD5, suspended solids, and total solids levels, with the exception of ammonia nitrogen, were below the permissible limits for discharge into a freshwater body.

Furthermore, a diagnosis was carried out for each hydraulic unit of the WWTP, determining that, except for the sludge drying bed, all units meet the parameters established in the design guides and manuals for treatment plants. Lastly, proposed solutions included implementing floating macrophytes on the surface of the upflow anaerobic filter, redesigning the sludge drying bed with a cover, and creating an operation and maintenance manual for the WWTP along with its corresponding budget estimate.

**Keywords:** WWTP, wastewater, TULSMA, ammonia nitrogen, floating macrophytes.

## **CAPÍTULO 1.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes investigativos**

La preocupante situación del agua es un llamado urgente a la acción, debido a que el escenario en el que el mundo se encuentra está influenciado por el gran desperdicio y contaminación del agua, provocado por la mayoría de las actividades humanas que generan aguas residuales. A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo. Además, a esto se le suma la falta de infraestructura adecuada y la ineficiente implementación de prácticas de conservación en especial en países subdesarrollados, lo que resulta en una cantidad insignificante de agua tratada antes de ser devuelta a su cauce natural. Y aún peor, una mayor cantidad de agua no recibe el tratamiento adecuado para garantizar su potabilidad, causando repercusiones negativas en el ambiente, salud humana, la productividad económica y la calidad de los recursos de agua dulce [1], [2].

La ubicación de una planta de tratamiento de aguas residuales es un proceso técnico y debe considerar varios aspectos. En el artículo "Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales", se destaca la importancia de minimizar los efectos ambientales negativos, como los olores, ruidos y espumas, así como la racionalización de la utilización de recursos naturales y la optimización del uso de energía. Por estas razones se enfatiza la importancia de ejecutar un levantamiento topográfico georreferenciado para determinar la ubicación e implantación adecuada de la PTAR, para minimizar su impacto en el medio ambiente [3].

La utilización repetida del agua se ha vuelto cada vez más crucial para cubrir las demandas de suministro y eliminación de aguas residuales en distintas regiones. Dado que esta dependencia crece constantemente, es esencial incorporar programas de reutilización dentro de iniciativas de planificación más amplias para asegurar su éxito sostenido en el tiempo [4].

Además, la inequidad en el acceso a servicios básicos de saneamiento sigue siendo una de las mayores preocupaciones en las sociedades actuales, especialmente para aquellos que viven en áreas rurales y tienen bajos ingresos.

Es por lo que, el panorama se complica aún más debido a la falta de inversión y recursos en la infraestructura necesaria para tratar el agua residual de manera adecuada antes de su liberación al medio ambiente [5].

Conforme a lo estipulado por el programa de las Naciones Unidas para el desarrollo, se puede evidenciar que se vierten aproximadamente el 80% de aguas residuales en el mundo sin un previo tratamiento, además de registrar que aproximadamente 2.5 mil millones de personas no cuentan con algún tipo de sistema eficaz de saneamiento de aguas residuales. En la misma línea, este informe, muestra que al menos 5 millones de personas mueren al año por causas de insalubridad en el agua, y que siquiera un cuarto de todas las camas de hospitales del mundo se encuentra ocupadas por personas que presentan algún problema con el mal tratamiento que se les da a las aguas residuales y que muchas de las veces no existe tratamiento alguno que pueda salvaguardar la integridad de la población [6], [7].

En el mismo contexto, según La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), cerca del 70% de agua dulce utilizada en el mundo es consumida por el sector agrícola, sumándole la gran demanda que año a año se incrementa por un acelerado crecimiento de la población, hace que estos recursos cada vez sean más limitados. Si esta tendencia sigue, conforme pasan los años se tendrá una escasez de agua en estado óptimo para las actividades y el bienestar de la población [2].

También se puede entender que, en el primer mundo alrededor del 70% de las aguas residuales reciben algún tratamiento, en cuanto a países en vías de desarrollo solo del 28 a 38% de las aguas residuales generadas son tratadas. La situación se agrava más en los países de bajos recursos económicos, ya que solo el 8% de aguas residuales reciben algún tipo de tratamiento.

En cuanto al mundo, se pueden evidenciar países con ciertas falencias en el uso y tratamiento que se le da al agua, un claro ejemplo son todos los países que se encuentran en el continente de África, ya que, cuentan tan solo con el 9% de recursos hídricos renovables disponibles en el mundo y que son distribuidos la mayor parte de manera inequitativa. En el mismo contexto, de los más de 1.000 millones de personas que habitan en África Subsahariana, 319 millones de personas aún no tienen acceso a

fuentes de agua potable en buen estado. Es más alarmante cuando se habla sobre el tema del saneamiento que se les da a las aguas residuales, ya que, es casi inexistente porque cerca de 694 millones de habitantes no cuentan con un saneamiento básico, y de todos los países de África, ninguno cuenta con todos los parámetros para alcanzar la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para casos de saneamiento [2].

En el caso de las industrias del mismo continente es un tema que muchas de las veces sigue empeorando, ya que, todas estas industrias producen algún tipo de contaminante vertido directamente al medio ambiente, sin tratar o con un tratamiento precario. Según lo estipulado en este informe, menos del 10% de las industrias encontradas en Nigeria realizan algún tipo de tratamiento a sus efluentes antes de verterlos en aguas superficiales [2].

Otro desafío crucial en el continente africano, es la falta de apoyo financiero, un claro ejemplo, es la planta de tratamiento de Kaliti, ubicada en Addis Abeba, que en un principio fue diseñada para ayudar y brindar un servicio a 50.000 personas, solo estaba funcionando para 13.000. Esto se atribuyó a una falta de inversiones en la conexión de las viviendas a las tuberías del alcantarillado, lo que resultaba en una baja tasa de conexión. Se ha calculado que menos del 3% de las aguas residuales producidas por la ciudad llegaron a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales [2].

Ahora bien, en cuanto a la región árabe, este tema también es de gran importancia ya que 18 de los 22 países árabes se encuentran por debajo del umbral de pobreza hídrica de 1.000 m<sup>3</sup> per cápita en 2014, es decir, no tienen acceso adecuado a agua potable segura y a una cantidad suficiente de agua para satisfacer sus necesidades básicas y mantener un nivel de vida saludable. Es por ello que, la búsqueda del tratamiento de aguas residuales para aumentar la producción hídrica es de vital importancia y se ha tomado en cuenta como un problema nacional. Según el Consejo Ministerial Árabe sobre los recursos hídricos, estipula que, en el año 2013, cerca del 69% de las aguas residuales recibieron un tratamiento seguro, un 46% obtuvo un tratamiento secundario y finalmente, un 23% se sometió a un tratamiento terciario. Sin embargo, el suministro de agua en general para los refugiados que viven en campamentos o asentamientos informales en los Estados Árabes se han convertido en un gran problema; un claro

ejemplo es el país de Jordania, que no cuentan con la infraestructura hídrica para abastecer cerca de 7000 refugiados de Irak y Siria que habitan ahí [2].

Según un informe de las Naciones Unidas enfocado en Asia central y Meridional, se puede evidenciar que cerca del 62% de la población utiliza un servicio de agua potable sin riesgos y en óptimas condiciones siendo el 47% de los habitantes que posee un servicio de saneamiento sin riesgos. Sin embargo, existe estrés hídrico, siendo cerca del 70% de recursos que están siendo extraídos, debido a la demanda de caudal existente en estos países y, en cuanto a aguas residuales domésticas, solo un 25% en esta región son tratadas de manera adecuada [8].

En el contexto de América Latina y El Caribe, según la CEPAL, en un foro regional andino del agua realizado en el año 2022 sobre los recursos hídricos sostenibles e inclusivos, se puede evidenciar que 2.5 de cada 10 personas no poseen un acceso seguro a agua potable, 7 de cada 10 no tienen acceso a un sistema de saneamiento óptimo y eficaz. Además, solamente el 42% de aguas residuales son tratadas en estos países y de diferentes maneras, presentando una alta vulnerabilidad ante al cambio climático. Es importante evidenciar que cerca del 71% del recurso hídrico en esta región es utilizada por el sector agrícola, el 17% es para uso municipal y finalmente el 12% lo utilizan las diferentes industrias existentes [9].

Una de las investigaciones realizada en Limache (Chile Central), en el cual se evaluó la calidad de las aguas del estero de la zona antes mencionada, mediante la utilización de bioindicadores y bioensayos, en donde se puso a prueba diversos parámetros físicos y químicos como el pH, conductividad, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, la demanda biológica de Oxígeno (DBO), Fósforo total y Nitrógeno total. Como resultados de esta investigación, se evidenciaron que existen correlaciones entre el índice abiótico de familias (ChIBF), la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales ( $r=0.92$ ;  $p<0.05$ ), debido a que existe una planta de tratamiento que mejora las condiciones ambientales del sector. En el caso del bioensayo, este no presentó toxicidad crónica, sin embargo, existe una inhibición de la tasa de crecimiento de Fósforo [10].

Por otra parte, una de las investigaciones que llamó mucho la atención, fue la que se realizó en Bolivia, ya que, en esta se evaluó una planta de tratamiento de aguas

residuales municipales, en base a lagunas de estabilización acopladas con un reactor anaerobio compartimentado, con la finalidad de presenciar el desempeño y eficacia de la PTAR. Actualmente la planta de tratamiento atiende cerca de 20.000 personas con un caudal tratado de 2416 m<sup>3</sup>/d, con la adición de este reactor anaeróbico compartimentado y la optimización de las lagunas de estabilización, la eficiencia se ha incrementado de un 52% a un 67% en la PTAR, debido a que se produjo una considerable reducción de materia orgánica y la eliminación de parámetros de la DQO. Se obtuvo como resultado un sistema óptimo y una alternativa adecuada para anteponer y extender la capacidad de tratamiento que se le da al agua residual. Además, se destaca la importancia del mantenimiento y remoción periódica de materia orgánica que se le tiene que dar a las diferentes unidades hidráulicas para que el funcionamiento de la PTAR sea eficaz [11].

En Ecuador, según el boletín técnico No 05-2021- GAD Municipales con temas de gestión de agua potable y saneamiento, establece que en el país existen alrededor de 570 plantas de tratamiento de aguas residuales, las cuales se encuentran distribuidas en 163 municipios del país. Además, en 2021 se estima que al menos el 74.2% de municipios realizaron algún tipo de tratamiento a las aguas residuales previo a la descarga en el medio ambiente; sin embargo, aún se observa que gran parte de la población del país no le toma mucha importancia al tratamiento que se les da a las aguas residuales, debido a la falta de conocimiento o de interés. Como aspecto positivo, se puede evidenciar que entre 2019 a 2021 se incrementaron los procesos de tratamiento, pasando de un 70.1% a un 74.2% respectivamente [12].

Agregando a lo anterior, el 22.3% de agua distribuida en todo el país ingresa a plantas de tratamiento, es por ello el gran impacto que representan las plantas de tratamiento en el país. A nivel regional, se estima que la Sierra presenta el porcentaje menos alto de aguas residuales captadas por plantas de tratamiento con un 17.5%, la región insular le sigue en segundo lugar con un 19.02%, la región costa con un 24.5% y finalmente la Amazonía tiene el porcentaje más elevado con un 35.9% de agua residual captada [12].

Dentro del país, existen diversas investigaciones referentes al tema estudiado, una de ellas es la evaluación de la eficiencia de la depuración de materia orgánica de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada en la ciudad de Manta, en la cual

se evaluaron las lagunas anaeróbicas, facultativas y de maduración, ya que estas aguas son de origen doméstico e industrial, dando como resultados una depuración de la demanda bioquímica de Oxígeno y demanda química de Oxígeno de 51.42%, mientras que en el caso de los sólidos totales disueltos solo un 3.96% y finalmente en el caso de los sólidos suspendidos se observó que hubo una reducción de 44.28% de los patógenos del agua. Sin embargo, haciendo comparaciones con otras plantas del sector esta se encuentra en un rango bajo de operatividad, además en cuanto a la depuración del Nitrógeno es ineficiente, debido a que existen eficiencias negativas, es decir, aumento de este parámetro. Finalmente, se recomienda realizar diferentes análisis en distintas épocas del año con la finalidad de tener datos más precisos y tener en cuenta la época que la planta trabaja con una menor operatividad, así como la sugerencia de realizar una remoción de sólidos por medio de un pretratamiento que ayude a disminuir la contaminación y que el impacto ambiental no genere daños en un futuro [13].

Por otro lado, la investigación realizada en Guayaquil (Ecuador), la cual fue enfocada en la evaluación de los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de aguas residuales de una empresa procesadora de plástico, utilizando el método del Test de Jarras, con la finalidad de poder dar una solución y mejorar la calidad de agua que se trata. Mediante este método se pudo evidenciar que el policloruro de Aluminio obtuvo mejores resultados, debido a que este hacía que exista un mayor porcentaje de depuración en la turbidez del agua, haciendo que la hipótesis de la investigación se cumpla por el nivel de eficiencia que tuvo en la depuración de algunos parámetros físicos-químicos. Además, se verificó que todos estos parámetros se encuentren dentro de los límites vigentes y permitidos por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1 [14].

En cuanto a la provincia de Cotopaxi, una investigación experimental realizada por la Universidad Técnica de Ambato, en la cual se planteó realizar una evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia Mulaló del cantón Latacunga, en donde se analizaron parámetros físicos de las unidades hidráulicas de la PTAR, así como diferentes análisis químicos del agua, tales como: pH, DBO, DQO5, presencia de detergentes, aceites y grasas, entre otros aspectos. Sin embargo, los resultados arrojaron que los análisis químicos en general superan los límites establecidos por la norma vigente del país, además que se encontró una falta de mantenimiento, lo cual hacía que la planta no funcione de manera óptima, haciendo que la única solución sea

el rediseño de la planta estudiada, añadiendo un proceso unitario de trampa de grasas y un plan de manejo, operación y mantenimiento para un mejor proceso a la hora de tratar el agua residual del sector [15].

Según el plan de ordenamiento territorial de Cotopaxi, se estipula que la agricultura es el sector económico más importante en la provincia, en especial del cantón Salcedo. Para garantizar su desarrollo sostenible, es esencial contar con agua de calidad para el consumo humano y el riego. Por lo que, con el fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua por aguas residuales no tratadas, se han construido sistemas de alcantarillado junto con plantas de tratamiento de aguas residuales. De esta manera, se busca asegurar que el agua sea tratada adecuadamente antes de su descarga. Es importante destacar que, aunque estas medidas se han implementado, aún hay zonas que no están cubiertas por estos sistemas [16].

Dentro del sector estudiado, según el plan de ordenamiento territorial de la parroquia Mulliquindil, menciona que existen un total de 2 plantas de tratamiento de aguas residuales y la que se utiliza en esta investigación está ubicada en el barrio “Sur San Miguel”. En el barrio Sur San Miguel existe la quebrada Langasa, cuya desembocadura tiene lugar en el río Cutuchi, una importante fuente de agua para las poblaciones cercanas a su cuenca. La quebrada presenta contaminación debido a la descarga de aguas residuales, lo que ha generado malos olores. Sin embargo, la situación se agrava aún más cuando consideramos que, por la falta de concienciación, los ganaderos siguen acudiendo a esta fuente de agua para sus animales, poniendo en riesgo su salud [17].

Finalmente, la PTAR del barrio Sur San Miguel contribuye a reducir el impacto ambiental, si este sistema no funciona correctamente, puede generar problemas para el ecosistema circundante. Lo cual genera un efecto rebote que se traduce en la emisión de malos olores en las viviendas conectadas al sistema de alcantarillado, causando inconformidad en la población afectada, quien ha solicitado realizar un análisis técnico de la PTAR, con el fin de determinar su correcto funcionamiento. Además de identificar cualquier problema potencial que pueda surgir en el futuro.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el barrio Sur San Miguel de la parroquia Mulliquindil de Santa Ana, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico georreferenciado e implantación general de la planta de tratamiento de aguas residuales y de sus unidades existentes.
- Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento mediante la recolección de una muestra compuesta para comprobar su funcionamiento en base a las normativas vigentes.
- Proponer mejoras y generar un manual de Operación y Mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado, con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario.

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

Se presenta una descripción detallada de los materiales utilizados y cómo contribuyen a alcanzar cada uno de los objetivos específicos establecidos.

#### 2.1.1 Materiales para el cumplimiento del objetivo 1

- Objetivo 1: Realizar el levantamiento topográfico georreferenciado e implantación general de la planta de tratamiento de aguas residuales y de sus unidades existentes.

*Tabla 1. Materiales para el cumplimiento del objetivo 1*

<b>Material/Equipo:</b> GPS	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para obtener los puntos de control con el fin de mejorar la precisión de los resultados del levantamiento geoespacial con dron.	<b>Detalle:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Marca:</b> Garmin</li><li>- <b>Modelo:</b> Etrex 30x</li><li>- <b>Cantidad:</b> 1</li></ul>
<b>Material/Equipo:</b> Dron	
<b>Descripción:</b> Se empleó para el levantamiento geoespacial y la obtención de fotografías aéreas de las instalaciones de la planta de tratamiento.	<b>Detalle:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Marca:</b> DJI</li><li>- <b>Modelo:</b> Air 2S</li><li>- <b>Cantidad:</b> 1</li></ul>
<b>Material/Equipo:</b> Flexómetro	
<b>Descripción:</b> Empleado para la medición de los componentes que conforman la planta de tratamiento.	<b>Detalle:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Marca:</b> Stanley</li><li>- <b>Longitud:</b> 5metros</li><li>- <b>Cantidad:</b> 1</li></ul>
<b>Material/Equipo:</b> Cinta métrica	
<b>Descripción:</b> Empleado para la medición de los componentes y el terreno de la planta de tratamiento.	<b>Detalle:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Marca:</b> Stanley</li><li>- <b>Longitud:</b> 30 metros</li><li>- <b>Cantidad:</b> 1</li></ul>

<b>Material/Equipo:</b> Computador	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para la redacción y elaboración de planos.	<b>Detalle:</b> - <b>Marca:</b> Hp Core i7 - <b>Cantidad:</b> 1

*Fuente: Alex Fernández*

### 2.1.2 Materiales para el cumplimiento del objetivo 2

- Objetivo 2: Analizar el afluente y efluente de la planta de tratamiento mediante la recolección de una muestra compuesta para comprobar su funcionamiento en base a las normativas vigentes.

*Tabla 2. Materiales para el cumplimiento del objetivo 2*

<b>Material/Equipo:</b> Cronómetro	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para registrar el tiempo de transición del flotador en un tramo específico, siguiendo el método del flotador, a fin de calcular el caudal del afluente. Asimismo, se empleó para medir el tiempo de llenado según el método volumétrico para el efluente.	<b>Detalle:</b> - <b>Marca:</b> Casio - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Flotador	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para medir la velocidad del agua en un determinado tramo con el fin de obtener el caudal según establece el método del flotador.	<b>Detalle:</b> - <b>Forma:</b> Esférico (40mm) - <b>Peso:</b> 2.4g - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Flexómetro	
<b>Descripción:</b> Empleado para medir la altura del agua en un determinado tramo con el fin de obtener el caudal según establece el método del flotador.	<b>Detalle:</b> - <b>Marca:</b> Stanley - <b>Longitud:</b> 5metros - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Probeta graduada	
<b>Descripción:</b> Empleado para medir la toma de muestras en cada hora con el fin de obtener una muestra compuesta tanto del afluente como del efluente.	<b>Detalle:</b> - <b>Material:</b> Plástico - <b>Capacidad:</b> 100 ml - <b>Cantidad:</b> 1

<b>Material/Equipo:</b> Botellas	
<b>Descripción:</b> Empleado para la toma de muestras compuestas. Las muestras de las botellas de 1000ml serán para análisis de los parámetros del agua. Mientras que las muestras de las botellas de 500ml serán para el análisis de presencia de metales del afluente y del efluente.	<b>Detalle:</b> - <b>Material:</b> Vidrio - <b>Volumen:</b> 1000 y 500 ml - <b>Color:</b> Ámbar - <b>Cantidad:</b> 4
<b>Material/Equipo:</b> Hielera	
<b>Descripción:</b> Utilizado para el proceso de refrigeración y transporte de las muestras compuestas hacia el laboratorio.	<b>Detalle:</b> - <b>Material:</b> Espuma Flex - <b>Capacidad:</b> 12 litros - <b>Cantidad:</b> 1

*Fuente: Alex Fernández*

*Tabla 3. Equipos de seguridad para el cumplimiento del objetivo 2*

<b>Material/Equipo:</b> Guantes	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para la protección de manos durante la recolección y manipulación de las muestras.	<b>Detalle:</b> - <b>Material:</b> Látex - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Zapatos de seguridad	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para la protección ante las condiciones del ambiente durante la recolección de muestras.	<b>Detalle:</b> - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Mascarilla	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para la protección de malos olores emitidos en la planta de tratamiento.	<b>Detalle:</b> - <b>Modelo:</b> N95 - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Mandil	
<b>Descripción:</b> Protección de la ropa	<b>Detalle:</b> - <b>Cantidad:</b> 1
<b>Material/Equipo:</b> Gafas de protección	
<b>Descripción:</b> Se utilizó para la protección de ojos ante salpicaduras durante la recolección de muestras.	<b>Detalle:</b> - <b>Material:</b> Plástico - <b>Cantidad:</b> 1

*Fuente: Alex Fernández*

### **2.1.3 Materiales para el cumplimiento del objetivo 3**

- Objetivo 3: Proponer mejoras y generar un manual de Operación y Mantenimiento para la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado, con sus respectivos planos y presupuesto, en el caso de ser necesario.

**Nota:** para cumplimiento de este objetivo es necesario el uso de un computador que se detalló en el primer objetivo.

## **2.2 Métodos**

Se realizó la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el barrio Sur San Miguel, parroquia Mulliquindil, perteneciente al cantón Salcedo en la provincia de Cotopaxi; para ello la metodología se dividió en 5 etapas fundamentales que se describen a continuación:

### **2.2.1 Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR**

En esta sección se aplicó un enfoque metodológico documental para recopilar de manera exhaustiva información teórica y bibliográfica. Se dio especial énfasis al análisis del "Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Mulliquindil", el cual proporciona una descripción detallada de la zona de estudio, incluyendo su ubicación geográfica, límites territoriales y las principales actividades socioeconómicas llevadas a cabo por los habitantes de la comunidad. Asimismo, se investigó sobre la planta de tratamiento de aguas residuales, recopilando datos relacionados con su tiempo de operación, los monitoreos realizados y las labores de mantenimiento llevadas a cabo en dicha instalación.

Para completar el levantamiento de información, también se realizó una investigación de campo, se optó por utilizar la entrevista como una herramienta para recolectar información de manera directa con los moradores del barrio. Los datos obtenidos fueron necesarios para investigar las causas que llevaron a su funcionamiento en estas condiciones. Además, permitieron identificar las horas pico en las cuales la población genera un mayor caudal de ingreso a la PTAR debido a sus actividades diarias.

De igual manera, mediante la observación directa se pudo obtener una percepción detallada de la zona y se logró caracterizar el estado actual de los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Durante este proceso, se

identificaron de manera evidente problemas en las estructuras que conforman la planta, lo que permitió evaluar la eficiencia con la cual se está llevando a cabo el proceso de descontaminación de las aguas residuales que ingresan a la PTAR.

### **2.2.2 Etapa II: Investigación de campo**

Se empleó el método de campo que consiste en la medición para llevar a cabo el dimensionamiento de los distintos componentes del tren de tratamiento del agua residual. Este proceso resultó fundamental para obtener datos precisos que constituyeron la base del diagnóstico y la determinación de los parámetros de diseño de la propuesta en la etapa final. Permitiendo así un diagnóstico preciso y una planificación adecuada para la mejora del sistema de tratamiento.

Además, se realizó el levantamiento topográfico del sitio donde está construida la planta de tratamiento. Para ello se utilizó un dron que, a través del procesamiento de información, generó un modelo digital de elevaciones y una ortofoto georreferenciada lo cual proporcionó una visualización precisa de las unidades existentes. Estos datos se utilizaron para generar el plano de implantación actual.

Luego, se llevó a cabo la medición de los caudales de entrada y salida de la planta de tratamiento durante un período de 30 días mediante visitas diarias in situ. Debido a las condiciones del lugar, se aplicó el método de los flotadores para medir el caudal del afluente. Este método implicó la determinación de la velocidad cronometrando del tiempo que lleva un flotador de masa despreciable en recorrer una distancia específica. Además, se midió el tirante del agua para determinar el área mojada y así aplicar la ecuación 1, que permite calcular el caudal [18].

$$Q = V * A * 1000 \quad (Ec. 1)$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \left( \frac{lt}{s} \right)$$

$$V = \text{velocidad} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$A = \text{área mojada} (m^2)$$

Por otro lado, para medir el caudal del efluente, se utilizó el método volumétrico, el cual consistió en tomar el tiempo que se tarda en llenar un recipiente graduado (1 litro) en la zona de descarga. Los resultados obtenidos a través de este procedimiento

permitieron identificar el día de mayor demanda en la planta, lo que facilitó obtener una muestra representativa del agua residual empleando una metodología experimental. En concordancia con lo mencionado por Metcalf & Eddy, el tiempo de muestreo se ve influenciado por la variación del caudal, por lo que la selección del lugar y momento adecuados para tomar una muestra con características específicas se basó en el aforo de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) [18], [19].

### **2.2.3 Etapa III: Análisis de laboratorio de las muestras del agua residual**

Las muestras de agua residual recolectadas previamente fueron enviadas a un laboratorio certificado y especializado, en este caso, el Laboratorio Ambiental, Laboratorio Investigación de la Facultad de Ingeniería y Ciencia e Alimentos Y Biotecnología Universidad Técnica de Ambato. Según Metcalf & Eddy, los contaminantes más importantes en el tratamiento de aguas residuales son los sólidos en suspensión, ya que pueden generar depósitos de lodo cuando el líquido es descargado en el medio ambiente. También se considera crucial medir la materia orgánica biodegradable, medida a través de los parámetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno), ya que su presencia sin tratar puede provocar condiciones sépticas agotando el oxígeno durante el proceso de estabilización biológica. Además, se deben analizar los nutrientes como el Nitrógeno y el Fósforo, ya que favorecen el crecimiento de organismos acuáticos indeseados. También es necesario evaluar la presencia de aceites y grasas en el agua residual, ya que pueden interferir con la vida biológica en cuerpos de agua superficiales y dar lugar a la acumulación de materia flotante desagradable.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en la Tabla 4 se identificaron los siguientes parámetros para estudiar y determinar la eficacia del funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR):

**Tabla 4.** *Parámetros analizados en la muestra compuesta de agua residual.*

	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>
<b>Parámetros globales<sup>1</sup></b>		
pH		SM 4500 B
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B
Turbidez	NTU	SM 2130 B
<b>Parámetros en laboratorio<sup>2</sup></b>		
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	SM 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/l	SM 5210 D
Sólidos Totales, ST	mg/l	SM 2540 B
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/l	SM 2540 D
Sólidos disueltos totales, TDS	mg/l	SM 2540 C
Nitrógeno amoniacal, N-NH <sub>3</sub>	mg/l	ASTM D1426, Nessler method
Nitrato, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	SM 4500 NO3 E
Fosfato, P-PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	SM 4500 P E
Cloruros, Cl <sup>-</sup>	mg/l	SM 4500 P E
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	4500-Cl G
Cromo VI, Cr <sup>+6</sup>	mg/l	ASTM D1687-92, Diphenylcarbohydrazide method
Zinc, Zn	mg/l	SM 3500-Zn B
Hierro, Fe	mg/l	EPA Phenanthroline method 315B
Aluminio, Al	mg/l	SM 3500-Al B
Manganeso, Mn	mg/l	SM 3500-Mn B
Cobre, Cu	mg/l	SM 3500-Cu B
<b>Metales por Absorción Atómica<sup>3</sup></b>		
Cadmio, Cd	mg/l	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As
Niquel, Ni	mg/l	
Cromo total, Cr	mg/l	
Plomo, Pb	mg/l	
Arsénico, As	mg/l	

\* Como fósforo total

n/d: no detectado

SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA

<sup>1</sup> Medidor multiparámetro HANNA HI 9829

<sup>2</sup> Fotómetro multiparamétrico con DQO HI 83399

<sup>3</sup> Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito PG Instruments AA500

**Fuente:** Laboratorio Ambiental, Laboratorio Investigación de la Facultad De Ingeniería y Ciencia e Alimentos y Biotecnología Universidad Técnica de Ambato

#### **2.2.4 Etapa IV: Comparación y verificación de resultados obtenidos**

En esta fase se llevó a cabo un diagnóstico del funcionamiento de cada componente hidráulico presente en la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando una metodología descriptiva. Se describió detalladamente la condición actual de cada unidad y se determinó si se encontraba en funcionamiento. Además, se calculó el porcentaje de eficiencia de depuración de los parámetros analizados utilizando la ecuación 2 [20]. numerar

$$E = \frac{Co - Cf}{Co} * 100 \quad (Ec. 2)$$

Donde:

*E = eficiencia del parámetro (%)*

*Co = Valor inicial del parámetro*

*Cf = Valor final del parámetro*

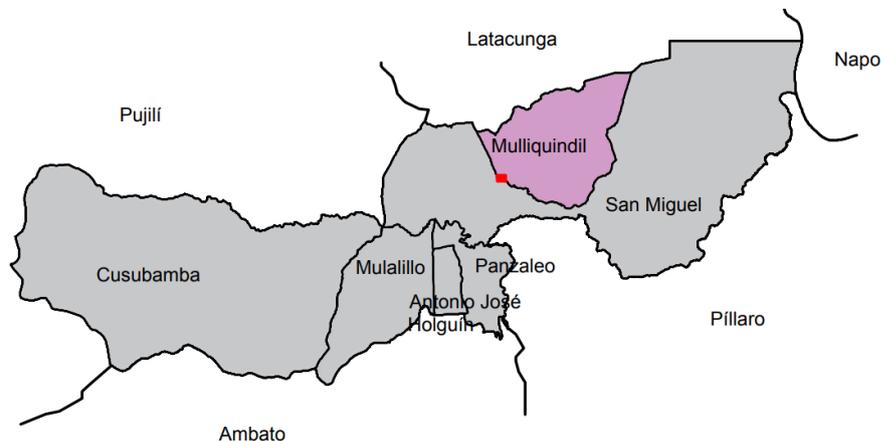
#### **2.2.5 Etapa V: Propuesta de mejoras de la PTAR**

En la fase final, se utilizó el método deductivo para proponer un rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en el barrio Sur San Miguel. Esta propuesta se basó en los resultados obtenidos y el diagnóstico actual de las unidades hidráulicas. El enfoque deductivo implicó la selección adecuada del tren de tratamiento en función de los resultados de laboratorio y el rediseño de sus componentes, incluyendo la elaboración de planos, presupuesto y manual de operación y mantenimiento. Se consideró un caudal de diseño y una proyección de la población futura para garantizar la vida útil de cada unidad propuesta.

## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Etapa I: Levantamiento de información de la PTAR

En la Figura 1, de color rojo se muestra la ubicación de la PTAR del barrio Sur San Miguel, perteneciente a la parroquia Mulliquindil, cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. El barrio Limita al norte, sur, este y oeste con los barrios Centro, Langasa, Sur Central, Jesús del Gran Poder, respectivamente. La extensión de la parroquia es de aproximadamente de  $48.17 \text{ km}^2$ , cuenta con un clima Templado Mesotérmico Seco con una temperatura promedio de  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . La planta de tratamiento de aguas residuales en la cual se basa esta investigación se encuentra ubicada en las coordenadas Norte 9885112 y Sur 770219 [17].



**Figura 1.** Ubicación de la PTAR

**Fuente:** Alex Fernández

Con la visita realizada al barrio Sur San Miguel, se examinó su condición como sector rural sin presencia de industrias, dedicado a la agricultura y ganadería, las cuales desempeñan un papel crucial en su economía. Los habitantes cultivan una variedad de productos como maíz, habas, papas y hierba (alfalfa). Asimismo, se dedican a la cría de animales, como vacas, borregos, cerdos, cuyes, conejos y gallinas. La comercialización de los productos y animales antes mencionados se realiza en mercados del cantón Salcedo.

A través de las entrevistas llevadas a cabo con los residentes del barrio Sur San Miguel, como se muestra en la Figura 2, se identificó que la mayoría de ellos llevan a cabo actividades diarias en común de lunes a viernes. Estas actividades incluyen comenzar el día a las 6 de la mañana para preparar el desayuno y a sus hijos para la escuela.

Luego, suelen lavar ropa a mano durante las primeras horas del día para así dedicarse a sus tareas agrícolas y ganaderas a lo largo del día. Además, ellos mismos preparan el almuerzo ya que la mayoría tienen sus terrenos adyacentes a sus hogares. En cuanto a los fines de semana, se mencionó que se dedican a actividades de limpieza y mantenimiento del hogar.



**Figura 2.** Entrevista a moradores del barrio Sur San Miguel.  
**Fuente:** Alex Fernández

Se observó que hay una red de alcantarillado mixto. Esto significa que esta red está diseñada para manejar tanto el agua residual sanitaria y pluvial. La red de alcantarillado se encuentra ubicada en la vía principal del barrio, la cual es de empedrado como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Barrio Sur San Miguel  
**Fuente:** Alex Fernández

Según la información obtenida con los especialistas de la Dirección de Agua Potable del GAD Municipal de Salcedo, responsables de la operación y mantenimiento de las

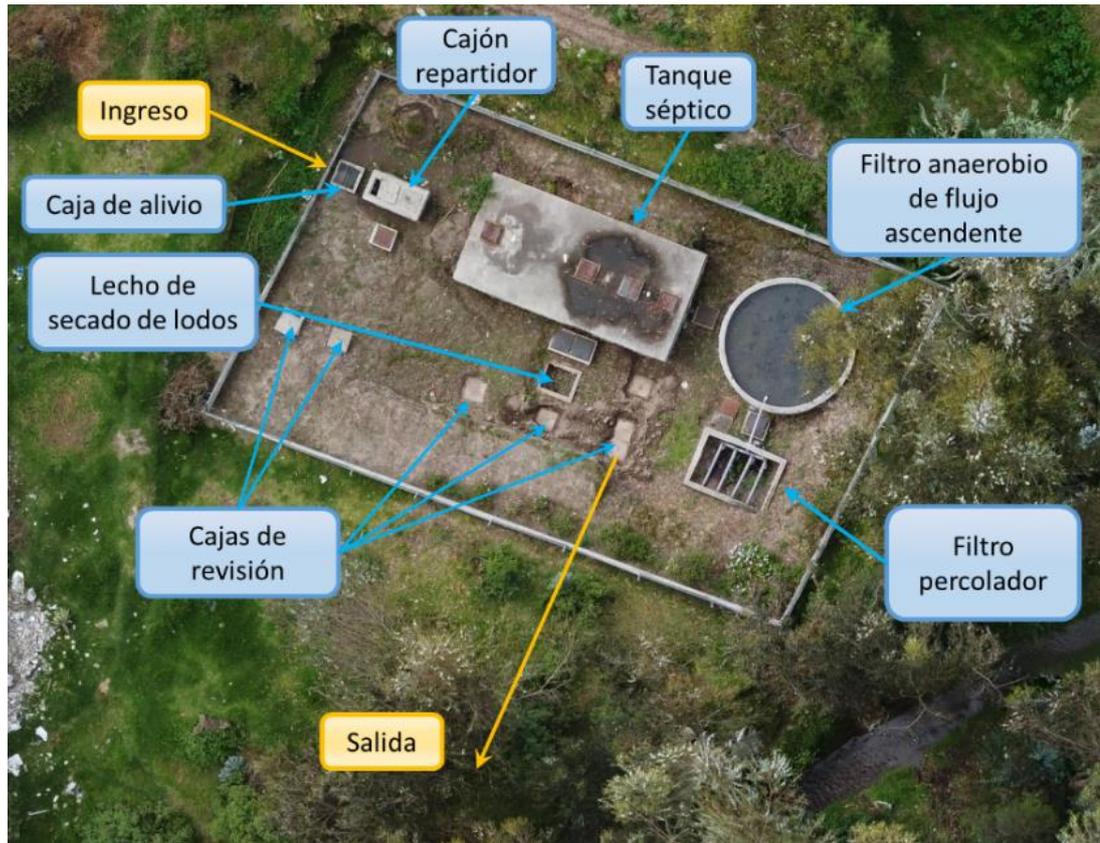
plantas de tratamiento del cantón, la PTAR del barrio Sur San Miguel viene operando desde el año 2017, esta PTAR es abastecida por el sistema de alcantarillado, el cual tiene aproximadamente 135 familias conectadas. La longitud total de la red de alcantarillado es de 1522 metros.

Además, mencionaron que la PTAR tiene una superficie aproximada de 360 metros cuadrados y fue diseñada para abarcar un caudal de 1.5 lt/s. Actualmente, en la municipalidad no existen planos disponibles que detallen el diseño definitivo de la planta. A pesar de esto, se ha implementado un plan de mantenimiento y limpieza. Sin embargo, la Figura 4 muestra claramente la ineficiencia de dicho plan, ya que se puede observar las condiciones en la que se encuentra la planta.



**Figura 4.** Proliferación de vegetación  
**Fuente:** Alex Fernández

En la planta de tratamiento de aguas residuales, se encuentra implementado un proceso de tratamiento convencional básico conformado por las unidades hidráulicas que se muestran en la Figura 5.



**Figura 5.** Unidades hidráulicas de la PTAR  
**Fuente:** Alex Fernández

### **Caja de alivio con rejilla de cribado**

Este componente cuenta con una rejilla con el propósito de retener y evitar el ingreso de sólidos de mayor tamaño al cajón repartidor. Como se observa en la Figura 6, se encuentra en buenas condiciones y funcionando de manera óptima.



**Figura 6.** Caja de alivio con rejilla de cribado  
**Fuente:** Alex Fernández

### **Cajón repartidor con rejilla de cribado**

El propósito del cajón repartidor es separar el material grueso al dejar que el agua pase a través de una rejilla de cribado. También permite que los sólidos más pesados se sedimenten cuando el agua descansa por cortos períodos. Además, el cajón se utiliza para distribuir el caudal hacia el tanque séptico o, si es necesario, descargarlo directamente a través de una válvula como se muestra en la Figura 7 [21].

Durante la inspección interna, se encontraron sólidos en la rejilla, lo que indicó la necesidad de realizar un mantenimiento periódico para garantizar su correcto funcionamiento.



*Figura 7. Cajón repartidor con rejilla de cribado  
Fuente: Alex Fernández*

### **Tanque séptico**

El propósito del tanque es separar y sedimentar las partículas gruesas que se depositan en el fondo, mientras que las partículas livianas y las grasas se acumulan en la parte superior. Se observó que el tanque séptico está compuesto por un compartimento en serie, dividido en dos cámaras. Cada cámara tiene dos tapas de revisión, y en total hay tres ductos de aireación [22].

Se puede observar en la Figura 8 un leve estado de deterioro en las paredes del tanque séptico debido a la humedad, también se detectó oxidación en las tapas de revisión, lo cual dificulta su manipulación.



*Figura 8. Tanque séptico*  
*Fuente: Alex Fernández*

### **Filtro anaerobio de flujo ascendente**

La planta de aguas residuales cuenta con un filtro anaerobio que con sus procesos de velocidades reducidas en el flujo ascendente evitan el arrastre de la biomasa. Las ventajas de este filtro son: su capacidad para tratar altas cargas de DQO, la ocupación de volúmenes de reactor relativamente pequeños y su operación de manera sencilla [23].

Como se muestra en la Figura 9, la estructura del filtro ascendente tiene forma cilíndrica y se encuentra en buenas condiciones físicas, sin embargo, las natas presentes en la superficie demuestran problemas en el proceso de tratamiento del agua y falta de mantenimiento. El filtro también cuenta con una tubería en la parte superior para la evacuación del agua tratada y una tubería en la parte inferior la cual mediante una válvula permite el desfogue de los lodos acumulados.



*Figura 9. Filtro anaerobio de flujo ascendente.*  
*Fuente: Alex Fernández*

### **Filtro percolador**

Esta unidad hidráulica se identificó como un filtro percolador de baja carga, es decir, es un dispositivo relativamente sencillo y que no realizan el proceso de recirculación. Como se observa en la Figura 10, mediante tuberías ingresa el agua tratada proveniente del filtro anaerobio de flujo ascendente, para luego pasar por material filtrante como lo es la grava. La estructura del filtro se encuentra en buenas condiciones, no presenta malos olores ni presencia de mosquitos, sin embargo, se observó la existencia de vegetación de especies invasoras que deben ser retiradas en los mantenimientos para asegurar la permeabilidad del filtro [19].



*Figura 10. Filtro percolador  
Fuente: Alex Fernández*

### **Lecho de secado de lodos**

Como se observa en la Figura 11, el lecho está conectado mediante dos válvulas al tanque séptico, cada una de ellas para la evacuación de lodos acumulados en las cámaras. Aunque se encontró en buen estado, su ubicación lo expone a la posibilidad de llenarse con agua de lluvia evitando el proceso de secado de lodos. También, dado su tamaño reducido, es imprescindible eliminar los sedimentos que no han completado su proceso de secado en cada sesión de mantenimiento del tanque séptico, para dar cabida a los nuevos lodos que se generen. Asimismo, los trabajadores enfrentan dificultades para llevar a cabo los mantenimientos debido a la falta de espacio y maniobrabilidad.



*Figura 11. Lecho de secado de lodos.  
Fuente: Alex Fernández*

## **3.2 Etapa II: Investigación de campo**

### **3.2.1 Dimensiones de los componentes de la PTAR**

Luego de comprender el funcionamiento de la planta de tratamiento, como se observa en la Figura 12, se llevó a cabo el dimensionamiento de los distintos componentes del tren de tratamiento del agua residual, de esta manera con ayuda del software de AutoCAD se presentan las vistas en planta y corte de cada unidad, para mejor apreciación ver el Anexo 1.



*Figura 12. Dimensionamiento de los componentes de la PTAR.  
Fuente: Alex Fernández*

### **Caja de alivio con rejilla de cribado**

Es una estructura de hormigón armado de forma rectangular, el agua residual que ingresa es conducida por una tubería de concreto de 300mm de diámetro, en el interior se encuentra con una criba que impide el paso de sólidos de gran tamaño. Además, cuenta con dos tuberías de salida de PVC de 160mm, una se dirige al cajón repartidor

y la otra para descargas de aguas lluvias de manera directa a la quebrada. Las dimensiones se detallan en la Tabla 5 y su representación gráfica en las Figuras 13, 14 y 15:

**Tabla 5. Medidas de la caja de alivio**

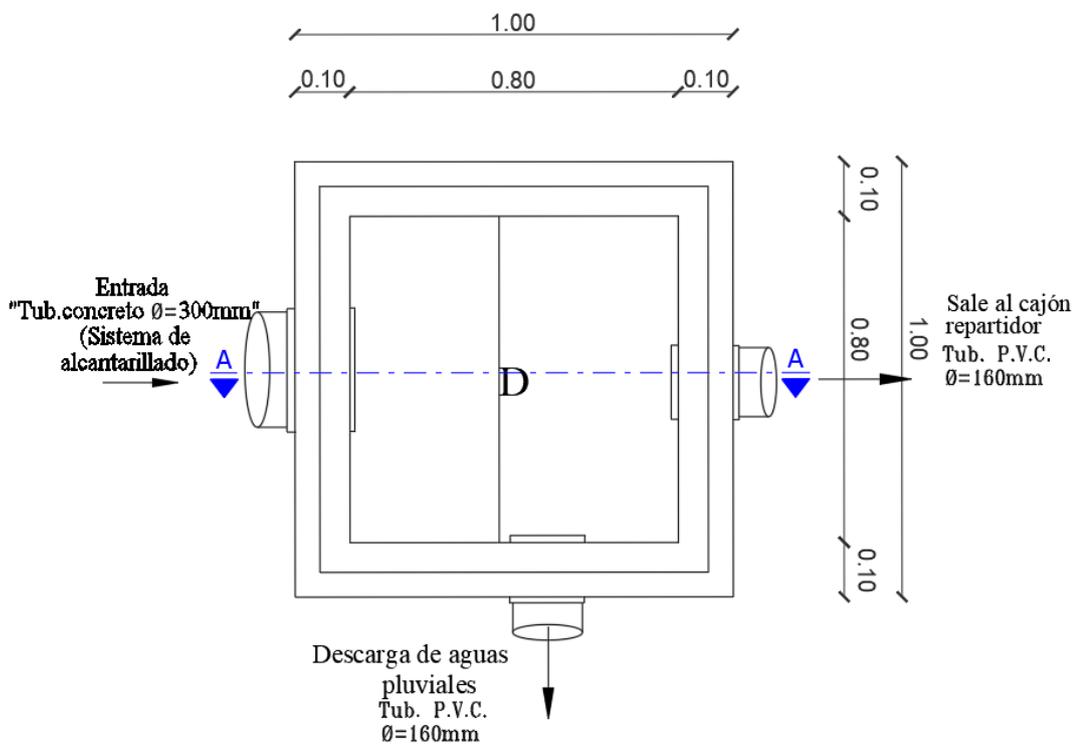
Dimensiones	Valor (m)
Ancho	1
Largo	1
Altura	1.4
Espesor de pared	0.15

*Fuente: Alex Fernández*

**Tabla 6. Medidas de la rejilla de cribado**

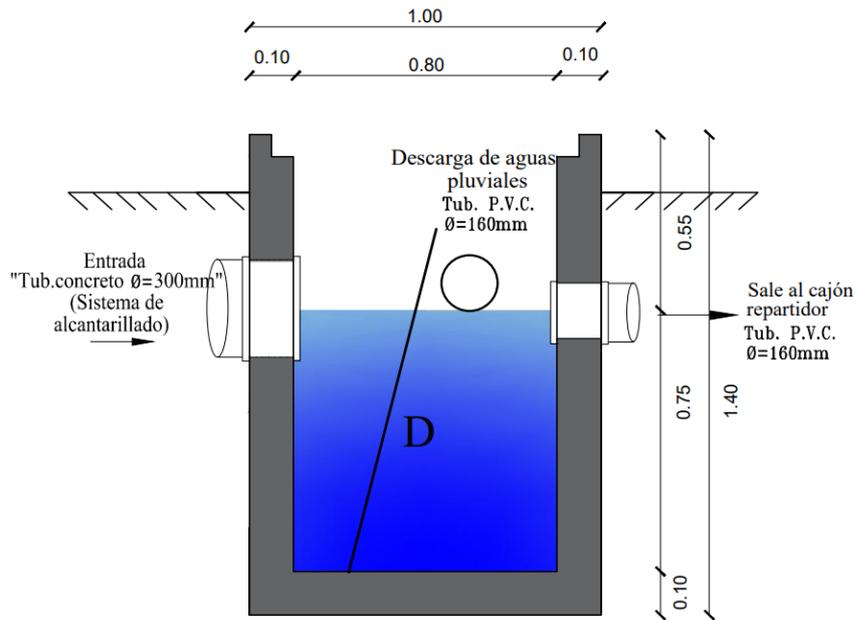
Dimensiones	Valor
Diámetro de barras (mm)	10
Espacio entre barras (cm)	3
Altura de barras (m)	1
Pendiente con la horizontal	70°

*Fuente: Alex Fernández*

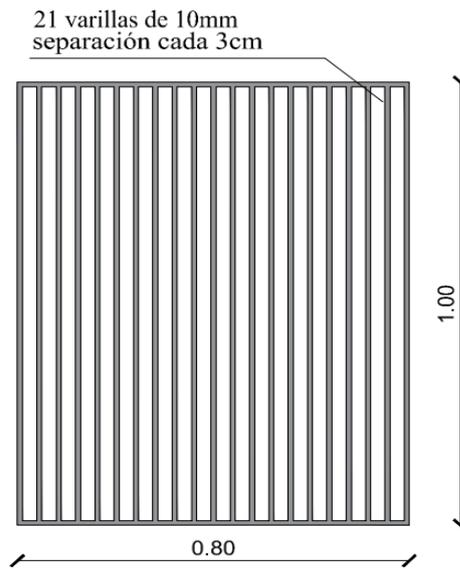


**Figura 13. Vista en planta de la caja de alivio con rejilla de cribado**

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 14.** Corte A-A: Vista transversal de la caja de alivio  
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 15.** Detalle de la rejilla de cribado  
**Fuente:** Alex Fernández

### **Cajón repartidor con rejilla de cribado**

Es una estructura de hormigón armado que recibe el agua residual a través de una tubería PVC de 160 mm desde la caja de alivio, cuenta con dos tuberías de salida de PVC de 160mm, una se dirige al tanque séptico y la segunda mediante un BY-PASS que vierte directamente el afluente a la quebrada. También está equipado con una rejilla que filtra los sólidos de gran tamaño.

Las dimensiones del cajón repartidor se detallan en la Tabla 7 y 8, mientras que la representación gráfica en las Figuras 16, 17, 18 y 19:

**Tabla 7. Medidas del cajón repartidor**

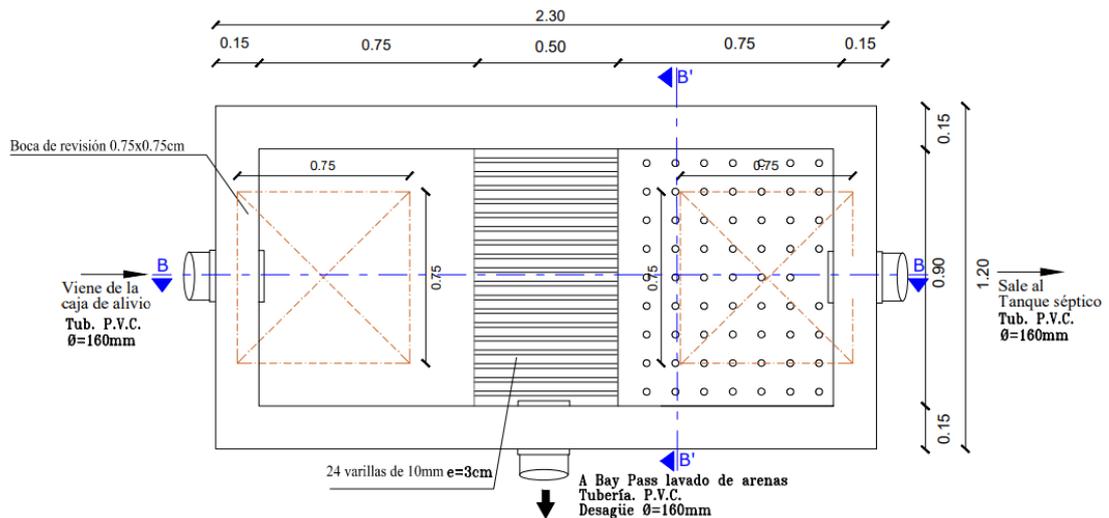
Dimensiones	Valor (m)
Ancho	1.2
Largo	2.3
Altura 1	1.2
Altura 2	1.5
Espesor de pared	0.15

*Fuente: Alex Fernández*

**Tabla 8. Medidas de la rejilla de cribado**

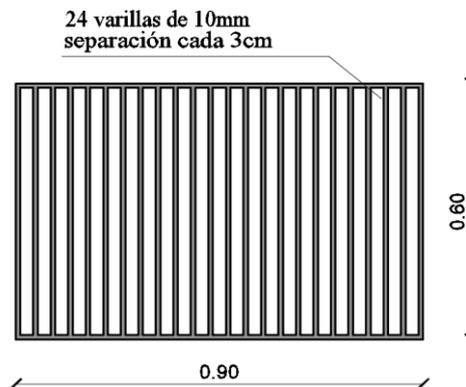
Dimensiones	Valor
Diámetro de barras (mm)	10
Espacio entre barras (cm)	3
Altura de barras (m)	60
Pendiente con la horizontal	45°

*Fuente: Alex Fernández*



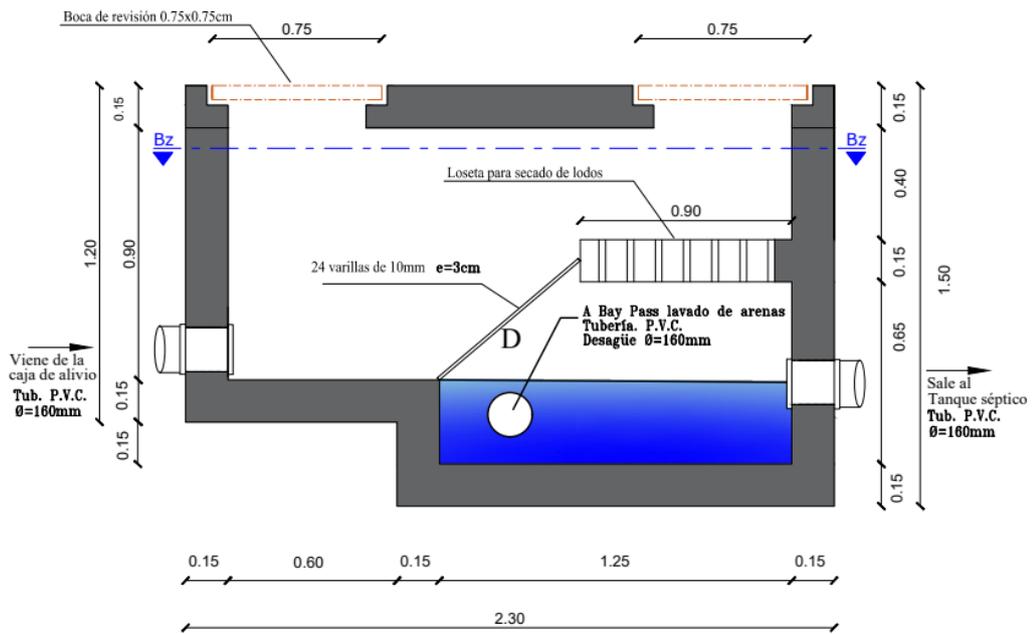
**Figura 16. Corte Bz-Bz: Vista superior del cajón repartidor + criba**

*Fuente: Alex Fernández*

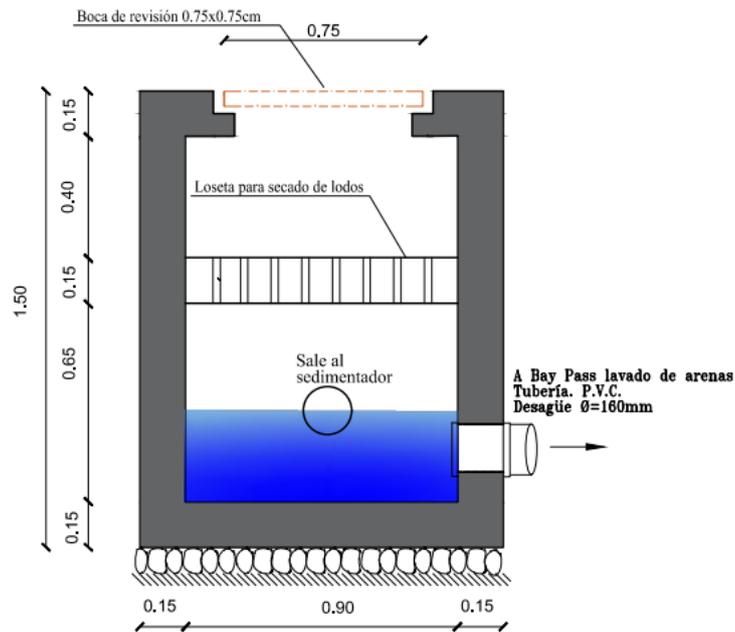


**Figura 17. Detalle de la rejilla (criba)**

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 18.** Corte B-B: Vista longitudinal del cajón repartidor con rejilla de cribado.  
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 19.** Corte B'-B': Vista transversal del cajón repartidor  
**Fuente:** Alex Fernández

## Tanque séptico

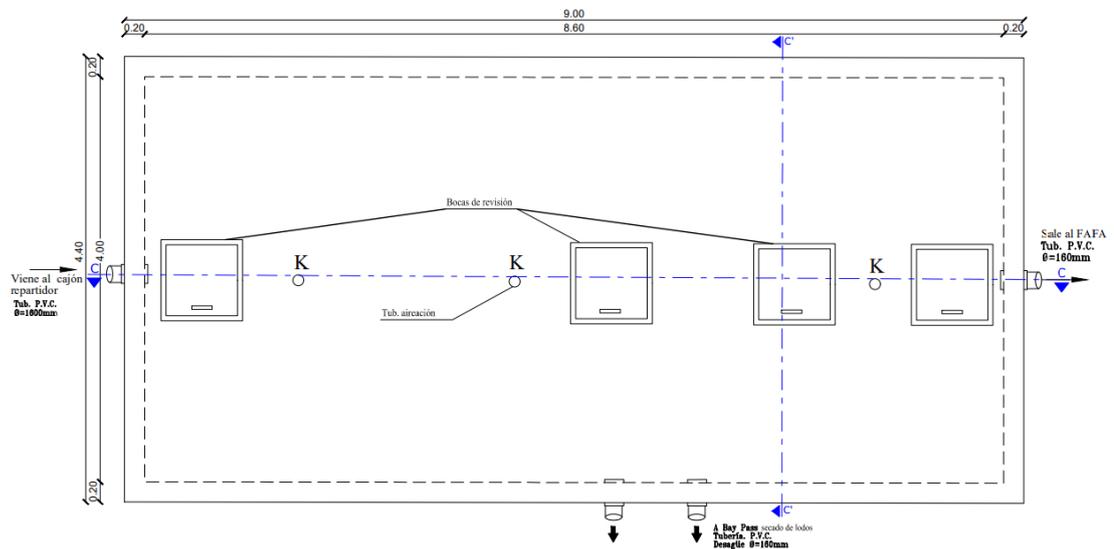
Se trata de una estructura rectangular de hormigón armado dividida interiormente en dos cámaras en serie. Ambas cámaras están conectadas entre sí. Las aguas residuales que provienen del tanque repartidor entran en esta unidad a través de una tubería de PVC de 160 mm de diámetro. Cuenta con tres tuberías de evacuación: una de 160 mm de diámetro que va al filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y el resto de las

tuberías de 160 mm de diámetro conectan con dos cajas de válvulas que vierten los lodos producidos al lecho de secado de lodos. Las dimensiones se detallan en la Tabla 9 y su representación gráfica en las Figuras 20 y 21:

**Tabla 9. Medidas del tanque séptico**

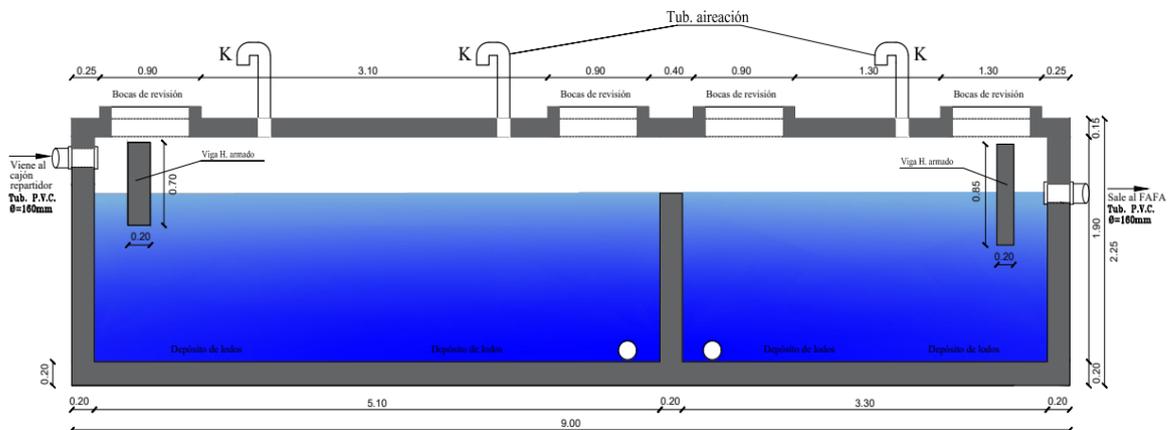
Parámetro	Valor (m)
Ancho	4.4
Largo	8.9
Altura	2.25
Ancho útil	4
Largo útil	8.6
Altura útil	1.6
Espesor de pared	0.2

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 20. Vista en planta del tanque séptico**

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 21. Corte C-C: Vista longitudinal del tanque séptico**

*Fuente: Alex Fernández*

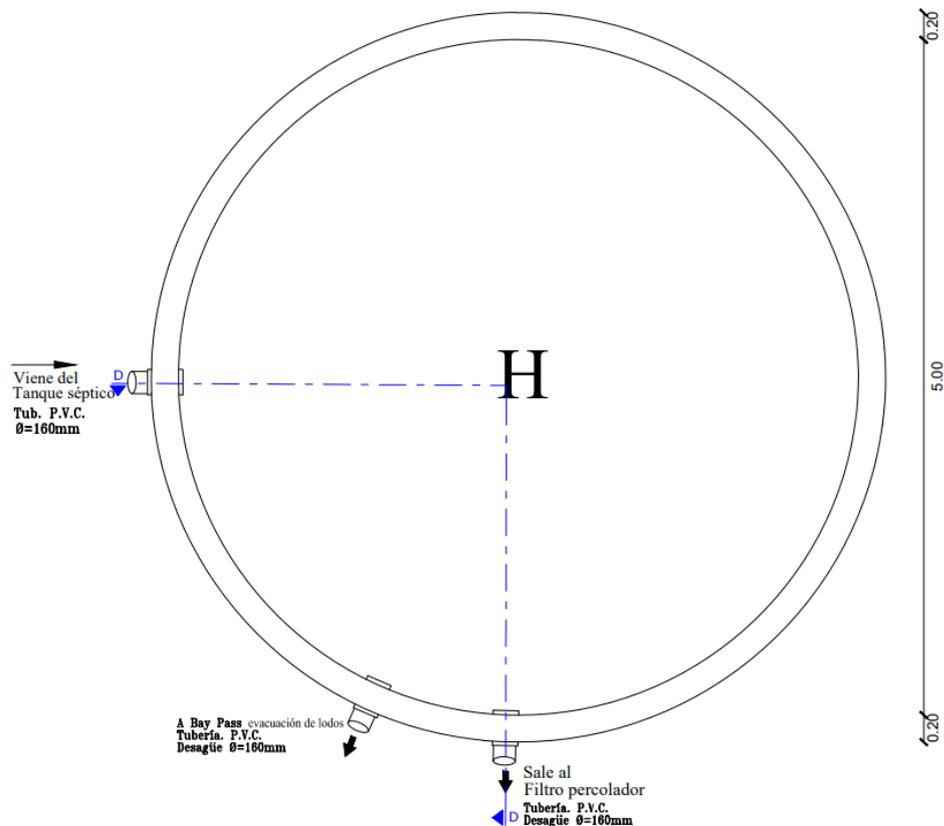
### Filtro anaerobio de flujo ascendente

Es una estructura cilíndrica de hormigón armado donde entra el agua procedente del tanque séptico a través de una tubería de PVC de 160mm de diámetro. También cuenta con dos tuberías de salida de diámetro 160mm, la primera se encuentra en la parte superior del tanque, se encarga de conducir al filtro percolador y la que se encuentra ubicada en la base sirve para el mantenimiento, descargando el líquido a una caja de revisión. Las dimensiones se detallan en la Tabla 10 y su representación gráfica en las Figuras 22, 23 y 24:

**Tabla 10.** Medidas del filtro anaerobio de flujo ascendente

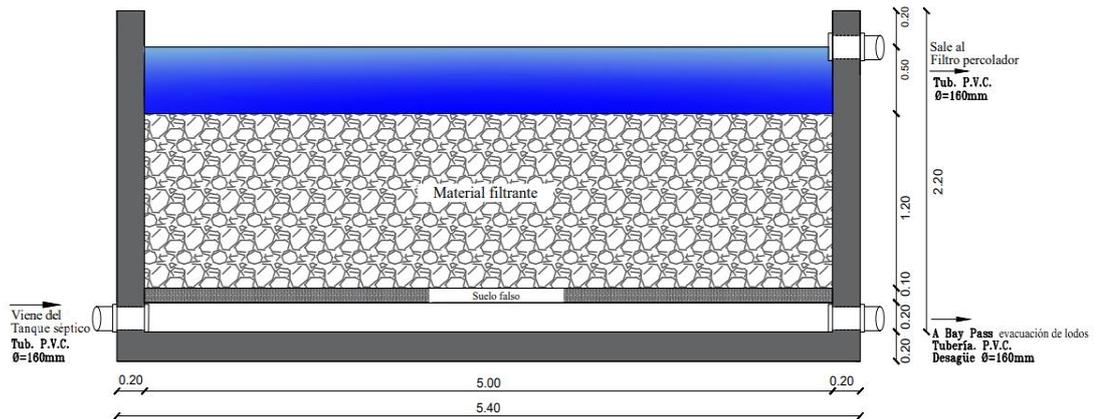
Parámetro	Valor (m)
Altura	2.2
Altura libre	0.70
Altura bajo dren	0.3
Diámetro externo (De)	5.4
Diámetro interno (Di)	5
Espesor de pared	0.2

*Fuente: Alex Fernández*

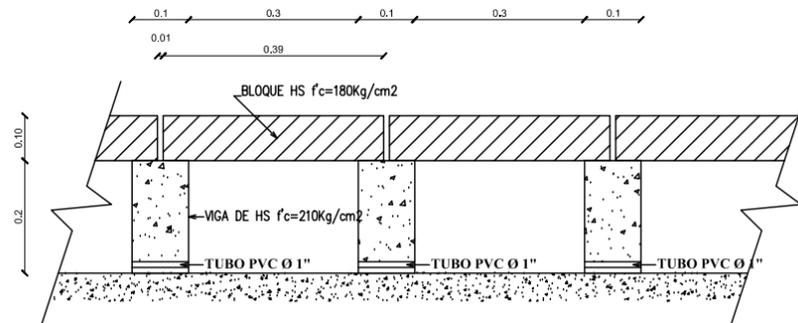


**Figura 22.** Vista en planta del filtro anaerobio de flujo ascendente

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 23.** Corte D-D: Vista transversal del filtro anaerobio de flujo ascendente  
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 24.** Detalle del suelo falso.  
**Fuente:** Alex Fernández

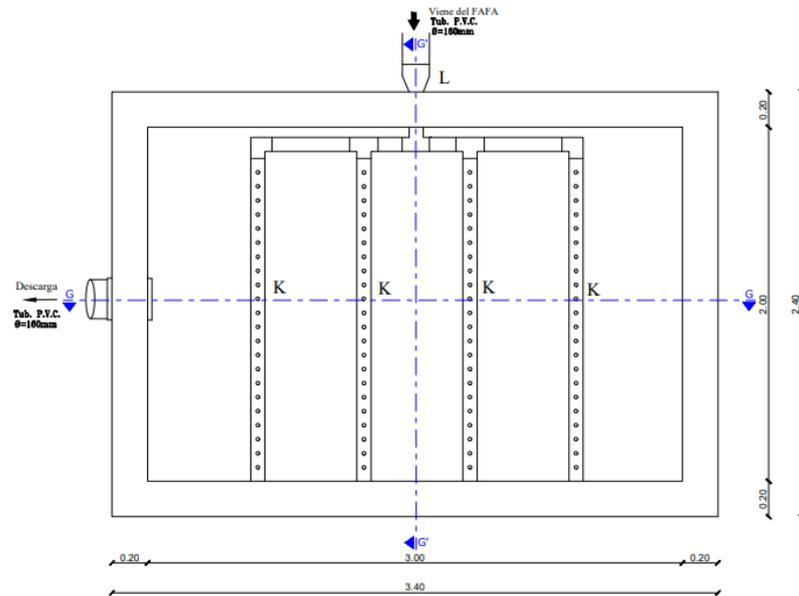
### Filtro percolador

Mediante un reductor de 160 a 110 mm para tuberías ingresa el agua tratada proveniente del FAFA, para luego pasar por material filtrante como lo es la grava, la tubería de salida es de 160 mm que conecta con una caja de revisión para su descarga. Las dimensiones se detallan en la Tabla 11 y su representación gráfica en las Figuras 25, 26 y 27:

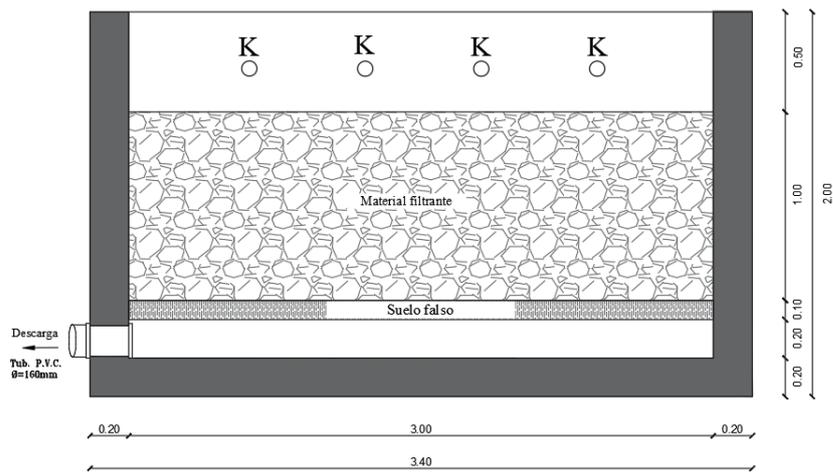
**Tabla 11.** Medidas del filtro percolador

Dimensiones	Valor (m)
Ancho	2.4
Largo	3.4
Altura	2
Altura libre	1.5
Espesor de pared	0.2

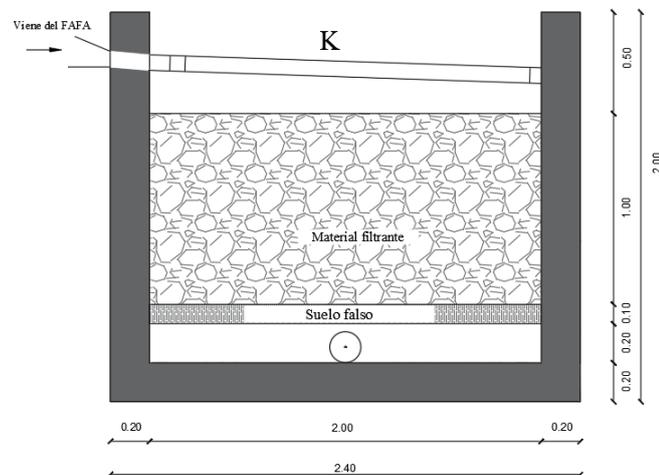
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 25.** Vista en planta del filtro percolador  
Fuente: Alex Fernández



**Figura 26.** Corte G'-G': Vista longitudinal del filtro percolador  
Fuente: Alex Fernández



**Figura 27.** Corte G'-G': Vista transversal del filtro percolador  
Fuente: Alex Fernández

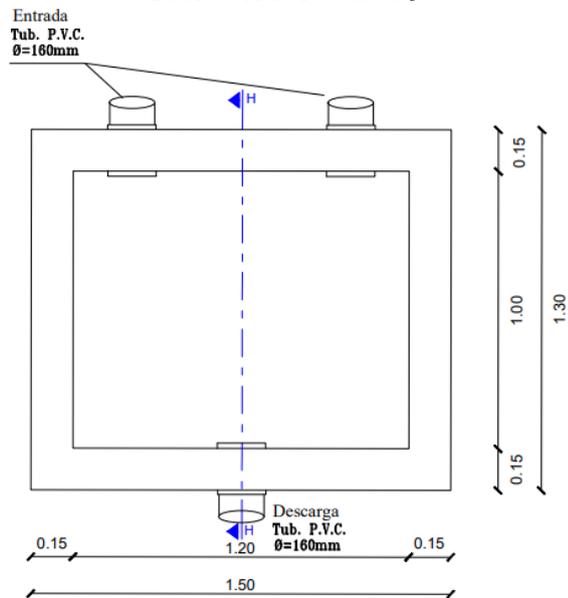
### Lecho de secado de lodos

Esta unidad tiene forma rectangular y está construida en hormigón armado. A través de dos tubos de PVC de 160 mm, recoge los residuos procedentes del tanque séptico. Los líquidos residuales de los lodos son descargados mediante otra tubería de igual diámetro a la caja de revisión que conduce a la quebrada. Las dimensiones se detallan en la Tabla 12 y su representación gráfica en las Figuras 28 y 29:

**Tabla 12. Medidas del lecho de secado de lodos**

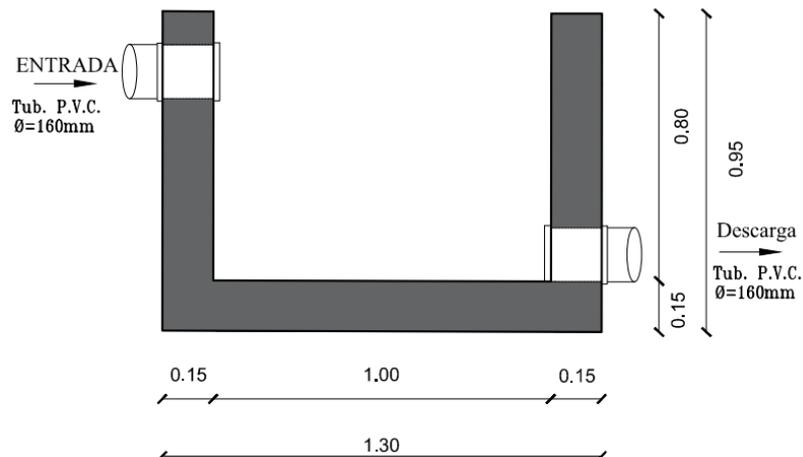
Dimensiones	Valor (m)
Ancho	1.3
Largo	1.5
Altura	0.95
Espesor de pared	0.15

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 28. Vista en planta del lecho de secado de lodos.**

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 29. Vista en corte del lecho de secado de lodos.**

*Fuente: Alex Fernández*

### 3.2.2 Medición de caudales

Según el libro "Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización" de Metcalf & Eddy, en la mayoría de los casos prácticos, se recolectan datos de caudales durante un período de registro de 30 días para obtener resultados aproximados y considerar variables como el clima y las actividades humanas. Esto se hace con el objetivo de corroborar y brindar mayor veracidad a los resultados obtenidos [19].

La recolección de los caudales se llevó a cabo desde las 7:00 a.m. hasta las 15:00 p.m., teniendo en cuenta que los habitantes comienzan sus actividades a las 6:00 a.m. Adicionalmente, debido al horario laboral de los trabajadores municipales, el acceso a la planta solo estaba disponible durante dicho horario.

De esta manera, se implementó una metodología de muestreo de afluente y efluente en la PTAR durante 30 días consecutivos, desde el 1 hasta el 30 de marzo de 2023, con mediciones realizadas cada hora, lo que proporcionó 8 datos diarios.

#### - Resultados de las mediciones de los caudales de entrada

A continuación, el registro de estas mediciones diarias de los caudales de ingreso se presenta a continuación en las Tablas 13, 14 y 15:

*Tabla 13. Caudales de ingreso desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023*

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.321	0.226	0.390	0.337	0.291	0.430	0.339	0.245	0.364	0.350
<b>8:00-9:00</b>	0.489	0.223	0.322	0.554	0.681	0.426	0.292	0.356	0.252	0.355
<b>9:00-10:00</b>	0.349	0.317	0.608	0.776	1.252	0.679	0.407	0.417	0.456	0.375
<b>10:00-11:00</b>	0.464	0.377	0.354	0.638	0.772	0.438	0.340	0.375	0.442	0.613
<b>11:00-12:00</b>	0.206	0.161	0.334	0.647	0.554	0.337	0.282	0.335	0.239	0.368
<b>12:00-13:00</b>	0.437	0.261	0.427	0.427	0.363	0.422	0.288	0.490	0.262	0.340
<b>13:00-14:00</b>	0.398	0.225	0.421	0.407	0.396	0.260	0.268	0.535	0.261	0.230
<b>14:00-15:00</b>	0.361	0.211	0.419	0.315	0.422	0.241	0.259	0.517	0.232	0.248

*Fuente: Alex Fernández*

*Tabla 14. Caudales de ingreso desde miércoles 11 de marzo hasta viernes 20 de marzo de 2023*

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde sábado 11 de marzo hasta lunes 20 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.322	0.399	0.471	0.344	0.338	0.270	0.321	0.495	0.560	0.512
<b>8:00-9:00</b>	0.790	0.821	0.494	0.394	0.427	0.278	0.533	0.526	0.871	0.517
<b>9:00-10:00</b>	0.892	1.351	0.601	0.625	1.029	0.311	0.556	0.708	1.331	0.641
<b>10:00-11:00</b>	0.559	0.770	0.422	0.399	0.391	0.418	0.621	0.524	0.618	0.526
<b>11:00-12:00</b>	0.478	0.564	0.371	0.412	0.337	0.227	0.376	0.488	0.417	0.420
<b>12:00-13:00</b>	0.422	0.510	0.454	0.413	0.341	0.274	0.370	0.552	0.392	0.518
<b>13:00-14:00</b>	0.338	0.622	0.320	0.420	0.386	0.234	0.492	0.500	0.637	0.348
<b>14:00-15:00</b>	0.363	0.657	0.270	0.360	0.357	0.225	0.527	0.525	0.620	0.335

*Fuente: Alex Fernández*

*Tabla 15. Caudales de ingreso desde miércoles 21 de marzo hasta viernes 30 de marzo de 2023*

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde martes 21 de marzo hasta jueves 30 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.484	0.285	0.310	0.336	0.382	0.562	0.449	0.325	0.294	0.273
<b>8:00-9:00</b>	0.609	0.527	0.301	0.374	0.756	0.821	0.475	0.291	0.424	0.365
<b>9:00-10:00</b>	0.666	0.313	0.646	0.650	1.207	1.272	0.644	0.333	0.644	0.472
<b>10:00-11:00</b>	0.657	0.486	0.535	0.553	0.850	0.637	0.444	0.525	0.612	0.431
<b>11:00-12:00</b>	0.573	0.364	0.454	0.413	0.660	0.434	0.362	0.317	0.320	0.368
<b>12:00-13:00</b>	0.489	0.447	0.526	0.562	0.620	0.415	0.428	0.307	0.363	0.283
<b>13:00-14:00</b>	0.542	0.439	0.343	0.449	0.601	0.502	0.264	0.298	0.313	0.345
<b>14:00-15:00</b>	0.520	0.318	0.279	0.315	0.549	0.416	0.270	0.247	0.302	0.243

*Fuente: Alex Fernández*

Adicionalmente, con la finalidad de conocer el comportamiento del caudal, en la Tabla 16 se efectuó un promedio general de los datos de medición del caudal de entrada obtenidos durante los 30 días de medición.

*Tabla 16. Promedio hora de la medición de caudales de entrada por día (l/s)*

Hora de Medición	CAUDALES DE INGRESO DE LA PTAR - (LTS/SEG)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
7:00-8:00	0.47	0.37	0.30	0.29	0.35	0.38	0.45
8:00-9:00	0.48	0.40	0.44	0.29	0.40	0.66	0.80
9:00-10:00	0.64	0.51	0.55	0.44	0.55	0.89	1.30
10:00-11:00	0.46	0.49	0.46	0.44	0.54	0.64	0.70
11:00-12:00	0.37	0.40	0.31	0.29	0.38	0.57	0.49
12:00-13:00	0.45	0.37	0.41	0.32	0.42	0.51	0.42
13:00-14:00	0.30	0.38	0.42	0.28	0.40	0.46	0.54
14:00-15:00	0.28	0.35	0.37	0.24	0.38	0.44	0.52
<b>Promedio=</b>	0.43	0.41	0.41	0.32	0.42	0.57	0.65

*Fuente: Alex Fernández*

Se logró apreciar que las tasas de caudales de entrada más elevadas se dan en las primeras horas del día, entre las 9:00 y 10:00 horas, y que los días de mayor caudal son los fines de semana en especial el domingo con un caudal promedio diario de 0.65l/s.

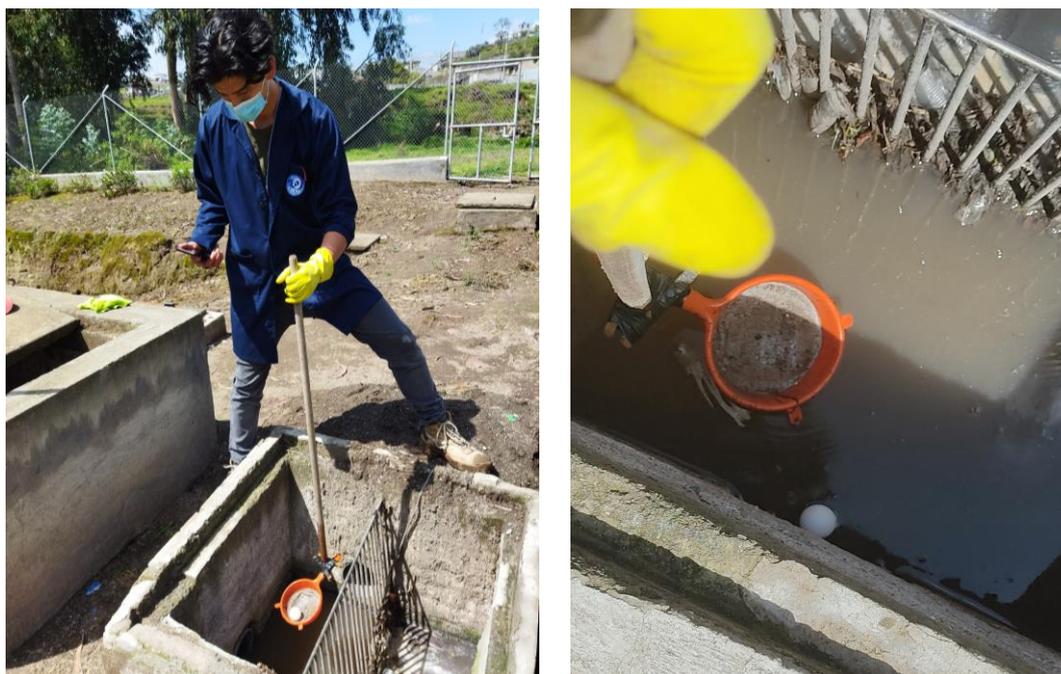
En la Tabla 17, se muestran los resultados de la estadística descriptiva de los caudales de entrada.

*Tabla 17. Estadística descriptiva caudales promedio de entrada*

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL CAUDAL DE INGRESO								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio
<b>Media:</b>	0.432	0.407	0.408	0.324	0.426	0.569	0.580	0.45
<b>Mediana:</b>	0.459	0.389	0.419	0.290	0.399	0.540	0.534	0.43
<b>Desv. estándar:</b>	0.117	0.057	0.083	0.076	0.074	0.162	0.290	0.12
<b>Máximo:</b>	0.644	0.506	0.549	0.443	0.545	0.891	1.188	0.68
<b>Mínimo:</b>	0.278	0.347	0.296	0.239	0.350	0.383	0.423	0.33

*Fuente: Alex Fernández*

Se utilizaron los resultados de la estadística descriptiva para determinar el caudal promedio diario medido durante un período de 30 días, el cual resultó ser de 0.45 litros por segundo. Para recolectar las muestras, se eligió el tercer día con el caudal más alto, que correspondió al día lunes. Esta elección se debió a que los laboratorios donde se analizaron las muestras operan solamente de lunes a viernes, con el objetivo de evitar problemas en la conservación de las muestras. En la Figura 30 se muestra el método utilizado con el flotador para medir el caudal de entrada.



**Figura 30.** Medición de caudales de entrada por método del flotador.

**Fuente:** Alex Fernández

**- Resultados de las mediciones de los caudales de salida**

De igual manera, se utilizó la misma metodología para registrar las mediciones diarias de los caudales de salida que se presenta a continuación en las Tablas 18, 19 y 20.

**Tabla 18.** Caudales de salida desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde miércoles 1 de marzo hasta viernes 10 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>1 M</b>	<b>2 J</b>	<b>3 V</b>	<b>4 S</b>	<b>5 D</b>	<b>6 L</b>	<b>7 M</b>	<b>8 M</b>	<b>9 J</b>	<b>10 V</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.039	0.119	0.123	0.087	0.264	0.177	0.051	0.048	0.166	0.112
<b>8:00-9:00</b>	0.047	0.142	0.160	0.142	0.235	0.192	0.103	0.079	0.204	0.165
<b>9:00-10:00</b>	0.084	0.171	0.241	0.285	0.220	0.205	0.135	0.130	0.224	0.236
<b>10:00-11:00</b>	0.143	0.160	0.217	0.562	0.249	0.262	0.171	0.148	0.281	0.186
<b>11:00-12:00</b>	0.143	0.107	0.182	0.224	0.329	0.170	0.157	0.149	0.162	0.140
<b>12:00-13:00</b>	0.126	0.162	0.186	0.242	0.275	0.143	0.101	0.130	0.130	0.117
<b>13:00-14:00</b>	0.194	0.089	0.225	0.158	0.220	0.097	0.100	0.203	0.104	0.109
<b>14:00-15:00</b>	0.149	0.079	0.182	0.174	0.363	0.121	0.114	0.148	0.113	0.096

**Fuente:** Alex Fernández

*Tabla 19. Caudales de salida desde miércoles 11 de marzo hasta viernes 20 de marzo de 2023*

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde sábado 11 de marzo hasta lunes 20 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.091	0.155	0.183	0.089	0.065	0.076	0.168	0.060	0.168	0.168
<b>8:00-9:00</b>	0.304	0.133	0.195	0.135	0.105	0.118	0.206	0.134	0.218	0.248
<b>9:00-10:00</b>	0.266	0.210	0.216	0.182	0.238	0.151	0.260	0.341	0.309	0.262
<b>10:00-11:00</b>	0.552	0.366	0.300	0.229	0.268	0.242	0.320	0.395	0.356	0.315
<b>11:00-12:00</b>	0.232	0.292	0.168	0.253	0.211	0.220	0.238	0.281	0.243	0.215
<b>12:00-13:00</b>	0.273	0.254	0.139	0.182	0.181	0.117	0.168	0.291	0.245	0.192
<b>13:00-14:00</b>	0.147	0.244	0.098	0.162	0.188	0.097	0.155	0.187	0.251	0.173
<b>14:00-15:00</b>	0.183	0.300	0.117	0.197	0.175	0.086	0.146	0.155	0.400	0.181

*Fuente: Alex Fernández*

*Tabla 20. Caudales de salida desde miércoles 21 de marzo hasta viernes 30 de marzo de 2023*

<b>MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG)</b>										
<b>PERÍODO:</b>	<b>Desde martes 21 de marzo hasta jueves 30 de marzo de 2023</b>									
<b>Hora de Medición</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>J</b>
<b>7:00-8:00</b>	0.206	0.080	0.090	0.143	0.120	0.129	0.106	0.059	0.039	0.124
<b>8:00-9:00</b>	0.258	0.102	0.115	0.128	0.212	0.138	0.135	0.087	0.048	0.142
<b>9:00-10:00</b>	0.280	0.133	0.157	0.144	0.298	0.242	0.164	0.133	0.084	0.173
<b>10:00-11:00</b>	0.267	0.142	0.173	0.177	0.496	0.455	0.225	0.292	0.143	0.162
<b>11:00-12:00</b>	0.251	0.167	0.189	0.228	0.378	0.355	0.199	0.195	0.144	0.106
<b>12:00-13:00</b>	0.210	0.133	0.133	0.167	0.308	0.222	0.208	0.183	0.129	0.162
<b>13:00-14:00</b>	0.174	0.136	0.114	0.137	0.270	0.204	0.132	0.094	0.197	0.089
<b>14:00-15:00</b>	0.193	0.139	0.099	0.128	0.180	0.128	0.128	0.105	0.150	0.080

*Fuente: Alex Fernández*

De igual forma, se efectuó un promedio general de los datos de medición de caudal de salida, la Tabla 21 muestra los valores obtenidos:

**Tabla 21. Promedio hora de la medición de caudales de salida por día (l/s)**

Hora de Medición	CAUDALES DE SALIDA DE LA PTAR - (LTS/SEG)						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
7:00-8:00	0.16	0.10	0.05	0.11	0.14	0.09	0.18
8:00-9:00	0.19	0.15	0.08	0.14	0.16	0.20	0.18
9:00-10:00	0.21	0.18	0.13	0.18	0.22	0.30	0.24
10:00-11:00	0.27	0.24	0.17	0.20	0.22	0.51	0.36
11:00-12:00	0.19	0.22	0.16	0.16	0.20	0.28	0.30
12:00-13:00	0.17	0.17	0.14	0.14	0.16	0.28	0.25
13:00-14:00	0.12	0.13	0.18	0.10	0.16	0.19	0.23
14:00-15:00	0.14	0.15	0.15	0.09	0.14	0.17	0.30
<b>Promedio=</b>	0.18	0.17	0.13	0.14	0.17	0.25	0.26

*Fuente: Alex Fernández*

Se logró apreciar que las tasas de caudales de salida más elevadas se dan entre las 10:00 y 11:00 horas, y que los días de mayor caudal son los fines de semana en especial el día domingo con un caudal promedio diario de 0.26 l/s. Es importante mencionar que, los caudales de salida son valores menores a los caudales de entrada debido al tiempo de retención en cada unidad hidráulica, sólidos retenidos y por evaporaciones del agua.

Asimismo, en la Tabla 22 se presentan los resultados de la estadística descriptiva realizada.

**Tabla 22. Estadística descriptiva caudales promedio de salida.**

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL CAUDAL DE INGRESO								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo	Promedio
<b>Media:</b>	0.182	0.167	0.134	0.140	0.174	0.252	0.256	0.19
<b>Mediana:</b>	0.180	0.160	0.146	0.143	0.162	0.238	0.245	0.18
<b>Des. estándar:</b>	0.047	0.044	0.045	0.037	0.035	0.064	0.124	0.06
<b>Máximo:</b>	0.272	0.238	0.180	0.197	0.224	0.364	0.505	0.28
<b>Mínimo:</b>	0.123	0.102	0.054	0.093	0.137	0.089	0.178	0.11

*Fuente: Alex Fernández*

Se utilizaron los resultados de la estadística descriptiva para determinar el caudal promedio diario de salida medido durante un período de 30 días, el cual resultó ser de 0.19 litros por segundo.

A continuación, se muestra en la Figura 31 la medición del caudal de salida por el método volumétrico:



*Figura 31. Medición de caudales de salida por método volumétrico.  
Fuente: Alex Fernández*

### **3.2.3 Toma de muestras**

Para la toma de muestras, se seleccionó el día lunes, puesto que se observó que este día tiene un promedio más alto de caudal tanto de entrada y salida, excluyendo los fines de semana debido a limitaciones logísticas ya mencionadas.

La metodología experimental fue utilizada para recolectar muestras del lunes 15-05-2023, entre las 7:00 a.m. y las 15:00 p.m., como se muestra en las Figuras 32 y 33, se recolectaron las muestras siguiendo los estándares establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2176:98, la cual se refiere a la calidad del agua y las técnicas de muestreo [24].



**Figura 32.** Recolección de muestra de entrada de agua residual de la PTAR  
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 33.** Recolección de muestra de salida de agua residual de la PTAR.  
**Fuente:** Alex Fernández

Se utilizaron muestras compuestas, las cuales consisten en recoger muestras simples en el mismo punto en distintos momentos pasados. Esta técnica aseguró la representatividad y permitió detectar los efectos de la descarga variable de diferentes contaminantes. Se agregó a la mezcla una cantidad proporcional al caudal correspondiente a cada instante de muestreo. Las muestras simples se tomaron a intervalos constantes de tiempo, por ejemplo, cada hora y se almacenaron en refrigeración [25].

En total se recolectaron 4 muestras compuestas; las muestras de las botellas de 1000ml serán para análisis de los principales parámetros del agua. Mientras que las muestras

de las botellas de 500ml serán para el análisis de presencia de metales tanto del afluente como del efluente.

En la Tabla 23 se determinaron los valores de la muestra compuesta para el afluente.

*Tabla 23. Valores de la muestra compuesta del afluente*

<b>Valores de la muestra compuesta del afluente</b>		
<b>Hora de recolección</b>	<b>Volumen (ml)</b>	
	<b>Recipiente de 1000ml</b>	<b>Recipiente de 500ml</b>
<b>7:00-8:00</b>	135.92	67.96
<b>8:00-9:00</b>	138.52	69.26
<b>9:00-10:00</b>	186.23	93.12
<b>10:00-11:00</b>	133.89	66.95
<b>11:00-12:00</b>	107.87	53.93
<b>12:00-13:00</b>	131.29	65.64
<b>13:00-14:00</b>	85.89	42.94
<b>14:00-15:00</b>	80.39	40.20
<b>Total (ml) =</b>	<b>1000.00</b>	<b>500.00</b>

*Fuente: Alex Fernández*

Asimismo, en la Tabla 24 se determinaron los valores de la muestra compuesta del efluente.

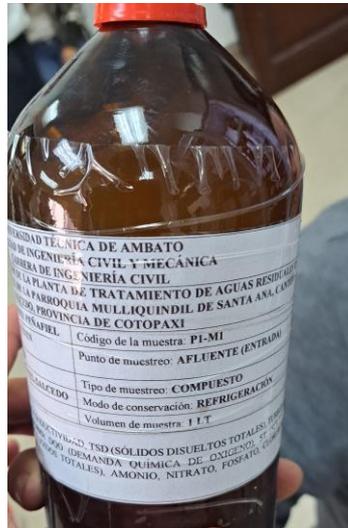
*Tabla 24. Valores de la muestra compuesta del efluente*

<b>Valores de la muestra compuesta del efluente</b>		
<b>Hora de recolección</b>	<b>Volumen (ml)</b>	
	<b>Recipiente de 1000ml</b>	<b>Recipiente de 500ml</b>
<b>7:00-8:00</b>	109.35	54.68
<b>8:00-9:00</b>	132.05	66.02
<b>9:00-10:00</b>	145.80	72.90
<b>10:00-11:00</b>	187.07	93.54
<b>11:00-12:00</b>	129.99	64.99
<b>12:00-13:00</b>	116.92	58.46
<b>13:00-14:00</b>	84.59	42.30
<b>14:00-15:00</b>	94.22	47.11
<b>Total (ml) =</b>	<b>1000.00</b>	<b>500.00</b>

*Fuente: Alex Fernández*

En las Figuras 34 y 35, se observa que las muestras recolectadas se transportaron en botellas ámbar dentro de una hielera al Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Ciencia e Alimentos Y Biotecnología UTA para analizar sus características más preponderantes cumpliendo con lo estipulado en la normativa NTE

INEN 2169:98 Agua, calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras [26].



**Figura 34.** Etiquetado de las muestras compuestas recogidas de la PTAR  
**Fuente:** Alex Fernández



**Figura 35.** Conservación y transporte de muestras compuestas recogidas de la PTAR.  
**Fuente:** Alex Fernández

### 3.3 Etapa III: Análisis de laboratorio de las muestras del agua residual

A partir de los resultados de análisis de laboratorio de las muestras disponibles en el anexo 2, se realizó un análisis comparativo en la Tabla 25, donde se contrastaron los resultados obtenidos del análisis de los parámetros presentes en el afluente y el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con los niveles máximos permisibles para el vertido del efluente a un cuerpo de agua dulce, establecidos en TULSMA 2015, Libro VI Anexo 1 - Tabla 9. Lo que hizo posible comprobar los parámetros analizados e identificar cuales cumplen con los límites permitidos.

**Tabla 25. Comparación de resultados de las muestras analizadas**

	Unidad	Método	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite descarga de un cuerpo de agua dulce)	Cumple
<b>Parámetros globales<sup>1</sup></b>						
pH		SM 4500 B	7.9	7.7	6 a 9	SI
Conductividad	μS/cm	SM 2510 B	1471.7	1353.0	1500	SI
Turbidez	NTU	SM 2130 B	866	438.3	-	SI
<b>Parámetros en laboratorio<sup>2</sup></b>						
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	SM 5220 D	522.2	91.7	200	SI
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/l	SM 5210 D	313.3	53.3	100	SI
Sólidos Totales, ST	mg/l	SM 2540 B	846.7	413.3	1600	SI
Sólidos Suspendedos Totales, SST	mg/l	SM 2540 D	58	33.3	130	SI
Sólidos disueltos totales, TDS	mg/l	SM 2540 C	778.7	380.0	500	SI
Nitrógeno amoniacal, N-NH <sub>3</sub>	mg/l	ASTM D1426, Nessler method	73.1	47	30	NO
Nitrato, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	SM 4500 NO3 E	18.8	8.87	-	SI
Fosfato, P-PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	SM 4500 P E	5.7	4.3	10*	SI
Cloruros, Cl <sup>-</sup>	mg/l	SM 4500 P E	25	17	-	SI
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	4500-Cl G	210	180	1000	SI
Cromo VI, Cr <sup>+6</sup>	mg/l	ASTM D1687-92, Diphenyl-carbohydrazide method	0.087	0.013	0.5	SI
Zinc, Zn	mg/l	SM 3500-Zn B	0.9	0.00	5	SI
Hierro, Fe	mg/l	EPA Phenanthroline method 315B	2.29	0.14	10	SI
Aluminio, Al	mg/l	SM 3500-Al B	1.8	0.61	5	SI
Manganeso, Mn	mg/l	SM 3500-Mn B	4	1	2	SI
Cobre, Cu	mg/l	SM 3500-Cu B	0.10	0.07	1	SI
<b>Metales por Absorción Atómica<sup>3</sup></b>						
Cadmio, Cd	mg/l	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As	0.0074	0.0028	0.02	SI
Niquel, Ni	mg/l		n.d	n.d	2.0	SI
Cromo total, Cr	mg/l		0.0268	0.0232	-	SI
Plomo, Pb	mg/l		0.0115	0.0127	0.2	SI
Arsénico, As	mg/l		n.d	n.d.	0.1	SI

*Fuente: Alex Fernández*

Como se evidenció en los resultados, no existe presencia considerable de metales pesados en las aguas residuales, debido a que la red de alcantarillado está conectada solo a domicilios y no existe presencia de industrias.

Asimismo, se observó que el contenido de nitrógeno amoniacal en los resultados obtenidos supera los límites establecidos. La presencia de este contaminante es tóxica para muchos organismos acuáticos, ya que puede agotar el oxígeno disuelto en el agua. La generación de nitrógeno amoniacal puede ocurrir debido a la hidrólisis de la urea en el tanque séptico [27], [28].

Sin embargo, al analizar también el nitrógeno en el afluente, se identificó que excede el valor máximo establecido en la Tabla 8 de la norma TULSMA para aguas residuales en alcantarillado. Esto indica que las causas del nitrógeno amoniacal provienen por razones externas a la planta. Por ejemplo, a partir de entrevistas adicionales realizadas a la población, se ha observado que los agricultores lavan sus recipientes de fertilizantes en las lavanderías.

Entre las opciones más utilizadas para la reducción del nitrógeno amoniacal, se destacan las plantas acuáticas conocidas como macrófitos. Estos sistemas realizan el proceso de nitrificación con la asimilación de nutrientes por parte de plantas, macroalgas y/o moluscos. Estos organismos convierten los nutrientes en biomasa, la cual puede ser extraída y posee un valor frecuentemente aprovechable [29].

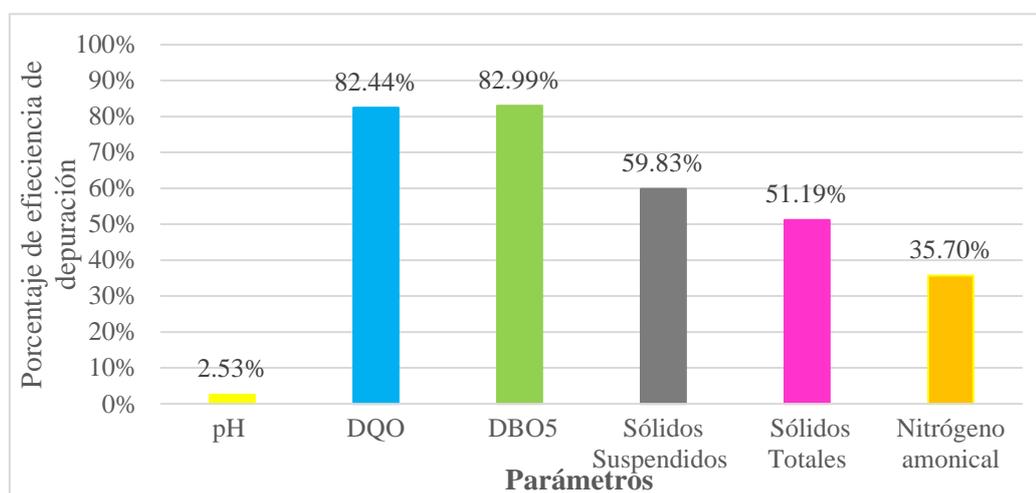
La implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales ofrece ventajas como costos moderados de construcción, bajo consumo de energía y bajo mantenimiento. En la tesis “Depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales” realizada Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se obtuvo resultados positivos con la determinación de la eficiencia de depuración de los humedales artificiales, obteniendo una reducción del nitrógeno amoniacal del 74 a 81%. Además, estos sistemas también han demostrado eficiencia en la reducción de patógenos, sólidos suspendidos, materia orgánica y elementos traza, por lo que son una buena alternativa para complementar el tratamiento de las aguas residuales [29], [30].

En la Tabla 26 y Figura 36 se muestra la eficiencia de depuración de los principales parámetros que se evaluaron mediante la Ecuación 2, esto permitió conocer la eficiencia en el tratamiento del agua residual de la PTAR.

**Tabla 26. Porcentaje de eficiencia en la depuración de contaminantes**

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% Eficiencia de depuración
pH	-	7.9	7.7	2.53%
DQO	mg/l	522.2	91.7	82.44%
DBO <sub>5</sub>	mg/l	313.3	53.3	82.99%
Sólidos Suspendidos	mg/l	58	23.3	59.83%
Sólidos Totales	mg/l	846.7	413.3	51.19%
Nitrógeno amoniacal	mg/l	73.1	47	35.70%
Promedio				55.79%

*Fuente: Alex Fernández*



**Figura 36. Representación gráfica del porcentaje de eficacia en el proceso de depuración de contaminantes.**

*Fuente: Alex Fernández*

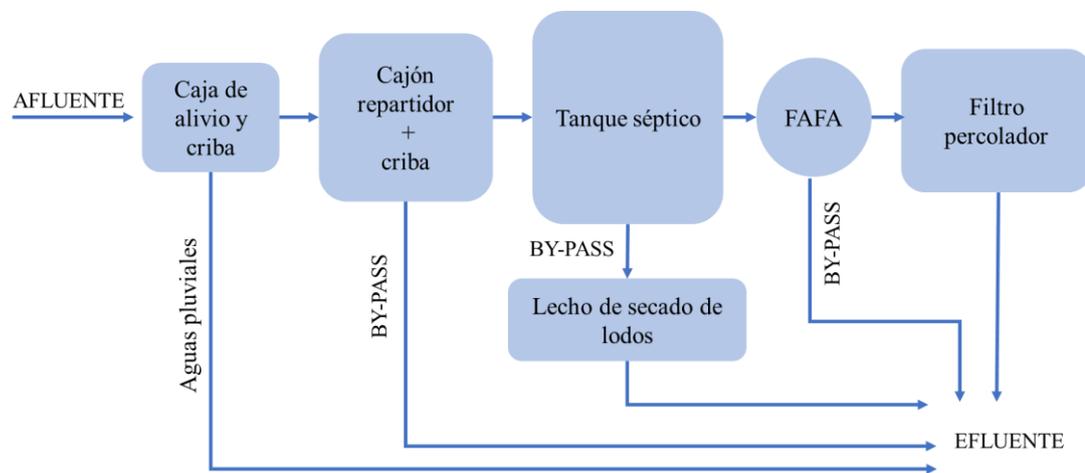
De acuerdo con Metcalf & Eddy, el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) juega un papel crucial en su rendimiento. Por lo tanto, es esencial no solo analizar la calidad del efluente líquido mediante pruebas de laboratorio, sino también evaluar los porcentajes de eliminación de sustancias dañinas. En la Tabla 26 se muestra que el pH es de 7.7 lo cual indica una solución alcalina o básica. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución, que se expresa en una escala numérica de 0 a 14, donde 7 representa el punto neutro.

Además, se observa que la eficiencia de eliminación tanto de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) como de la DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno) es del 82.44% y 82.99%, respectivamente. También es importante destacar que los

porcentajes de depuración de sólidos suspendidos y totales fueron del 30.63% y 51.19%, respectivamente. Estos resultados demuestran que la PTAR cumple con los límites máximos establecidos en la norma TULSMA, a excepción del nitrógeno amoniacal, el cual con una eficiencia del 22.02% no logra cumplir con el rango.

### 3.4 Etapa IV: Comparación y verificación de resultados obtenidos

En la planta de tratamiento de aguas residuales, se encuentra implementado un proceso de tratamiento convencional básico. Este proceso consta de varias etapas, que incluyen una etapa preliminar, una etapa primaria (que incluye un cajón repartidor, un tanque séptico y un lecho de secado de lodos), una etapa secundaria, filtros biológicos ascendentes y una etapa terciaria con un filtro percolador.



*Figura 37. Procesos unitarios de la PTAR.*

*Fuente: Alex Fernández*

#### 3.4.1 Diagnóstico técnico del funcionamiento actual de la PTAR

Con el objetivo de anticipar y abordar posibles problemas futuros, así como evaluar la integridad estructural y garantizar un funcionamiento óptimo y ambientalmente seguro, se llevó a cabo un diagnóstico técnico exhaustivo del sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Este diagnóstico implicó evaluar el rendimiento de cada unidad hidráulica en comparación con los criterios de diseño establecidos por las normativas vigentes.

Para el diagnóstico del funcionamiento de todas las unidades hidráulicas, se necesita saber del caudal máximo horario, el cual se lo detalla de la siguiente manera:

### **Cálculo del Caudal Máximo Horario.**

La capacidad nominal de la planta de tratamiento se definirá como el máximo diario anticipado al final del período o etapa de diseño, al cual se le agregará un 10%. Para asegurar una capacidad hidráulica adecuada, se requerirá que esta sea un 10% a un 25% mayor que su capacidad nominal. Este objetivo se logrará mediante la aplicación de criterios de diseño conservadores en los procesos unitarios seleccionados.

En caso de que la conducción se conecte directamente a una red de distribución sin contar con reservorios de emergencia, el caudal de diseño se determinará al multiplicar el caudal medio anual por el coeficiente de variación diaria y el coeficiente de variación horaria. [31]

$$Q_{MH} = K_{maxdía} * K_{maxhor} * Q_{med}$$

Donde:

$K_{maxdía}$  = Coef. de mayoración del consumo máximo diario (1.3 – 1.5)

$K_{maxhor}$  = Coef. de mayoración del consumo máximo horario (2 – 2.3)

$Q_{med}$  = Caudal medio.

$Q_{mh}$  = Caudal máximo horario

Para encontrar el caudal máximo horario se utilizó el caudal medio obtenido a partir de las mediciones realizadas durante los 30 días.

$$Q_m = 0.45 \frac{lt}{s}$$

- Coeficientes de mayoración.

$$Q_{MH} = K_{maxdía} * K_{maxhor} * Q_{med}$$

$$Q_{MH} = 1.4 * 2.15 * 0.45 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{MH} = 1.32 \frac{lt}{s}$$

- Porcentaje de capacidad hidráulica

$$Q_{MH} = Q_{MH} + 10\%(Q_{MH})$$

$$Q_{MH} = 1.32 \frac{lt}{s} + 10\%(1.32 \frac{lt}{s})$$

$$Q_{MH} = 1.46 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{MH} = 5.26 m^3/h$$

$$Q_{MH} = 126.14 m^3/día$$

### Caja de alivio con rejilla de cribado

Dado que no se dispone de una normativa específica para el diagnóstico técnico de la caja de alivio, se consideró el diagnóstico visual en el cual se había mencionado que la caja de alivio está funcionando correctamente.

#### - Rejilla de cribado

En la Tabla 27, se compararon las dimensiones actuales de la rejilla con los parámetros de diseño establecidos por el manual de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) [32].

*Tabla 27. Comparación con los parámetros de diseño de la rejilla en la caja de alivio*

Parámetros de diseño	Rango permitido	Valores medidos	Cumplimiento (manual de la CONAGUA)
Diámetro de barras (cm)	0.6 a 1.6	1	SI
Espacio entre barras (cm)	2.5 a 5.1	3	SI
Pendiente con la horizontal	30 a 60	70°	NO

*Fuente: Alex Fernández*

Se determinó que la caja de alivio está funcionando de manera óptima. La pendiente de la rejilla está un poco fuera del rango recomendado, pero no representa problemas.

### Cajón repartidor con rejilla de cribado

#### - Rejilla de cribado

De igual manera, según el manual de la CONAGUA, en la Tabla 28 se evidencia que la rejilla cumple con los parámetros de diseño [32].

*Tabla 28. Comparación con los parámetros de diseño de la rejilla en el cajón desarenador*

Parámetros de diseño	Rango permitido	Valores medidos	Cumplimiento (manual de la CONAGUA)
Diámetro de barras (cm)	0.6 a 1.6	1	SI
Espacio entre barras (cm)	2.5 a 5.1	3	SI
Pendiente con la horizontal	30 a 60	45°	SI

*Fuente: Alex Fernández*

La estructura hidráulica se encontró en buen estado. Por lo tanto, no se consideró necesario sugerir mejoras en esta área, pero se recomendó realizar mantenimiento periódico de limpieza.

### **Tanque séptico**

Se empleó la Guía de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización con el fin de diagnosticar la unidad en cuestión. Para llevar a cabo este proceso, se requirió obtener información, la cual se detalla a continuación [33].

Para el diagnóstico del tanque séptico, se calcula un caudal de diseño en función de la población futura, garantizando así su función hasta el final de su periodo de diseño.

#### **- Población de diseño a futuro**

Mediante los datos estadísticos de población de entre los años 1990 y 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), se determinó la población futura de la parroquia Mulliquindil perteneciente al cantón Salcedo. Dichos datos se presentan en la Tabla 29.

La norma CPE INEN 5 Parte 9.2:1997 Primera revisión, se sugiere que se utilice el método geométrico para calcular la población futura en el diseño de estos sistemas [32].

#### **- Taza de crecimiento en años (r) método geométrico**

La tasa de crecimiento se calculó mediante la ecuación que se muestra a continuación.

$$r = \left( \frac{Pf}{Pi} \right)^{1/t} - 1$$

**Donde:**

**Pf:** Población final

**Pi:** Población inicial

**t:** Intervalo de tiempo

**Tabla 29. Población de la parroquia Mulliquindil 1990-2010**

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Intervalo de tiempo t(años)</b>	<b>Tasa de crecimiento r (%)</b>
1990	3332	---	---
2001	3140	11	-0.54%
2010	3488	9	1.17%

*Fuente: INEC*

Para el diagnóstico se requirió realizar una estimación de las aguas residuales, para ello, se requirió la población servida, en este caso en el número de usuarios actuales del sistema de alcantarillado, que es de 135. Según la información proporcionada por el INEC, en la parroquia Mulliquindil, el promedio de personas por hogar es de aproximadamente 3.66 habitantes. En base a este promedio, se estima que la población total atendida en el sector es de 495 habitantes [34].

Las plantas de tratamiento son generalmente diseñadas para un periodo de 20 años, por lo cual se calculará la población futura hasta el año 2037.

#### **Cálculo de la población futura (Pf)**

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$Pf = 495 * (1 + 1.17\%)^{14}$$

$$Pf = 583 \text{ hab}$$

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Mulliquindil, la dotación de agua potable es aproximadamente de 130 litros por habitante por día. De acuerdo con las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP de Quito, el caudal de aporte unitario de aguas residuales se determina considerando un porcentaje de retorno al sistema de alcantarillado. Este porcentaje está entre el 70% y el 80% del caudal generado para su retorno al sistema de alcantarillado [35].

Para determinar el caudal de diseño se consideraron los datos mostrados a continuación.

#### **- Caudal de aporte unitario de aguas residuales (Q)**

$$Q = C * Da$$

Donde:

**C:** Factor de retorno (0.7)

**Da:** Dotación actual= 130 l/(hab\*día)

$$Q = 0.7 * 130 \text{ l}/(\text{hab} * \text{día})$$

$$Q = 91 \text{ l}/(\text{hab} * \text{día})$$

*Tabla 30. Datos para el diagnóstico del tanque séptico*

Datos	Nomenclatura	Valor	Unidad
Población servida	P	583	hab
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	91	l/(hab*día)

*Fuente: Alex Fernández*

- **Periodo de retención hidráulica (PR)**

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(P * Q)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log(583 \text{ hab} * 91 \text{ lt} / (\text{hab} * \text{día}))$$

$$PR = -1.76 \text{ día}$$

Al ser un valor negativo se descarta y se opta por utilizar el valor mínimo establecido en la norma igual a 6 horas, o lo equivalente a 0.25 días.

$$PR = 0.25 \text{ día}$$

- **Volumen requerido para la sedimentación (Vs)**

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR$$

$$Vs = 10^{-3} (583 \text{ hab} * 91 \text{ l}/\text{hab} * \text{día}) * 0.25 \text{ días}$$

$$Vs = 13.26 \text{ m}^3$$

- **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (Vd)**

N: Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de depuración de lodos.

*N = 1 año (mínimo)*

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N$$

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 583 * 1$$

$$Vd = 40.81 \text{ m}^3$$

- **Volumen de natas (Vn)**

$$Vn = 0.7 \text{ m}^3 (\text{Valor mínimo})$$

- **Volumen total teórico del tanque séptico (Vt)**

$$Vt = Vs + Vd + Vn$$

$$Vt = 13.26 m^3 + 40.81m^3 + 0.7m^3$$

$$Vt = 54.77 m^3$$

- **Volumen real actual del tanque séptico (Va)**

Las dimensiones reales se muestran en la Tabla 31.

$$Vr = ancho \text{ útil} * largo \text{ útil} * altura \text{ útil}$$

$$Vr = 4 m * 8.60 m * 1.60m$$

$$Vr = 55.04 m^3$$

**Tabla 31.** Comparación con los parámetros de diseño del tanque séptico

Parámetros de diseño	Unidad	Valores teóricos	Valores actuales	Cumple con la Guía OPS
Volumen útil	m <sup>3</sup>	54.77	55.04	Si

*Fuente: Alex Fernández*

Según los datos presentados en la Tabla 31 del análisis, se puede concluir que el volumen teórico del tanque séptico es de 54.77 m<sup>3</sup>, mientras que el volumen real del tanque séptico es de 55.04 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se puede afirmar que el tanque séptico cumple con los parámetros generales de diseño establecidos en la norma para lograr una depuración adecuada de las aguas residuales. A pesar de tener una estructura adecuada, es necesario implementar un plan de mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento de esta unidad.

### **Filtro anaerobio de flujo ascendente**

El manual de CONAGUA para filtros anaerobios de flujo ascendente fue utilizado como referencia para realizar el diagnóstico de este componente hidráulico. Dicho manual proporciona criterios de diseño que son aplicables al dimensionamiento y funcionamiento adecuado de los filtros anaerobios de flujo ascendente. La Tabla 32 muestra los datos para el diagnóstico del filtro.

*Tabla 32. Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio flujo ascendente.*

Datos	Nomenclatura	Unidad	Valor
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	m <sup>3</sup> /día	126.14
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 (Afluente)	So	mg O <sub>2</sub> /l	313.3
Altura real del filtro	H	m	2.2
Diámetro real del filtro	D	m	5
Altura del borde libre	h	m	0.7
Altura del bajo dren	b	m	0.3

*Fuente: Alex Fernández*

- **Área real del filtro (A)**

$$A = \pi * \frac{D^2}{4}$$

$$A = \pi * \frac{(5)^2}{4}$$

$$A = 19.63m^2$$

- **Volumen real del filtro (V)**

$$V = A * H$$

$$V = 19.63m^2 * 2.2m$$

$$V = 43.20 m^3$$

- **Altura del medio filtrante (hm)**

$$hm = H - h - b$$

$$hm = (2.2 - 0.70 - 0.30)m$$

$$hm = 1.20 m$$

- **Volumen del medio filtrante (Vm)**

$$Vm = hm * A$$

$$Vm = 1.20m * 19.63m^2$$

$$Vm = 23.56 m^3$$

- **Tiempo de retención hidráulico (TRH)**

$$TRH = \frac{Vm}{Q}$$

$$TRH = \frac{23.56 m^3}{126.14 m^3/día}$$

$$TRH = 0.19 \text{ día} = 4.48 \text{ horas}$$

- **Eficiencia de depuración teórico (E)**

$$E = 100 \left( 1 - 0.87 * (TRH^{-0.5}) \right)$$

$$E = 100(1 - 0.87 * (4.48^{-0.5}))$$

$$E = 58.91\%$$

- **Carga hidráulica superficial (CHS)**

$$CHS = \frac{Q}{A}$$

$$CHS = \frac{126.14 \text{ m}^3/\text{día}}{19.63 \text{ m}^2}$$

$$CHS = 6.42 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

A continuación, se muestra la Tabla 33 que resume los resultados obtenidos y compara los filtros anaerobios de flujo ascendente con las normas de diseño.

**Tabla 33.** Comparación con los parámetros de diseño del FAFA

Parámetros	Unidad	Rango (OPS)	Valor Real Calculado	Cumplimiento
Medio filtrante	-	Piedra	Piedra	SI
Altura del medio filtrante	m	0.8 a 3.0	1.2	SI
Diámetro	m	3 a 8	5.00	SI
Tiempo de retención hidráulico	horas	3 a 6	4.74	SI
Carga hidráulica superficial	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día	6 a 15	6.42	SI

*Fuente:* Alex Fernández

Los resultados obtenidos indicaron que los valores actuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) cumplen con el rango especificado en la normativa. Esto demuestra que se ajusta a los parámetros de diseño establecidos en el Manual de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

### Filtro percolador

La evaluación de las dimensiones se realizó siguiendo el modelo de National Research Council (NRC) para filtros percoladores de tasa baja. Este enfoque toma en cuenta

aspectos como el flujo de agua, la carga orgánica, la carga hidráulica y las propiedades del material de filtración [36].

Por otro lado, para la evaluación de la distribución del agua sobre la superficie se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000, así como en la Guía para el diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas OPS/CEPIS/06.174. Estos documentos proporcionan varios criterios técnicos que los lechos de filtración vertical de tipo descendente deben cumplir [37], [38].

La Tabla 34 presenta los datos utilizados para el diagnóstico del lecho filtrante.

*Tabla 34. Datos para el diagnóstico del filtro percolador*

Datos	Nomenclatura	Unidad	Valor
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	m <sup>3</sup> /día	126.14
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 (Afluente)	So	mg O <sub>2</sub> /l	313.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 (Efluente)	Se	mg O <sub>2</sub> /l	53.3
Eficiencia de depuración	E	%	83
Relación de recirculación	R	-	0
Longitud del lecho filtrante	L	m	3
Ancho del lecho filtrante	B	m	2
Espesor del lecho filtrante	e	m	1
Diámetro de huecos en drenes	d	mm	3
Espaciamiento entre drenes	n	m	0.6

*Fuente: Alex Fernández*

- **Cálculo de la carga orgánica (W)**

$$W = S_o * Q$$

$$W = 313.3 * 10^{-3} * 119.23$$

$$W = 39.52 \text{ kg/d}$$

- **Cálculo del factor de recirculación (F)**

$$F = \frac{1 + R}{(1 + 0.1R)^2}$$

$$F = \frac{1 + 0}{(1 + 0.1 * 0)^2}$$

$$F = 1$$

- **Cálculo del volumen teórico del filtro (V)**

$$V = \frac{W}{F} * \left[ \frac{0.443 * E}{1 - E} \right]^2 * 10^{-3}$$

$$V = \frac{39.52}{1} * \left[ \frac{0.443 * 0.83}{1 - 0.83} \right]^2$$

$$V = 0.18 \text{ m}^3$$

- **Espaciamiento entre drenes (n)**

$$n = \frac{1}{16} * L$$

$$n = \frac{1}{16} * 3$$

$$n = 0.188 \text{ m}$$

- **Separación de la tubería con respecto a la pared de entrada (s)**

$$s = \frac{1}{32} * L$$

$$s = \frac{1}{32} * 3$$

$$s = 0.094 \text{ m}$$

La Tabla 35 presenta el resumen de los valores obtenidos, y la verificación de cumplimiento según la normativa.

**Tabla 35.** Comparación con los parámetros de diseño del filtro percolador

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor calculado	Valor real	Cumplimiento
Medio filtrante	-	Grava	-	Grava	SI
Volumen	m3	-	0.18	6	SI
Espesor del lecho filtrante	m	0.6 a 1.2	-	1	SI
Diámetro de perforación en el dren	mm	2 a 4	-	2	SI
Espaciamiento entre drenes	m	L/16 o max. 1.50	0.18	0.6	SI
Distancia de separación de tubería con respecto a la pared de entrada	m	1/32L o Max. 1m	0.094	0.15	SI

Fuente: Alex Fernández

En base a los resultados obtenidos y la verificación es posible mencionar que este componente hidráulico ubicado al final de los procesos descontaminantes de la PTAR, está operando de manera adecuada puesto que cumple con todos los parámetros básicos que debe tener un componente hidráulico de este tipo. Sin embargo, según la información levantada en campo se debe realizar un mantenimiento adecuado a este lecho filtrante, debido que contiene presencia de vegetación en la superficie.

### **Lecho de secado de lodos**

La evaluación del lecho de secado de lodos se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en la guía de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) titulada "Diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización" con el código OPS/CEPIS/05.163 [33]. Esta guía proporciona criterios generales y fórmulas para dimensionar adecuadamente el lecho de secado de lodos, especialmente diseñado para su implementación en comunidades pequeñas.

A continuación, la Tabla 36 presenta los datos utilizados para el diagnóstico:

*Tabla 36. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos*

<b>Datos</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor</b>
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	lt/s	1.46
Sólidos en suspensión en el agua residual cruda(Afluyente)	SS	mg/l	58
Densidad de lodos de caudal doméstico (Según CONAGUA)	$\rho$ lodos	Kg/l	1.04
Largo real del lecho de secado	L	m	1.2
Ancho real del lecho de secado	B	m	1
Profundidad real del lecho de secado	H	m	0.8
Profundidad de aplicación	Ha	m	0.4

*Fuente: Alex Fernández*

#### **- Tiempo solicitado para la digestión de lodos**

La parroquia Mulliquindil posee una temperatura promedio de 12 °C por lo cual según la Tabla 37 se adoptó un valor aproximado al promedio de 15°C y por ende un tiempo de digestión de lodos en días de:

$$T_d = 55 \text{ días}$$

**Tabla 37. Tiempo requerido para la digestión de lodos según la temperatura**

Temperatura °C	Tiempo de digestión en días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS/CEPIS/05.163 [33].

- **Carga de sólidos que ingresan al tanque séptico (C)**

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 1.46 \frac{l}{s} * 58 \frac{mg}{s} * 0.0864$$

$$C = 7.32 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd)**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 7.32) \frac{kg \text{ de SS}}{día} + (0.5 * 0.3 * 7.32) \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

$$Msd = 2.38 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (Vld)**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} * \left( \frac{\% \text{ de sólido}}{100} \right)}$$

La densidad de los lodos según CONAGUA provenientes de caudales domésticos corresponde a 1.04 Kg/l por lo que se adopta este valor.

El porcentaje de sólidos en lodo varía entre 8 a 12%, para el análisis se tomó un valor intermedio del 10%.

$$Vld = \frac{2.38 \frac{kg \text{ de SS}}{día}}{1.04 \text{ kg/l} * \left( \frac{10}{100} \right)}$$

$$Vld = 22.86 \text{ l/día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel)**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{22.86 \text{ l/dia} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$Vel = 1.26 \text{ m}^3$$

- **Área teórica del lecho de secado de lodos (Als)**

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{1.26 \text{ m}^3}{0.40\text{m}}$$

$$Als = 3.14 \text{ m}^2$$

- **Área real del lecho de secado de lodos (Arls)**

$$Arls = L*B$$

$$Arls = 1.2\text{m} * 1\text{m}$$

$$Arls = 1.20 \text{ m}^2$$

**Tabla 38.** Comparación con los parámetros de diseño del lecho de secado de lodos

Parámetro	Unidad	Valor real	Valor calculado	Cumplimiento
Área del lecho	m2	1.2	3.14	NO

*Fuente: Alex Fernández*

En la Tabla 38 se muestran los resultados obtenidos en el diagnóstico, donde el área teórica calculada según la normativa debería tener el lecho de secado de lodos de 3.14 m<sup>2</sup>, y el área real que tiene el lecho de 1.2 m<sup>2</sup>, por lo cual se puede identificar que esta área es menor que la establecida según la normativa, por lo tanto, las dimensiones que actualmente posee la PTAR en el lecho de secado de lodos no son las adecuadas para realizar este proceso. Además, al no estar protegido de las condiciones climáticas que se presentan en la zona hacen que esta unidad no cumpla su función completamente.

### 3.1.4.2 Verificación de hipótesis

La planta de tratamiento de aguas residuales del barrio Sur San Miguel presenta deficiencias en su funcionamiento actual. Aunque el agua que ingresa cumple con los límites establecidos por la norma TULSMA 2015 para descargas a cuerpos de agua, excepto por el nitrógeno amoniacal, se han identificado problemas relacionados con el diseño de las unidades hidráulicas, como el lecho de secado de lodos. Asimismo, la

falta de un plan adecuado de limpieza y mantenimiento específico para cada unidad hidráulica ha generado la presencia de olores desagradables y proliferación de vegetación. En la Tabla 39 se muestra el resumen del funcionamiento de la PTAR.

**Tabla 39.** Cuadro resumen del funcionamiento actual de los componentes de la PTAR

Componente	Observación	Cumple
Caja de alivio	La caja de alivio está funcionando correctamente. La rejilla de cribado no se encuentra colocada al ángulo adecuado, pero cumple con su función.	Si, parcialmente
Desarenador	Las rejillas de cribado cumplen con los rangos mínimos de profundidad, ancho, y espaciamiento entre barras para la retención de sólidos y permitir una correcta circulación del agua residual hacia la PTAR, mientras que el desarenador posee valores que cumplen en su mayoría con los normativos.	Si
Tanque séptico	Esta unidad hidráulica posee un volumen calculado de 53.62 m <sup>3</sup> según la normativa, el cual es menor al volumen real de 55.04 m <sup>3</sup> , por lo cual satisface la demanda de aguas residuales que ingresan diariamente en este componente.	Si
Filtro anaerobio de flujo ascendente	El material filtrante es de piedra, cumpliendo con el normado, las dimensiones y los parámetros hidráulicos están en el rango recomendado, adicional, la eficiencia de depuración teórica es de 60.05% valor muy cercano a los 65 a 75 % esperado para este tipo de filtros, por lo tanto, el filtro se encuentra en funcionando óptimamente.	Si
Filtro percolador	Todos los parámetros de diseño de este componente cumplen con el diseño, su funcionamiento es el correcto, sin embargo, es necesario proporcionar una correcta limpieza y mantenimiento al material filtrante puesto que contiene presencia de vegetación en su interior.	Si
Lecho de secado de lodos	El área calculada que presenta este componente es de 2.80 m <sup>2</sup> , mientras que el área real es de 1.2 por lo tanto no satisface la demanda de lodos a tratar.	No

*Fuente: Alex Fernández*

A partir del análisis realizado se encontraron deficiencias en el funcionamiento de la PTAR, por lo que se requiere emplear el rediseño de las unidades hidráulicas deficientes y la implementación de un plan de operación y mantenimiento. Estas acciones son cruciales para asegurar que la planta opere en condiciones óptimas y cumpla con su objetivo de tratamiento de aguas residuales de manera efectiva.

### **3.1.5 Etapa V: Propuesta de mejoras de la PTAR**

Con los resultados obtenidos, se propuso mantener el tren actual de tratamiento de aguas residuales, pero se sugiere añadir macrófitos flotantes en el filtro anaerobio de flujo ascendente debido a que a pesar de que los parámetros analizados en el agua de salida cumplen con los límites permitidos establecidos por la norma TULSMA 2015, el nitrógeno amoniacal sobrepasa los límites establecidos. Por lo tanto, se propone esta solución como una opción económica.

Asimismo, se observó que el proceso de secado de lodos no es eficiente debido a la exposición de los lodos a las condiciones climáticas, como las precipitaciones, que dificultan su secado. Para abordar esta situación y asegurar un secado de lodos efectivo, se sugiere el rediseño de esta unidad y la implementación de una cubierta protectora.

Por último, se propuso un plan de mantenimiento y operación que sirve como una guía detallada de la operación de la PTAR, además de incluir información sobre las tareas de mantenimiento preventivo para asegurar el funcionamiento correcto de la planta de tratamiento de aguas residuales.

#### **3.1.5.1 Mejora 1: Implementación de macrófitos flotantes en el FAFA**

Debido a las condiciones climáticas del lugar, se optó por seleccionar los macrófitos flotantes de la familia *Eichhornia Crassipes*, ya que son característicos de climas templados. Estas plantas tienen la capacidad de descomponer la materia orgánica mediante microorganismos que se encuentran alrededor de sus raíces. Además, estas plantas acuáticas tienen la capacidad de absorber nitrógeno y fósforo esenciales para su crecimiento y reproducción. Por lo tanto, se decidió utilizarlas como complemento a las unidades de tratamiento secundario [39].

##### **- Plantas de lechuguín (*Eichhornia Crassipes*)**

La planta acuática *Eichhornia crassipes*, también conocida como "jacinto de agua" o "buchón de agua", es un macrófito vascular flotante que se encuentra en aguas dulces. Es originaria de Suramérica. En la Figura 38 se puede observar que sus tallos y hojas están formados por sacos llenos de aire, lo que le permite mantenerse suspendida en la superficie del agua de forma permanente. Esta planta se reproduce tanto sexual como

asexualmente y suele predominar en cuerpos de agua de climas tropicales y subtropicales. Es considerada una especie invasiva debido a su gran capacidad para adaptarse a diversos ecosistemas [40].



*Figura 38. Planta acuática Eichhornia crassipes.  
Fuente: CONABIO.*

- **Densidades operacionales de las plantas macrófitas en el tratamiento de aguas residuales**

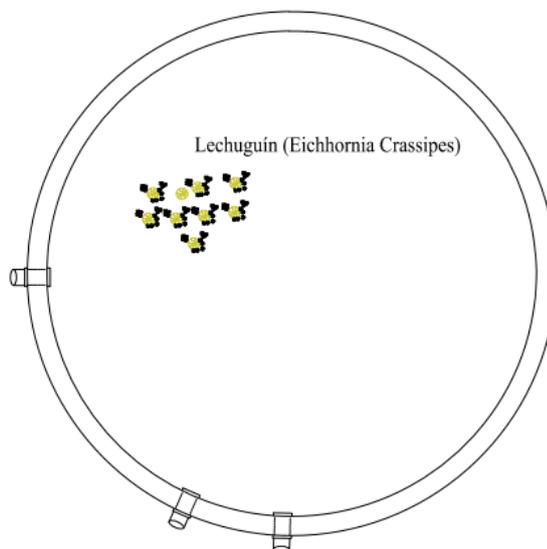
Un aspecto crucial en el tratamiento de aguas residuales con especies acuáticas es la densidad operativa de las plantas. La cosecha de las plantas es necesaria para evitar la acumulación de biomasa muerta en el agua, lo cual demandaría Oxígeno para su descomposición. Además, la remoción de nutrientes es más efectiva durante la etapa de crecimiento de las plantas en comparación con su etapa madura [41].

Un método utilizado para el empleo de las plantas acuáticas es cubrir la laguna con las plantas hasta un 50 % de la superficie del agua al inicio del tratamiento. Luego, a través de cosechas periódicas, se mantiene la biomasa dentro del rango recomendado de operación o se mantiene una cobertura del 75 % del espejo de agua durante el funcionamiento del humedal [41].

La eficiencia de los lechugines en la reducción del nitrógeno amoniacal puede variar debido a factores como las condiciones del entorno, temperatura, la cantidad y frecuencia de aplicación, y la variedad de lechugines utilizada. Se recomienda realizar pruebas de laboratorio después de 3 meses, para medir los niveles de nitrógeno después

de utilizar los lechugines. Estas pruebas proporcionarán una estimación del grado de reducción del nitrógeno amoniacal en un sistema específico.

En la Figura 39 se observa la implantación de los lechugines en el filtro anaerobio de flujo ascendente.



**Figura 39.** Implantación de lechuguín (*Eichhornia Crassipes*)

*Fuente:* Alex Fernández

**- Responsable**

La responsabilidad de llevar a cabo la mejora presentada recaerá en el departamento de obras públicas del Gad Municipal Salcedo.

**- Presupuesto**

En la Tabla 40, se muestra el presupuesto realizado para llevar a cabo la mejora propuesta, se detalla el rubro necesario, así como su unidad de medida, cantidad y precio unitario. El presupuesto es único y asciende a 23.59 dólares.

**Tabla 40.** Presupuesto para la mejora 1: Implementación de macrófitos flotantes en el filtro anaerobio de flujo ascendente

Rubro No.	Descripción	Uni.	Cant.	Precio Unit	Precio Total
<b>IMPLEMENTACIÓN DE MACRÓFITOS FLOTANTES</b>					
1	S. C. de rizomas de lechugines ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	u	1.00	23.59	23.59
<b>Subtotal =</b>					<b>23.59</b>

*Fuente:* Alex Fernández

### 3.1.5.2 Mejora 2: Rediseño del lecho de secado de lodos con una cubierta

Para el rediseño del lecho de secado de lodos se llevó a cabo siguiendo las pautas establecidas en la guía de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) titulada "Diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización" con el código OPS/CEPIS/05.163 [33]. Esta guía proporciona criterios generales y fórmulas para dimensionar adecuadamente el lecho de secado de lodos, especialmente diseñado para su implementación en comunidades pequeñas.

Para el rediseño del lecho de secado de lodos, se va a emplear el caudal máximo horario de 1.46 l/s de la PTAR.

A continuación, la Tabla 41 presenta los datos utilizados para el diagnóstico:

*Tabla 41. Datos para el rediseño del lecho de secado de lodos*

Datos	Nomenclatura	Unidad	Valor
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	lt/s	1.46
Sólidos en suspensión en el agua residual cruda (Afluente)	SS	mg/l	58
Densidad de lodos (Según normativa)	$\rho$ lodos	Kg/l	1.04
Profundidad de aplicación (20-40 cm)	Ha	m	0.4

*Fuente: Alex Fernández*

#### - Tiempo solicitado para la digestión de lodos

Según la Tabla 38 se adoptó un valor aproximado al promedio de 15°C y con el respectivo tiempo de digestión de lodos en días de:

$$Td = 55 \text{ días}$$

#### - Carga de sólidos que ingresan al tanque séptico

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 1.46 \frac{l}{s} * 58 \frac{mg}{s} * 0.0864$$

$$C = 7.32 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

#### - Masa de sólidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 7.32) \frac{kg \text{ de SS}}{día} + (0.5 * 0.3 * 7.32) \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

$$Msd = 2.38 \frac{kg \text{ de SS}}{día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} * \left(\frac{\% \text{ de sólido}}{100}\right)}$$

La densidad de los lodos según CONAGUA provenientes de caudales domésticos corresponde a 1.04 Kg/l por lo que se adopta este valor.

El porcentaje de sólidos en lodo varía entre 8 a 12%, para el análisis se tomó un valor intermedio del 10%.

$$Vld = \frac{2.38 \frac{kg \text{ de SS}}{día}}{1.04 \text{ kg/l} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$Vld = 22.86 \text{ l/día}$$

- **Volumen de lodos a extraerse del tanque**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{22.86 \text{ l/día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 1.26 \text{ m}^3$$

- **Área teórica del lecho de secado de lodos**

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{1.26 \text{ m}^3}{0.40 \text{ m}}$$

$$Als = 3.14 \text{ m}^2$$

- **Dimensiones propuestas**

B = 1.80 m y L = 1.85 m

$$Arls = L * B$$

$$Arls = 1.80 \text{ m} * 1.85 \text{ m}$$

$$Arls = 3.33 \text{ m}^2$$

Se recomienda aumentar la longitud a 3 metros de largo ya que la dimensión calculada de 1,80 metros es insuficiente para las labores de mantenimiento y limita la maniobrabilidad de la herramienta dentro del área de secado. Además, por razones de espacio, el ancho se debe mantener de 1,85m. Esto se debe a que existen otras estructuras hidráulicas que limitan su expansión.

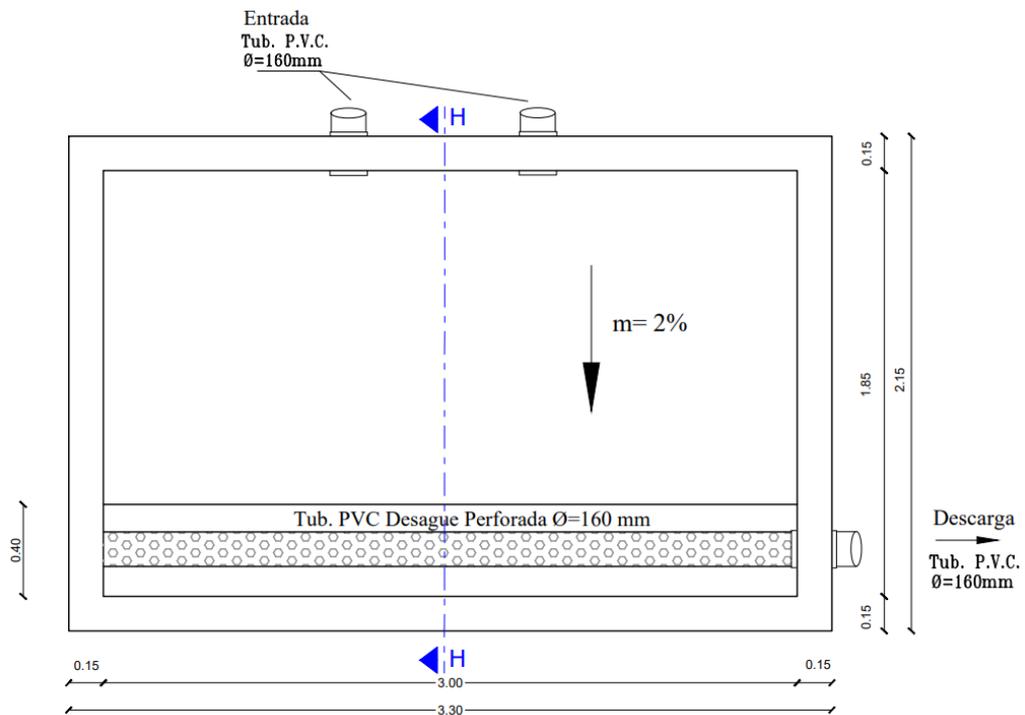
$$L = 3.0 \text{ m y } B = 1.85 \text{ m}$$

$$Arls = L * B$$

$$Arls = 3 \text{ m} * 1.85 \text{ m}$$

$$Arls = 5.55 \text{ m}^2$$

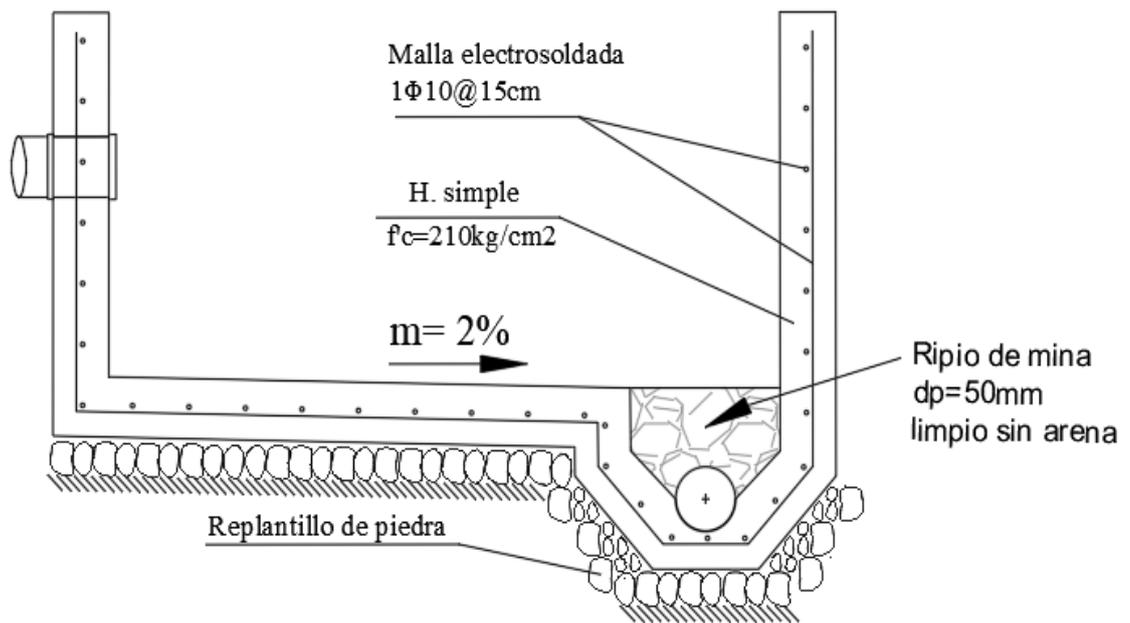
En la Figura 40 se muestra el diseño en planta de del lecho de secado de lodos.



**Figura 40.** Vista en planta del lecho de secado de lodos rediseñado.

**Fuente:** Alex Fernández

Debido a que son estructuras pequeñas que no van a estar soportando fuerzas significativas de empuje se colocará el acero mínimo según la norma AISC 314-16 como se muestra en la Figura 41.



**Figura 41.** Detalle de armado del lecho de secado de lodos  
**Fuente:** Alex Fernández

### Diseño de la cubierta

Debido a las condiciones climáticas en la ubicación de la PTAR, la digestión y secado de los lodos en el lecho de secado se ven ralentizados. Con el objetivo de acelerar el proceso de deshidratación de los lodos, se ha decidido implementar una cubierta que evite la humedad y acelere su disposición final.

La cubierta metálica diseñada está compuesta por un techo de policarbonato transparente, con un espesor de 0.8 mm y un peso de 2kg/m<sup>2</sup>. A continuación, se presenta el cálculo estructural realizado para esta cubierta metálica diseñada.

#### - Cuantificación de cargas

##### Cálculo de la carga muerta (CM)

La carga muerta está conformada por el peso de la estructura metálica, la cual por prediseño se tomará el 10% de la carga última, y también por el peso de la cubierta el cual según el catálogo es de 2 kg/m<sup>2</sup>.

$$CM = P. p. techo (e = 0.80 mm)$$

$$CM = 2 \frac{kg}{m^2}$$

### **Cálculo de la carga viva (CV)**

Las cargas vivas en cubiertas son generadas por la actividad humana sobre ellas. Sin embargo, en el caso de esta cubierta en particular, fue diseñada para permitir un fácil acceso y realizar tareas de mantenimiento y limpieza sin necesidad de caminar o cargar peso sobre ella por lo que no se consideró una carga viva.

En la guía “cargas (no sísmicas)” de la NEC, menciona que para la zona andina la carga uniforme mínima para cubiertas, con el fin de prevenir caídas de granizo y ceniza es de  $24 \text{ kg/m}^2$  [42].

$$CV = 24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

### **Carga de viento**

La carga de viento no fue considerada en el diseño por criterio técnico, por ejemplo; al tratarse de una estructura de pequeña envergadura son mínimas estas cargas, además, debido a que existe un desnivel de 2m aproximadamente en la superficie del terreno, existe obstrucción del viento.

### **Mayoración de Cargas**

$$\begin{aligned} & 1.2CM + 1.6CV \\ & 1.2 \left( 2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1.6 \left( 24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \\ & 40.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

### **Carga Última (CU)**

$$\begin{aligned} CU &= 1.10 * \left( 40.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \\ CU &= 44.88 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

### **- Prediseño**

#### **Datos:**

Fy: 2530 [kg/cm<sup>2</sup>] – Acero A36

Longitud de la Columna: 1.80 m

#### **Carga Puntual (P)**

$$P = CU \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * \text{Área tributaria de la columna}$$

$$P = 44.88 \text{ kg/m}^2 * (1.50 \text{ m} * 2.10 \text{ m})$$

$$P = 141.37 \text{ kg}$$

### Relación de esbeltez

La AISC, para un diseño óptimo recomienda una relación de esbeltez entre 40-60.

$$\frac{KL}{r} = 50$$

En la Tabla 42 extraída del manual del AISC, brinda esfuerzos de diseño “Øfcr” para determinadas relaciones de esbeltez “(KL/r)”.

**Tabla 42.** Estrés crítico disponible para miembros de compresión

Table 4-22 (continued) Available Critical Stress for Compression Members														
$F_y = 35 \text{ ksi}$			$F_y = 36 \text{ ksi}$			$F_y = 42 \text{ ksi}$			$F_y = 46 \text{ ksi}$			$F_y = 50 \text{ ksi}$		
$\frac{KL}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$	$\frac{KL}{r}$	$F_{cr}/\Omega_c$	$\phi_c F_{cr}$
	ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi		ksi	ksi
	ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD		ASD	LRFD
41	19.2	28.9	41	19.7	29.7	41	22.7	34.1	41	24.6	37.0	41	26.5	39.8
42	19.2	28.8	42	19.6	29.5	42	22.6	33.9	42	24.5	36.8	42	26.3	39.5
43	19.1	28.7	43	19.6	29.4	43	22.5	33.7	43	24.3	36.6	43	26.2	39.3
44	19.0	28.5	44	19.5	29.3	44	22.3	33.6	44	24.2	36.3	44	26.0	39.1
45	18.9	28.4	45	19.4	29.1	45	22.2	33.4	45	24.0	36.1	45	25.8	38.8
46	18.8	28.3	46	19.3	29.0	46	22.1	33.2	46	23.9	35.9	46	25.6	38.5
47	18.7	28.1	47	19.2	28.9	47	22.0	33.0	47	23.8	35.7	47	25.5	38.3
48	18.6	28.0	48	19.1	28.7	48	21.8	32.8	48	23.6	35.4	48	25.3	38.0
49	18.5	27.9	49	19.0	28.5	49	21.7	32.6	49	23.4	35.2	49	25.1	37.7
50	18.4	27.7	50	18.9	28.4	50	21.6	32.4	50	23.3	35.0	50	24.9	37.5
51	18.3	27.6	51	18.8	28.3	51	21.4	32.2	51	23.1	34.8	51	24.8	37.2
52	18.3	27.4	52	18.7	28.1	52	21.3	32.0	52	23.0	34.5	52	24.6	36.9
53	18.2	27.3	53	18.6	28.0	53	21.2	31.8	53	22.8	34.3	53	24.4	36.7
54	18.1	27.1	54	18.5	27.8	54	21.0	31.6	54	22.6	34.0	54	24.2	36.4
55	18.0	27.0	55	18.4	27.6	55	20.9	31.4	55	22.5	33.8	55	24.0	36.1
56	17.9	26.8	56	18.3	27.5	56	20.7	31.2	56	22.3	33.5	56	23.8	35.8
57	17.7	26.7	57	18.2	27.3	57	20.6	31.0	57	22.1	33.3	57	23.6	35.5
58	17.6	26.5	58	18.1	27.1	58	20.5	30.7	58	22.0	33.0	58	23.4	35.2
59	17.5	26.4	59	17.9	27.0	59	20.3	30.5	59	21.8	32.8	59	23.2	34.9
60	17.4	26.2	60	17.8	26.8	60	20.2	30.3	60	21.6	32.5	60	23.0	34.6
61	17.3	26.0	61	17.7	26.6	61	20.0	30.1	61	21.4	32.2	61	22.8	34.3

Fuente: AISC – Tabla 4.22

$$\phi F_{cr} = 28.40 \text{ Ksi} = 1996.718 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

### Cálculo del área requerida

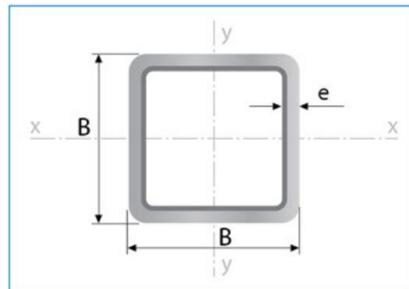
$$A_{req} = \frac{Pu}{\phi F_{cr}}$$

$$A_{req} = \frac{141.37 \text{ Kg}}{1996.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A_{req} = 0.07 \text{ cm}^2$$

Dado que el área requerida calculada es significativamente menor que el área de acero disponible en obra e incluso menor que el área mínima proporcionada en el catálogo de IPAC que se muestra en la Tabla 43, se ha tomado la decisión de seleccionar un perfil óptimo de 100 mm x 100 mm x 3 mm de espesor. Esta selección se basa en asegurar que una baja esbeltez y en el tema constructivo velar por la maniobrabilidad del acero en la ejecución real en obra.

**Tabla 43.** Tubería estructural cuadrada - Catálogo IPAC

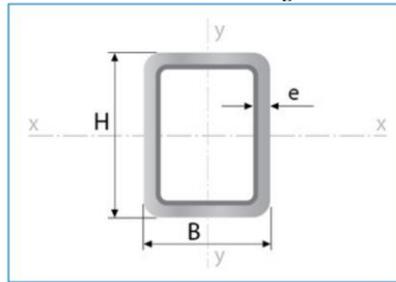


Designaciones		Área	Peso	Propiedades Estáticas		
				Eje x-x = y-y		
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80

Fuente: IPAC

Para el caso de la viga, debido a que no existe una carga representativa, ya que se trata de una cubierta básica para protección de lluvia, según la Tabla 44 se optó por asumir un perfil rectangular de 50 mm x 100 mm x 20 mm de espesor.

**Tabla 44. Tubería estructural rectangular - Catálogo IPAC**



Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas					
					Eje x-x			Eje y-y		
B	H	e	A	P	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
50	100	1,50	4,35	3,42	57,77	11,55	3,64	19,89	7,96	2,14
		1,80	5,19	4,07	68,22	13,64	3,63	23,41	9,37	2,12
		2,00	5,74	4,50	74,99	15,00	3,62	25,68	10,27	2,12
		2,50	7,09	5,56	91,22	18,24	3,59	31,07	12,43	2,09
		3,00	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,09	14,44	2,07
		4,00	10,95	8,59	134,24	26,85	3,50	45,05	18,02	2,03

Fuente: IPAC

**- Correas metálicas**

El catálogo de IPAC 2019 presenta una forma fácil de elegir una correa para un techo básico. Para hacerlo, es necesario considerar la siguiente información:

Separación entre correas: 1m

Luz libre de la correa: 3 m

**- Cálculo de carga admisible P (kg/m)**

$$P = Q * A$$

Q: Carga por m<sup>2</sup> = 40.8 kg/m<sup>2</sup>

A: Separación entre correas

Traslape de la plancha: 10 cm

$$P = 40.8 \frac{kg}{m^2} * (1.10 m - 0.10m)$$

$$P = 40.80 \frac{kg}{m}$$

Con la carga última, en la Tabla 45 se verifica una correa que soporte una carga admisible mayor.

**Tabla 45. Correas estructurales - Catálogo Ipac**

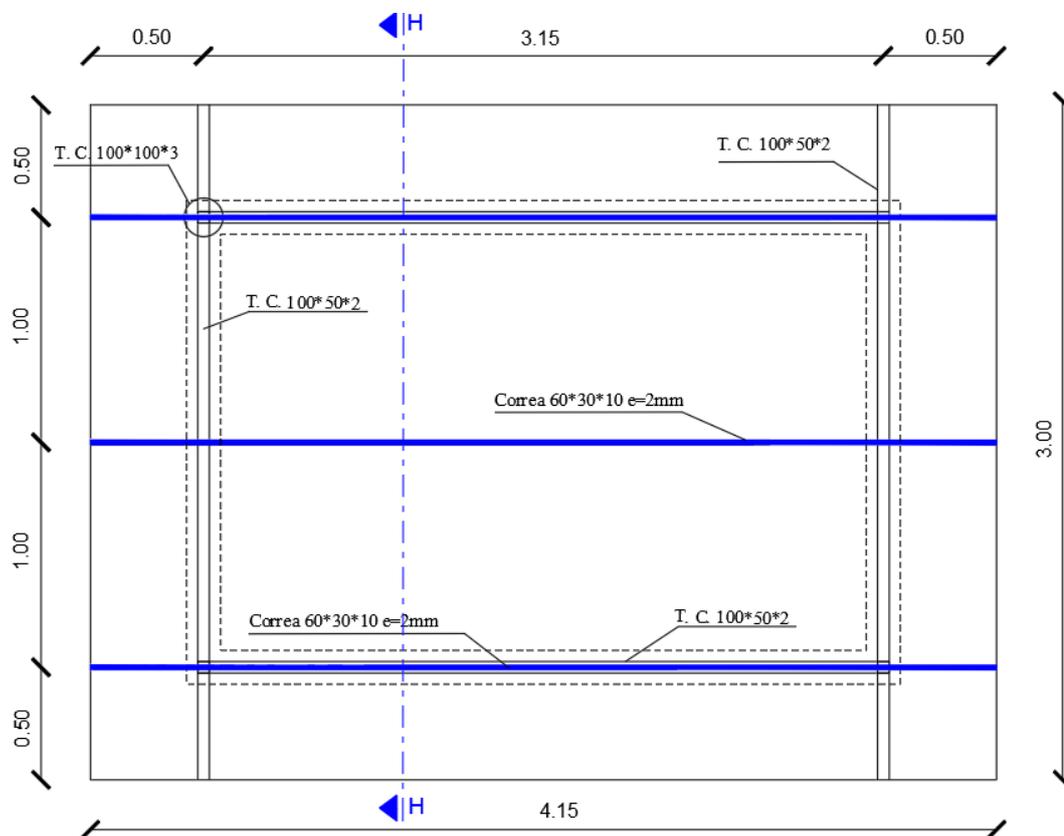
Descripción	Espesor	P = Carga admisible (kg/m) incluido peso propio de viga					
		L = Luz (m)					
		3	4	5	6	7	8
60 x 30 x 10	2	62,06	34,91	22,34	15,51	11,40	8,73
	3	87,08	48,98	31,35	21,77	15,99	12,25
80 x 40 x 15	2	110,23	62,00	39,68	27,56	20,25	15,50
	3	153,90	86,57	55,40	38,47	28,27	21,64
100 x 50 x 15	2	168,91	95,01	60,81	42,23	31,02	23,75
	3	245,24	137,94	88,28	61,31	45,04	34,49
125 x 50 x 15	2	232,72	130,91	83,78	58,18	42,75	32,73
	3	331,57	186,51	119,36	82,89	60,90	46,63
150 x 50 x 15	2	297,79	167,50	107,20	74,45	54,70	41,88
	3	425,41	239,29	153,15	106,35	78,14	59,82
200 x 50 x 15	2	444,18	249,85	159,90	111,04	81,58	62,46
	3	638,11	358,94	229,72	159,53	117,20	89,73

Fuente: IPAC

Para las correas de la cubierta, al tener una luz pequeña y considerando que su función principal es solo sostener el peso de la cubierta, se ha elegido un perfil con dimensiones de 60 x 30 x 10 con 2 mm de espesor.

- **Diseño final de la cubierta metálica**

En las Figuras 42 y 43 se muestra el diseño sugerido para el nuevo secado de lodos y su respectiva cubierta.



**Figura 42. Vista en planta de la cubierta del lecho de secado de lodos rediseñado.**



**Tabla 46. Presupuesto para la mejora 2: Rediseño del lecho de secado de lodos**

Rubro No.	Descripción	Uni.	Cant.	Precio Unit	Precio Total	
<b>REDISEÑO DEL LECHO DE SECADO DE LODOS</b>						
	<b>Construcción del lecho de secado de lodos =</b>					<b>946.25</b>
2	Demolición de estructuras de concreto incluye transporte y desalojo	m3	1.00	32.51	32.51	
3	Nivelación y replanteo (estructuras)	m2	7.00	0.68	4.76	
4	Excavación a cielo abierto, con medios manuales (suelo sin clasificar)	m3	4.50	10.56	47.52	
5	Tubería PVC D.N.I. 160mm (mat.tran.inst)	m	3.80	12.95	49.21	
6	Picado de caja de revisión, empate de tubería y sellado	u	1.00	6.31	6.31	
7	Relleno compactado en capas de 20cm max	m3	1.00	2.21	2.21	
8	Replanteo de piedra E=15cm y H.S.=140 kg/cm2, e=5cm	m2	7.10	14.98	106.36	
9	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2 incl.encof	m3	2.83	157.82	446.95	
10	Malla electrosoldada 15*15*10mm	m2	17.90	13.99	250.42	
	<b>Construcción de cubierta =</b>					<b>651.23</b>
11	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	98.00	4.49	405.27	
12	Instalación de techo de policarbonato transparente e=0,80 mm	m2	12.45	10.67	132.84	
13	Canal y bajante de agua lluvia	ml	7.00	16.16	113.12	
<b>Total =</b>					<b>1 597.47</b>	

*Fuente: Alex Fernández*

### 3.1.5.3 Mejora 3: Implementación de señalética

#### Descripción

Con el objetivo de garantizar la seguridad y brindar información importante a la comunidad en el área de la PTAR, se instalará señalización adecuada que permita a las personas tomar las precauciones necesarias.

Los tipos de señaléticas que se deben implementar son:

- Señalética informativa, esta debe contener el nombre de la PTAR y un sello representativo del GAD Municipal del cantón salcedo.
- Señalética de prevención, deben contener información sobre posibles riesgos o peligros en la PTAR.
- La señalética identificativa, esta debe contener el nombre de cada unidad hidráulica con el fin de distinguirlos de los demás.

#### Responsable

La responsabilidad de llevar a cabo la mejora presentada recaerá en el departamento de obras públicas del Gad Municipal Salcedo.

## Presupuesto

En la Tabla 47, se muestra el presupuesto realizado para llevar a cabo la mejora propuesta, se detalla el rubro necesario, así como su unidad de medida, cantidad y precio unitario. El presupuesto es único y asciende a 197.50 dólares.

*Tabla 47. Presupuesto para la mejora 3: Implementación de señalética*

Rubro No.	Descripción	Uni.	Cant.	Precio Unit	Precio Total
<b>IMPLEMENTACIÓN DE MACRÓFITOS FLOTANTES</b>					
14	Implementación de señalética informativa	u	1.00	32.63	32.63
15	Implementación de señalética preventiva e identificación	u	10.00	19.75	197.50
<b>Subtotal =</b>					<b>197.50</b>

*Fuente: Alex Fernández*

### 3.1.5.4 Plan de mantenimiento y operación de la PTAR

La responsabilidad de llevar a cabo y cumplir con la ejecución del plan de mantenimiento y operación presentado a continuación recaerá en el departamento de obras públicas del Gad Municipal Salcedo. El objetivo principal de este plan es asegurar el cuidado, preservación y correcto funcionamiento de la PTAR.

El plan de operación y mantenimiento está conformado por las siguientes medidas:

- ✓ Medida 1: Mantenimiento de la caja de alivio y criba
- ✓ Medida 2: Mantenimiento del cajón repartidor de caudales y criba
- ✓ Medida 3: Mantenimiento del tanque séptico
- ✓ Medida 4: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente
- ✓ Medida 5: Mantenimiento del filtro percolador
- ✓ Medida 6: Mantenimiento del secado de lodos
- ✓ Medida 7: Mantenimiento general
- ✓ Medida 8: Pintura de las unidades hidráulicas
- ✓ Medida 9: Análisis físico-químico del agua

Para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento a continuación se detallan cada una las medidas presentadas, con su respectiva frecuencia de ejecución, herramientas, personal necesario y costo unitario.

### **Medida 1: Mantenimiento de la caja de alivio y criba**

**Descripción:** Este componente no solo recibe las aguas servidas, sino que también forma parte del tratamiento preliminar de las aguas residuales. Incluye una rejilla diseñada para retener los desechos sólidos de mayor tamaño, como plásticos, trozos de madera, piedras y otros materiales. Su función principal es evitar que estos residuos ingresen a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), ya que podrían obstruir las tuberías y canaletas dentro del proceso de tratamiento. A continuación, se explican las actividades a realizar:

- Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura, se debe realizar a diario para evitar la obstrucción y taponamiento debido a que la caja de alivio retiene una gran cantidad de sólidos. Después de recogerlos, se pueden depositar sobre una plataforma perforada para su posterior manejo. Se sugiere dejar reposar los desechos en la plataforma perforada durante al menos 15 minutos, lo que permitirá que se escurra y elimine el exceso de líquido. Pasado este tiempo, los desechos recogidos pueden ser transportados al sitio de disposición apropiado.
- Remoción de sedimentos; se requiere eliminar los sólidos sedimentados en el fondo de la caja para prevenir posibles colapsos. Idealmente, se recomienda realizar esta remoción una vez cada semana en condiciones normales de funcionamiento. Este período de limpieza regular es teórico y se considera apropiado para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema y evitar problemas asociados con la acumulación de sedimentos.

En la Tabla 48 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 48. Mantenimiento de la caja de alivio y criba*

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Personal</b>	<b>Costo</b>
Limpieza de la criba	1 vez/día	EPP, Rastrillo, pala y carretilla	1 peón	\$ 0.85
Remoción de sedimentos	1 vez/semana	EPP, Azadón, pala y carretilla	2 peón, 1 técnico	\$ 2.63

*Fuente: Alex Fernández*

## Medida 2: Mantenimiento del cajón repartidor de caudales y criba

### Descripción

El tratamiento preliminar desempeña un papel crucial al utilizar la caja de alivio para retener los desechos de gran tamaño que se transportan a través del sistema de alcantarillado sanitario. Esto permite retener significativamente los desechos antes de que el agua fluya hacia el cajón repartidor. Aunque se evita una acumulación excesiva de desechos, es necesario que un operador realice limpiezas periódicas para prevenir obstrucciones en el flujo de agua residual. A continuación, se explican las actividades a realizar:

- Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura, considerando que la mayor cantidad de sólidos es retenida en la caja de alivio, se recomienda realizar limpieza una vez por semana.
- Remoción de sedimentos; se requiere eliminar los sólidos sedimentados en el canal de criba y en la zona de sedimentación para prevenir posibles colapsos. Idealmente, se recomienda realizar esta remoción una vez cada 15 días en condiciones normales de funcionamiento.

En la Tabla 49 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 49. Mantenimiento del cajón repartidor de caudales y criba*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Limpieza de la criba	1 vez/semana	EPP, Rastrillo, pala y carretilla	1 peón, 1 técnico	\$ 0.85
Remoción de sedimentos	1 vez/15 días	EPP, Azadón, pala y carretilla	2 peón, 1 técnico	\$ 3.92

*Fuente: Alex Fernández*

## Medida 3: Mantenimiento del tanque séptico

### Descripción

La unidad se encarga de la sedimentación de partículas sólidas de gran peso debido a la gravedad, así como de retener partículas sólidas suspendidas. Además, su función implica la descomposición biológica de los sólidos orgánicos presentes en las capas de lodo y espuma. A continuación, se explican las actividades a realizar en el mantenimiento para su óptimo funcionamiento:

- Inspeccionar el estado de la tubería de entrada al tanque cada 15 días, ya que suele obstruirse con frecuencia. En caso de obstrucción, se recomienda utilizar una manguera de agua a presión para desbloquear las tuberías.
- Como medida preventiva para evitar la acidificación del agua, se recomienda limpiar o cepillar la superficie del agua para rehidratar las capas flotantes y eliminar los gases presentes. Además, es importante medir la profundidad de los lodos depositados en el fondo del tanque séptico utilizando una vara larga con una tela absorbente de color blanco en su extremo, cubriendo al menos dos tercios de la vara.
- Para eliminar el exceso de lodos en el tanque, se abren las válvulas de salida específicas y los lodos son direccionados a través de tuberías hacia el lecho de secado. Luego, se procede a lavar la tubería por la cual se trasladaron los lodos, utilizando una manguera de agua a presión.
- Realizar una limpieza total del componente de manera anual.

En la Tabla 50 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 50. Mantenimiento del tanque séptico*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Chequeo de tuberías	1 vez/semana	Vara metálica con gancho en el extremo, Pala, Carretilla, Manguera, Rastrillo, Escoba, Carro cisterna con bomba de vacío, EPP, Botiquín de primeros auxilios	1 peón, 1 técnico	\$ 0.64
Escobillado de natas flotantes	1 vez/15 días		2 peón, 1 técnico	\$ 5.29
Eliminación del exceso de lodos	1 vez/ 2 mes		1 peón, 1 técnico	\$ 31.96
Limpieza total del tanque	1 vez/año		2 peón, 1 técnico	\$ 60.65

*Fuente: Alex Fernández*

#### **Medida 4: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente**

##### **Descripción**

El mantenimiento del Filtro Aeróbico de Flujo Ascendente (FAFA) implica la realización de tareas como la limpieza de los materiales del filtro, la inspección de las tuberías y válvulas de desagüe, y la verificación para asegurarse de que no haya obstrucciones.

A continuación, se explican las actividades a realizar:

- Realizar limpieza y mantenimiento para evitar la generación de malos olores y plagas mediante la remoción de sólidos del material filtrante. Esto implica el cepillado de la espuma flotante y las natas de la superficie del filtro, así como la apertura de la válvula para eliminar los lodos hacia el lecho de secado. Además, es importante realizar la limpieza del área superficial del tanque utilizando cepillos adecuados.
- Extraer la capa vegetal y los sedimentos acumulados que se han depositado sobre el medio filtrante. Además, llevar a cabo la limpieza del material filtrante en sí. Para lograr esto, se recomienda abrir la válvula de desagüe y enviar agua limpia desde la parte superior del filtro, permitiendo que la corriente arrastre las arenas y lodos que se han generado por la descomposición de microorganismos anaerobios presentes entre la grava.
- Controlar la población de lechugines, se recomienda mantener una cobertura del 75 % del espejo de agua durante el funcionamiento, evitando así la sobrepoblación. Para lograr esto, se sugiere retirar las plantas más maduras y en estado de descomposición.

En la Tabla 51 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

**Tabla 51. Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente**

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Limpieza y mantenimiento FAFA	1 vez/mes	Coladera o tamiz, cepillos, Pala, Carretilla, Manguera de 30 metros con un diámetro de 3/8 de pulgada, Rastrillo, Escoba plástica, Carro cisterna con bomba de vacío, EPP, Botiquín de primeros auxilios	1 peón, 1 técnico	\$ 7.84
Extracción de capa vegetal y limpieza de material filtrante	1 vez / 6 meses		2 peón, 1 técnico	\$ 60.65
Control de lechugines	1 vez/15 días		1 peón, 1 técnico	\$ 3.92

**Fuente:** Alex Fernández

## Medida 5: Mantenimiento del filtro percolador

### Descripción

El mantenimiento del filtro percolador se centra en la limpieza de las tuberías percoladoras que provienen del Filtro Aeróbico de Flujo Ascendente (FAFA) para prevenir obstrucciones en los orificios. Además, es importante realizar la limpieza de la vegetación y la eliminación de la materia orgánica presente en la superficie.

A continuación, se explican las actividades a realizar:

- Se debe realizar una limpieza de la superficie del material filtrante, removiendo las plantas invasoras que se presenten, además, se debe realizar mantenimiento en las tuberías para evitar taponamientos por sedimentos. Esta medida preventiva se debe realizar una vez al mes.
- Es necesario llevar a cabo la limpieza del material filtrante en sí. Para lograr esto, se recomienda enviar agua limpia desde la parte superior del filtro, permitiendo que la corriente arrastre las arenas y lodos que se han generado por la descomposición de microorganismos presentes entre la grava. Esta medida se debe realizar cada 6 meses al igual que el FAFA.

En la Tabla 52 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 52. Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo percolador*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Limpieza y mantenimiento	1 vez/mes	Hoz, pala, cepillo, carretilla	1 peón, 1 técnico	\$ 5.29
Limpieza completa del material filtrante	1 vez / 6 meses	Carro cisterna con bomba de vacío	1 peón, 1 técnico	\$ 35.04

*Fuente: Alex Fernández*

## Medida 6: Mantenimiento del secado de lodos

### Descripción

El mantenimiento del lecho de secado de lodos implica la extracción de los lodos una vez que estén completamente deshidratados, seguido de una limpieza.

A continuación, se explican las actividades a realizar:

- Realizar una limpieza previa antes de depositar nuevos lodos, con el fin de evitar la mezcla de los lodos antiguos con los nuevos. Se recomienda distribuir los lodos en capas de espesor entre 20 y 25 cm. Para garantizar un espesor uniforme, se sugiere marcar las paredes del lecho de secado.
- Retirar los lodos por completo una vez que se observen grietas en las masas de tierra. Además, se recomienda verificar que no haya encharcamiento en la unidad, ya que esto podría indicar una obstrucción en la tubería de descarga del lecho de lodos.

En la Tabla 53 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

**Tabla 53. Mantenimiento del secado de lodos**

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Esparcimiento de lodos	1 vez/mes	Pala, rastrillo, azadón	1 peón, 1 técnico	\$ 1.75
Retiro de lodos	1 vez/2 mes	Pala, carretilla	1 peón, 1 técnico	\$ 10.56

*Fuente: Alex Fernández*

## **Medida 7: Mantenimiento general**

### **Descripción**

Dentro del mantenimiento general de la planta de tratamiento, se incluye la limpieza periódica del área donde se encuentra ubicada la planta. Esto implica la eliminación de residuos generados por la operación de la planta, asegurando un entorno limpio.

Además, es necesario realizar el corte de la vegetación no deseada, como la mala hierba, que pueda crecer alrededor de la planta. Esta medida ayuda a prevenir posibles obstrucciones y garantizar el acceso adecuado a las instalaciones.

Asimismo, se debe llevar a cabo la poda de los árboles presentes en la planta. Esto contribuye a mantener un crecimiento controlado y evitar interferencias con las estructuras y equipos de la planta de tratamiento.

En la Tabla 54 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 54. Mantenimiento general*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Limpieza y desbroce manual de área con vegetación	1 vez / 3 meses	Pala, rastrillo, azadón, carretilla, hoz	2 peón	\$ 20.41

*Fuente: Alex Fernández*

## **Medida 8: Pintura de las unidades hidráulicas**

### **Descripción**

Con el objetivo de preservar, resguardar y extender la vida útil de las unidades hidráulicas y sus componentes, se sugiere aplicar una capa de pintura protectora sobre ellos. Esta medida busca proporcionar una barrera adicional contra la corrosión y otros factores que podrían dañar estos equipos, contribuyendo así a su mantenimiento y durabilidad a largo plazo.

A continuación, se explican las actividades a realizar:

- La pintura de caucho en las paredes de las unidades hidráulicas tiene como objetivo proporcionar protección contra la intemperie. Para ello se requiere aplicar un proceso inicial de lijado con el fin de eliminar cualquier rastro de impurezas en las superficies para asegurar la adherencia de la pintura.
- La pintura anticorrosiva es para las tapas del sedimentador y la estructura metálica de la cubierta propuesta, antes de pintarlas se requiere llevar a cabo un proceso inicial de lijado con el fin de eliminar cualquier rastro de óxido presente en las superficies para asegurar la adherencia de la pintura.

En la Tabla 55 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 55. Pintura de las unidades hidráulicas*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Pintura de caucho	1 vez/año	Lija, brochas, rodillos, recipientes, guantes.	1 pintor, 2 peones	\$ 217.22
Pintura anticorrosiva	1 vez/año		1 pintor, 1 peón	\$ 10.30

*Fuente: Alex Fernández*

## Medida 9: Análisis físico-químico del agua

### Descripción

Para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, es esencial realizar análisis periódicos del afluente y efluente. Se recomienda realizar un monitoreo físico-químico al menos dos veces al año. Este seguimiento permitirá verificar la eficiencia del proceso de tratamiento y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua.

A continuación, se explican las consideraciones a seguir:

- Se debe realizar un muestreo de tipo compuesto con el fin de detectar los efectos de la descarga variable de diferentes contaminantes [25].
- Las muestras deben ser recolectadas siguiendo los estándares establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2176:98.
- Se recomienda que todo el proceso lo realice personal calificado en el área.

En la Tabla 56 se resume las actividades de mantenimiento con la frecuencia que se debe realizar, las herramientas utilizadas, el personal necesario y su costo unitario.

*Tabla 56. Análisis físico-químico del agua*

Actividad	Frecuencia	Herramientas	Personal	Costo
Monitoreo del análisis físico-químico del afluente y efluente	1 vez / 6 meses	Botella de vidrio color ámbar, EPP, reactivos de laboratorio.	1 laboratorista	\$ 149.06

*Fuente: Alex Fernández*

### 3.1.5.5 Presupuesto referencial

#### Descripción

Para realizar el presupuesto referencial, se consideraron dos tipos de gastos: aquellos que se realizarán una única vez, que son las 3 mejoras propuestas; y, por otro lado, los gastos periódicos que están asociados al plan de mantenimiento y operación, el cual debe llevarse a cabo de manera periódica. Debido a esta distinción, se calcularon dos tipos de presupuestos: uno único para las mejoras propuestas y otro anual para el plan de mantenimiento y operación.

En la Tabla 57 se muestra el presupuesto único referencial para llevar a cabo las 3 mejoras propuestas, el monto total asciende a 1 818.56 dólares.

*Tabla 57. Presupuesto único referencial*

Mejora	Descripción	Precio Total
1	Implementación de macrófitos flotantes	23.59
2	Rediseño del lecho de secado de lodos (incl. Cubierta)	1 597.47
3	Señalética	197.50
<b>Total =</b>		<b>1 818.56</b>

*Fuente: Alex Fernández*

Para el presupuesto anual se consideró que el municipio sigue un enfoque presupuestario anual, por lo que se ha llevado a cabo un minucioso cálculo para determinar los fondos necesarios que abarcarán todos los gastos a lo largo de un año completo. Este presupuesto incluye los recursos económicos para ejecutar el plan integral de mantenimiento y operación. De esta manera, se busca asegurar una gestión eficiente y sostenible de la PTAR, garantizando la calidad y eficacia de sus funciones.

En la Tabla 58 se muestra el presupuesto anual referencial detallado para llevar a cabo la ejecución del plan de mantenimiento y operación, el monto total asciende a 1949.93 dólares.

Tabla 58. Presupuesto anual referencial

No	Descripción	Uni	Cant.	Precio Unit	Precio Total
<b>PLAN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>					
	<b>Medida 1: Mantenimiento de la caja de alivio y criba</b>				<b>368.81</b>
16	Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura	u	273	0.85	232.05
17	Remoción de sedimentos	u	52.00	2.63	136.76
	<b>Medida 2: Mantenimiento del cajón repartidor de caudales</b>				<b>146.12</b>
18	Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura	u	52.00	0.85	44.20
19	Remoción de sedimentos	u	26.00	3.92	101.92
	<b>Medida 3: Mantenimiento del tanque séptico</b>				<b>362.58</b>
20	Chequeo de tuberías	u	52.00	0.64	33.28
21	Escobillado de natas flotantes	u	26.00	5.29	137.54
22	Eliminación del exceso de lodos	u	6.00	31.96	191.76
23	Limpieza total del tanque	u	1.00	60.65	60.65
	<b>Medida 4: Mantenimiento del FAFA</b>				<b>317.30</b>
24	Limpieza y mantenimiento FAFA	u	12.00	7.84	94.08
25	Extracción de capa vegetal y limpieza de material filtrante	u	2.00	60.65	121.30
26	Control de lechugines	u	26.00	3.92	101.92
	<b>Medida 5: Mantenimiento del filtro percolador</b>				<b>63.48</b>
27	Limpieza y mantenimiento	u	12.00	5.29	63.48
28	Remoción de sedimentos	u	26.00	3.92	101.92
	<b>Medida 6: Mantenimiento del secado de lodos</b>				<b>84.36</b>
29	Esparcimiento de lodos	u	12.00	1.75	21.00
30	Retiro de lodos	u	6.00	10.56	63.36
	<b>Medida 7: Mantenimiento general</b>				<b>81.64</b>
31	Limpieza y desbroce manual de área con vegetación	u	4.00	20.41	81.64
	<b>Medida 8: Pintura de las unidades hidráulicas</b>				<b>227.52</b>
32	Pintura de caucho	u	1.00	217.22	217.22
33	Pintura anticorrosiva	u	1.00	10.30	10.30
	<b>Medida 9: Análisis físico-químico del agua</b>				<b>298.12</b>
34	Monitoreo del análisis físico-químico del afluente y efluente	u	2.00	149.06	298.12
				<b>TOTAL</b>	<b>1 949.93</b>

Fuente: Alex Fernández

Los análisis de los precios unitarios del presupuesto único y presupuesto anual se encuentran detallados en el Anexo 3.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se determinó que la planta de tratamiento del barrio Sur San Miguel está ubicada en la Parroquia Mulliquindil Santa Ana, en el cantón Salcedo. Fue construida en el año 2017 y ocupa un área de 359 m<sup>2</sup>. En este sistema de tratamiento, se recogen exclusivamente aguas residuales domésticas provenientes de 135 usuarios conectados al sistema de alcantarillado y la descarga del efluente tratado se la realiza en la Quebrada "Langasa".
- Se identificó que en la PTAR se encuentra implementado un proceso de tratamiento convencional básico. Este proceso consta de tres niveles de tratamiento (preliminar, primario, secundario y terciario).
- Durante un período de 30 días, se llevó a cabo un análisis del caudal de entrada y salida de las aguas residuales de la PTAR utilizando el método del flotador en el ingreso y el método volumétrico en la descarga. Se registró un caudal medio diario de 0.45 l/s en el afluente y 0.26 l/s en el efluente, teniendo un mayor flujo en las mañanas.
- Se determinó 1.46 l/s como el caudal máximo horario a partir del caudal medio diario medido durante los 30 días, y en función de los coeficientes de mayoración k máximo diario y k máximo horario.
- Se realizó los análisis físico-químicos de las muestras compuestas del afluente y efluente de la PTAR. Los resultados obtenidos cumplieron con los límites establecidos por la norma TULSMA 2015 para descargas en cuerpos de agua dulce, excepto en el caso del nitrógeno amoniacal que no alcanza los niveles deseados. Sin embargo, los principales parámetros de calidad del agua muestran altos porcentajes de eficiencia de remoción. La demanda química de Oxígeno presenta una eficiencia del 82.44%, la demanda bioquímica de Oxígeno un 82.99%, los sólidos suspendidos un 59.83% y los sólidos totales alcanzan una eficiencia del 51.19%. Esto indicó que la PTAR está logrando una buena remoción de contaminantes en general, sin embargo, se requiere mejorar la remoción del nitrógeno amoniacal.

- Se llevó a cabo un diagnóstico teórico actual de los componentes del tren de tratamiento de la PTAR utilizando las dimensiones existentes de las unidades de tratamiento y las directrices proporcionadas por la CONAGUA, RAS 2000 y la OPS. En general, se determinó que las unidades hidráulicas mantienen un diseño óptimo. Sin embargo, se identificó que el lecho de secado de lodos no cumple con las dimensiones calculadas. Además de problemas de mantenimiento en el resto de los componentes.
- Considerando los análisis de laboratorio y los valores límite establecidos por el TULSMA 2015, se planteó la introducción de macrófitos flotantes, específicamente la planta de lechuguín (*Eichhornia Crassipes*), en el filtro anaerobio de flujo ascendente. La introducción de lechuguines busca contribuir al tratamiento efectivo de las aguas residuales al reducir los niveles de nitrógeno amoniacal, promoviendo así un mejor rendimiento del filtro y una mayor eficiencia en el proceso de tratamiento.
- Se propuso el redimensionamiento del lecho de secado de lodos para adecuarlo al caudal de diseño con el que fue construido la PTAR. Como parte de esta mejora, se incluye la instalación de una cubierta que protegerá el lecho de los factores climatológicos, con el fin de asegurar que el proceso de secado no se vea afectado. Para esta mejora se han elaborado planos y se ha estimado un presupuesto referencial de \$1 597.47.
- Se realizó dos tipos de presupuestos para abordar las necesidades financieras. El presupuesto único referencial para las 3 mejoras propuestas tiene un monto total de 1 818.56 dólares. Por otro lado, se ha establecido un presupuesto anual con un monto total de 1 949.93 dólares para cubrir los gastos del plan de mantenimiento y operación.

## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda al GAD Municipal de Salcedo llevar a cabo todas las mejoras propuestas y las actividades mencionadas en el plan de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con los plazos establecidos. Esto se hace con el objetivo de mantener en condiciones óptimas la infraestructura de cada unidad de tratamiento.
- Se recomienda inspeccionar regularmente las condiciones de la red de alcantarillado, especialmente los sumideros, debido a la presencia de sólidos voluminosos, como bolsas de basura o rama que están llegando a la caja de alivio.
- Se recomienda realizar una supervisión diaria en la caja de alivio para prevenir su colapso, ya que la acumulación de sólidos podría obstruir el flujo del agua.
- Se recomienda establecer un cronograma de cumplimiento para las actividades de mantenimiento de la PTAR, con el fin de asegurar su realización de manera oportuna y eficiente. Este cronograma permitirá organizar y programar las diferentes tareas de mantenimiento, asignando los recursos necesarios y estableciendo fechas límite para cada actividad.
- Se recomienda llevar a cabo campañas de concientización dirigidas a la población para informarles sobre el funcionamiento, importancia y peligros asociados a la planta de tratamiento de aguas residuales. Estas campañas deben concientizar a la población sobre los tipos de desechos que no deben ser arrojados al alcantarillado sanitario, como productos químicos, aceites, medicamentos, entre otros, debido a que pueden afectar negativamente el proceso de tratamiento y el medio ambiente.
- Se recomienda al GAD Municipal de Salcedo brindar opciones para el correcto manejo de desechos contaminantes, por ejemplo, sitios específicos para el depósito de pilas.
- Se sugiere llevar a cabo pruebas de laboratorio pasados 3 meses desde la aplicación de los lechugines con el fin de evaluar si la concentración de nitrógeno amoniacal cumple con los límites establecidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. Lahera Ramón, “INFRAESTRUCTURA SUSTENTABLE: LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”, *Quivera*, vol. 12, núm. 2, pp. 58–69, 2010.
- [2] Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos UNESCO, “AGUAS RESIDUALES EL RECURSO DESAPROVECHADO”, París, 2017.
- [3] J. P. Rodríguez Miranda, C. A. García Ubaque, y J. Pardo Pinzón, “Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales”, *Revista Tecnura*, vol. 19, núm. 46, p. 37, nov. 2015, doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a03.
- [4] Epa United States Environmental Protection Agency, *2012 Guidelines for Water Reuse*. Washington, 2012.
- [5] J. De Anda Sánchez, “Saneamiento descentralizado y reutilización sustentable de las aguas residuales municipales en México”, *Sociedad y Ambiente*, vol. 5, núm. 14, pp. 119–143, 2017.
- [6] PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, “APOYO DEL PNUD A LA IMPLEMENTACIÓN DEL OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE 6”, ene. 2016. Consultado: el 4 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/SDG06\\_Water\\_ES%20-%20web.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/SDG06_Water_ES%20-%20web.pdf)
- [7] T. de J. Romero López y D. Vargas Mato, “Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas”, *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, vol. XXXVIII, núm. 3, pp. 88–100, 2017.
- [8] ONU, “Región | Asia Central y Meridional -Datos del ODS 6”, 2020. [https://www.sdg6data.org/es/region/Central%20and%20Southern%20Asia#anchor\\_6.2.1a](https://www.sdg6data.org/es/region/Central%20and%20Southern%20Asia#anchor_6.2.1a) (consultado el 4 de mayo de 2023).

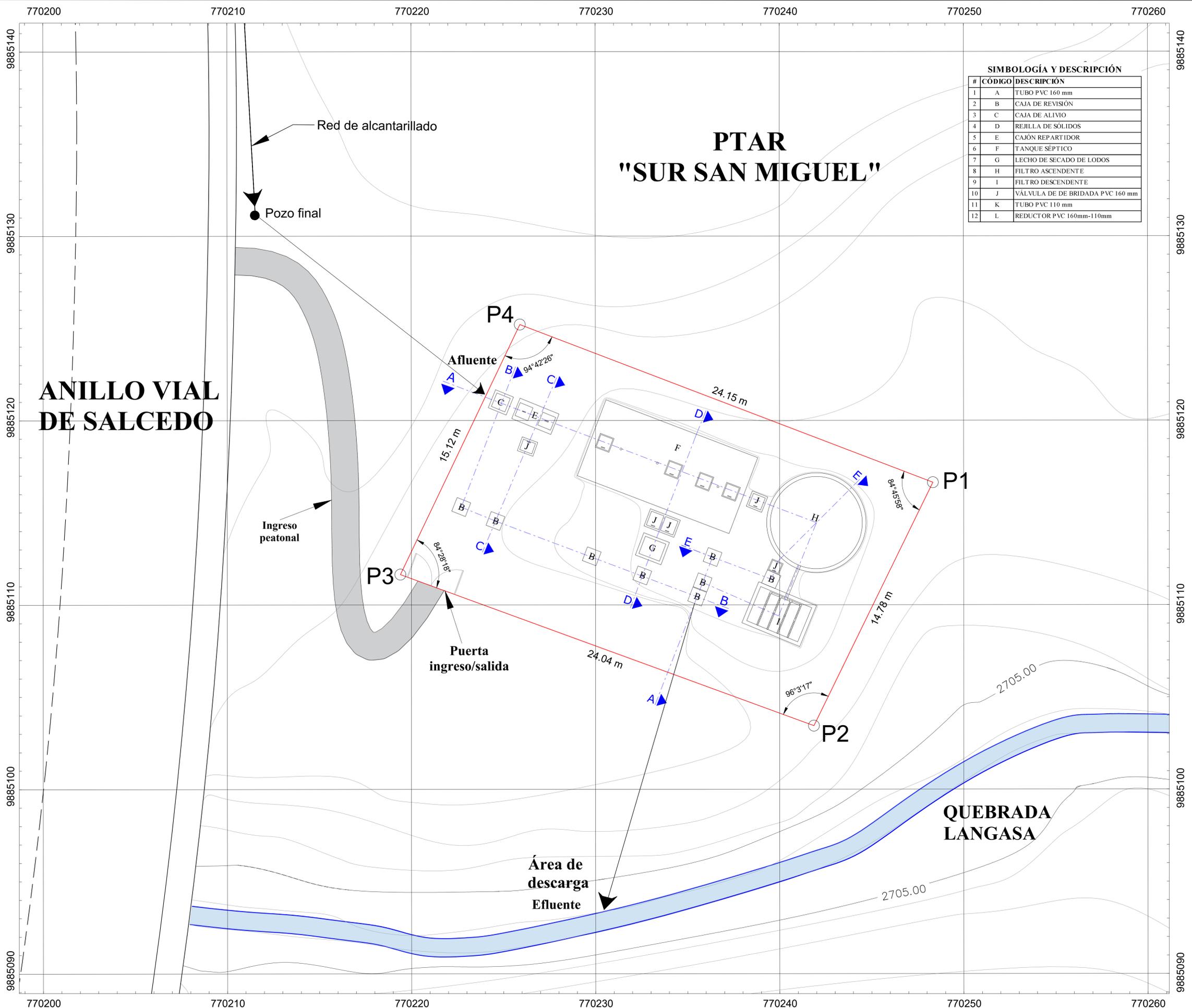
- [9] S. Dra. Saravia Matus, “FORO REGIONAL ANDINO DEL AGUA 2022 Panorama de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe, y propuesta de una transición hídrica sostenible e inclusiva”, oct. 2022.
- [10] S. Córdova, H. Gaete, F. Aránguiz, y R. Figueroa, “Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos”, *Lat Am J Aquat Res*, vol. 37, núm. 2, pp. 199–209, 2009, doi: 10.3856/vol37-issue2-fulltext-7.
- [11] I. Echeverría, C. Escalante, O. Saavedra, R. Escalera, G. Heredia, y R. Montoya, “EVALUACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES BASADA EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN ACOPLADAS A UN REACTOR ANAEROBIO COMPARTIMENTADO”, *INVESTIGACION & DESARROLLO*, vol. 21, núm. 1, jul. 2021, doi: 10.23881/idupbo.021.1-3i.
- [12] C. Terán, J. Argüello, y C. Cando, “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales Gestión de Agua Potable y Saneamiento”, dic. 2022. [En línea]. Disponible en: [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- [13] G. P. Velasco Taipe, “EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE MANTA”, Manta, 2017. Consultado: el 4 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14029/1/T-UCE-0008-Q005-2017.pdf>
- [14] M. Tamayo Segarra, “EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN UNA EMPRESA PROCESADORA DE PLÁSTICO”, Guayaquil, 2021.
- [15] D. Meneses Pérez, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA MULALÓ, CANTÓN

- LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”, UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO, Ambato, 2023. Consultado: el 4 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38167/1/Tesis%20I.C.%201760%20-%20Meneses%20P%20c3%a9rez%20David%20Israel.pdf>
- [16] GAD de la Provincia de Cotopaxi, “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025”, jul. 2018.
- [17] GAD Parroquial Rural de Mulliquindil, “PDOT-MULLIQUINDIL-2019-2023”, Salcedo, 2019.
- [18] O. Rojas Bustamante, “Manual básico para medir caudales”, 2006.
- [19] Inc. Metcalf & Eddy, *INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES: Tratamiento, vertido y reutilización*, McGraw-Hill., vol. 2. 2003.
- [20] Ministerio del Ambiente, *TULSMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA*, Especial N° 270. Quito, 2015.
- [21] J. Romero Rojas, *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería, 1999.
- [22] E. Rosales Escalante, “Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones”, *Tecnología en Marcha*, vol. 18, núm. 2.
- [23] Comisión Nacional del Agua CONAGUA, *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente)*, vol. 29. [En línea]. Disponible en: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- [24] INEN, “NTE INEN 2176:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO”, Quito, 2013.

- [25] T. Boris, “Tipos de Muestreo de Agua: potable, de río, importancia”, *INGENIERÍA AMBIENTAL*, 2020. <https://ingenieriaambiental.net/muestreo-de-agua/> (consultado el 13 de junio de 2023).
- [26] INEN, “NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS”, Quito, 2013.
- [27] E. Siles, J. Monforte, F. Estrany, R. Oliver, y S. Carreras, “Eliminación del nitrógeno amoniacal en aguas residuales sanitarias”, *Técnica Industrial* 273, febrero de 2008.
- [28] M. J. Knobelsdorf Miranda, “ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES EN UN ARU DE BAJA CARGA ORGÁNICA MEDIANTE EL PROCESO VIP”, Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2005.
- [29] G. Cárdenas Calvachi y I. Sánchez Ortiz, “Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública”, *UNIVERSIDAD Y SALUD*, vol. 15, núm. 1, pp. 72–88, jun. 2013.
- [30] R. M. Padrón López, “Depuración de aguas residuales domésticas a través de humedales artificiales de flujo vertical”, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005.
- [31] INEN, “NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES”, 2003. [En línea]. Disponible en: [www.pdfactory.com](http://www.pdfactory.com)
- [32] *Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. [En línea]. Disponible en: [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- [33] Lima, “GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN”, 2005.

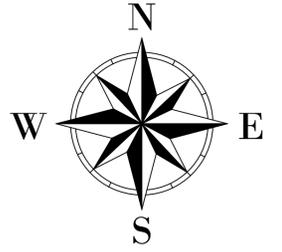
- [34] “INEC, ‘Promedio de Personas por Hogar,’ Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos. p. 14, 2010”.
- [35] EPMAPS, *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la emaaap-q*, V & M Gráficas. Quito, 2009.
- [36] C. Carvajal Fuentes, “MODELO PARA COMPARAR DISEÑOS DE FILTRO PERCOLADOR.”, Bogotá, 202d. C.
- [37] “Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, ‘TITULO C- SISTEMAS DE POTABILIZACION’. Bogotá, noviembre de 2000”.
- [38] “Organización Panamericana de la Salud, ‘GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS’. Lima, 2005”.
- [39] “M. Viteri, ‘Combinación biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos como biofiltros para la descontaminación de aguas residuales en la planta de tratamiento el peral EP-EMAPA Ambato’, Ambato-Tesis de Maestría: Universidad Técnica de Ambato, 2014”.
- [40] U. F. Carreño Sayago, “*Buchón de agua*” (*Eichhornia Crassipes*): impulsor de la fitorremediación. Bogotá: Fundación Universitaria, 2020. [En línea]. Disponible en: [www.ulibertadores.edu.co](http://www.ulibertadores.edu.co)
- [41] A. González Dias, N. Rodríguez V., J. A. García Núñez, E. Ruiz Á., J. H. Acero H, y W. A. Reyes A., *Humedales artificiales como alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio de palma de aceite*. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite - FEDEPALMA, 2022. doi: 10.56866/9789588360942.
- [42] Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, “CARGAS (NO SÍSMICAS) NEC - SE - CG”, dic. 2014.

# **ANEXO 1: PLANOS**

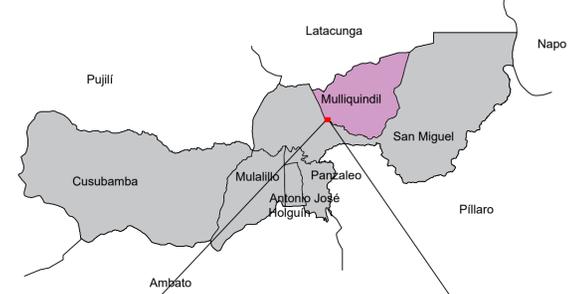


SIMBOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN		
#	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	A	TUBO PVC 160 mm
2	B	CAJA DE REVISIÓN
3	C	CAJA DE ALIVIO
4	D	REJILLA DE SÓLIDOS
5	E	CAJÓN REPARTIDOR
6	F	TANQUE SÉPTICO
7	G	LECHO DE SECADO DE LODOS
8	H	FILTRO ASCENDENTE
9	I	FILTRO DESCENDENTE
10	J	VÁLVULA DE DE BRIDADA PVC 160 mm
11	K	TUBO PVC 110 mm
12	L	REDUCTOR PVC 160mm-110mm

SISTEMA DE REFERENCIA:		ESCALA: 1 : 150			
DATUM	WGS 84	ÁREA: 358.6 m <sup>2</sup>			
ZONA :	17 SUR				
CUADRO DE COORDENADAS					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	14.78	84°45'58"	770248.94	9885117.31
P2	P2 - P3	24.04	96°3'17"	770242.43	9885104.04
P3	P3 - P4	15.12	84°28'18"	770219.84	9885112.29
P4	P4 - P1	24.15	94°42'26"	770226.38	9885125.92

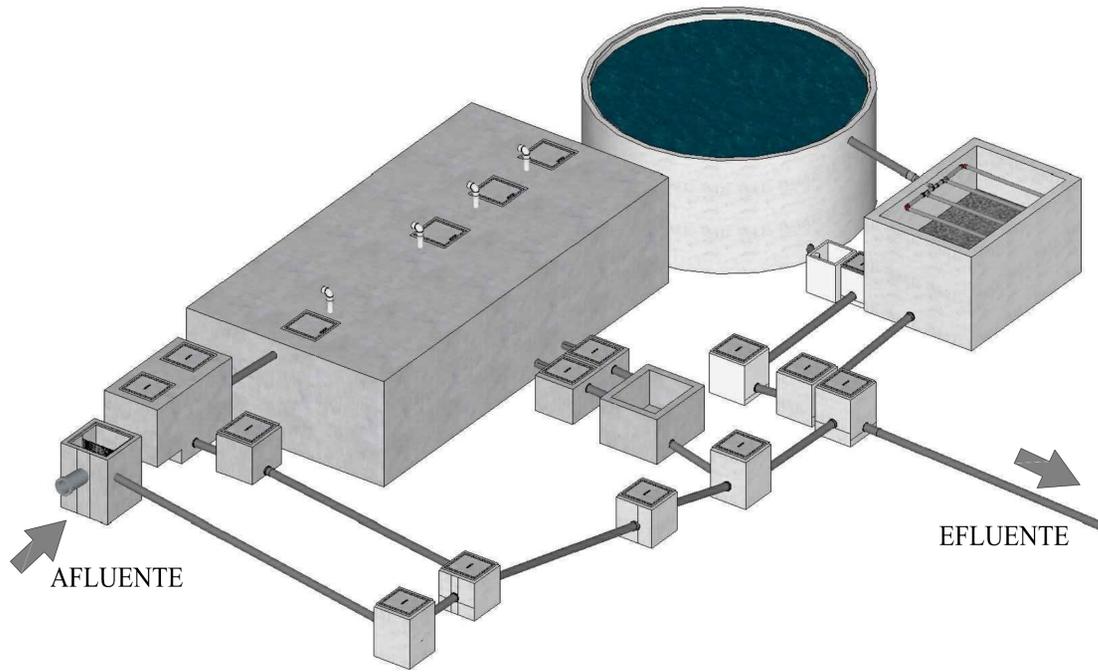


UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO RESPECTO AL CANTÓN SALCEDO

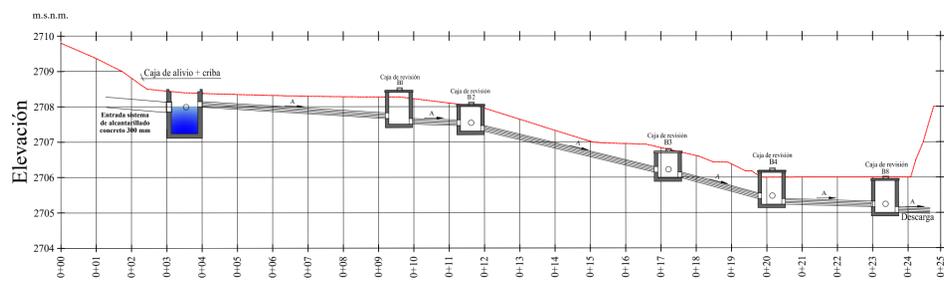
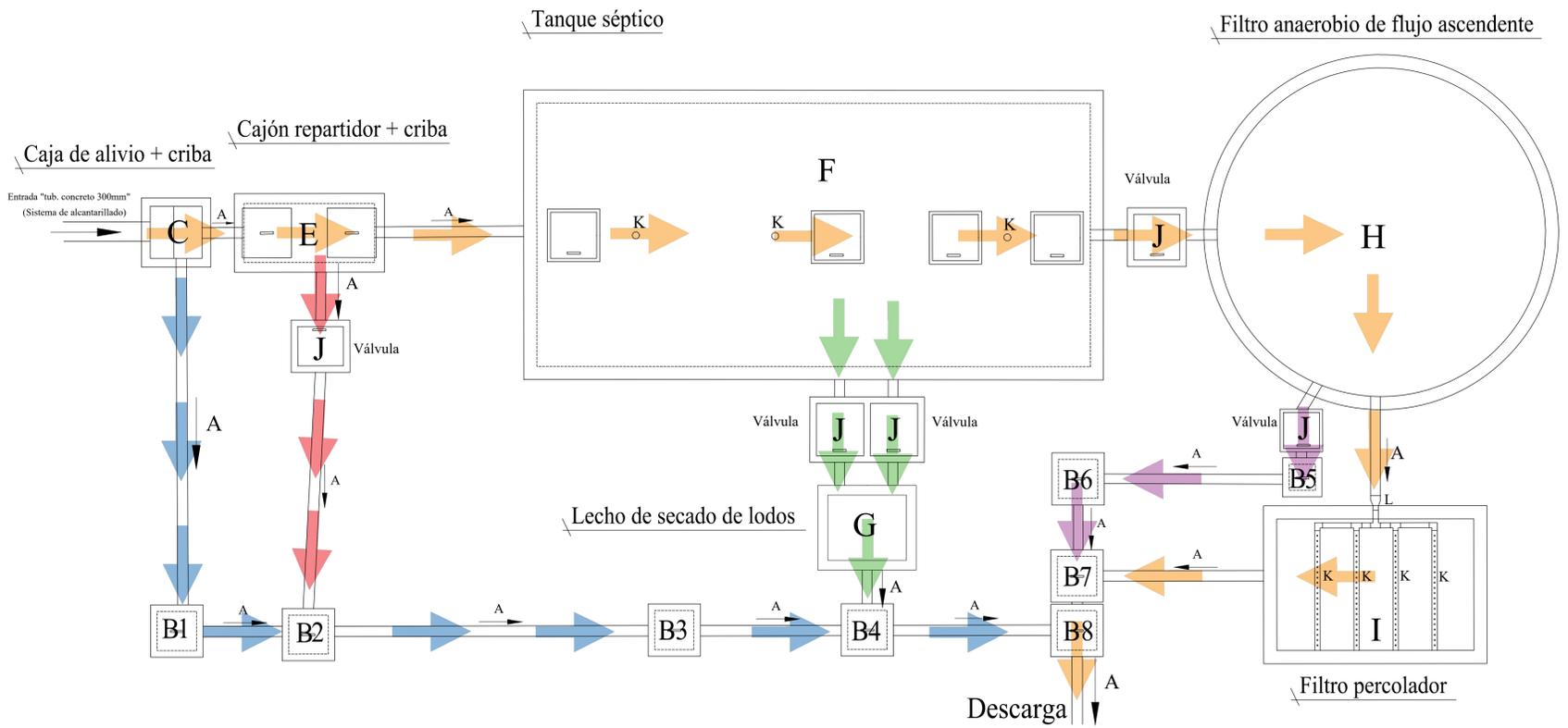


	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
	<b>PROYECTO:</b> "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI"	PROVINCIA: COTOPAXI CANTÓN: SALCEDO PARROQUIA: MULLIQUINDIL SECTOR: SUR SAN MIGUEL	
<b>CONTIENE:</b> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES		FECHA: ABRIL 2023 ESCALA: 1:100	
<b>LÁMINA:</b> 1 de 4	Elaborado por: Alex Steven Fernández Alajaja	Revisado por: Ing. MSc. Rodrigo Fabián Morales Fialos	

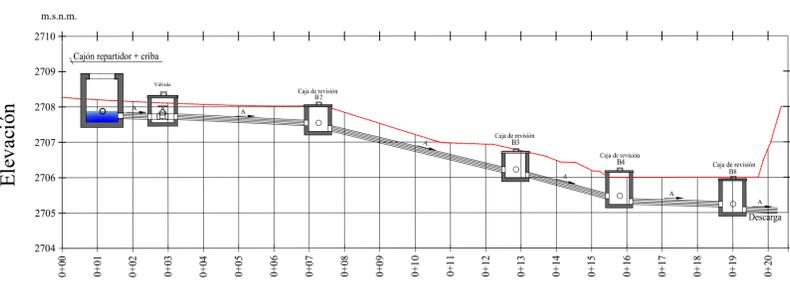
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA PTAR



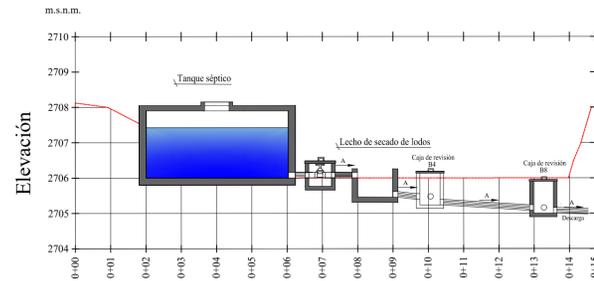
PERSPECTIVA DE LA PTAR  
Esc:.....N/A



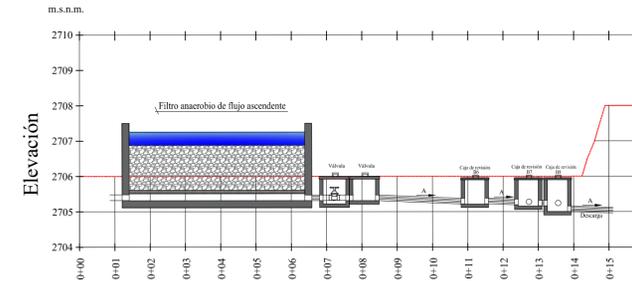
Corte B-B: Sistema de descarga aguas lluvias  
Esc:.....1:100



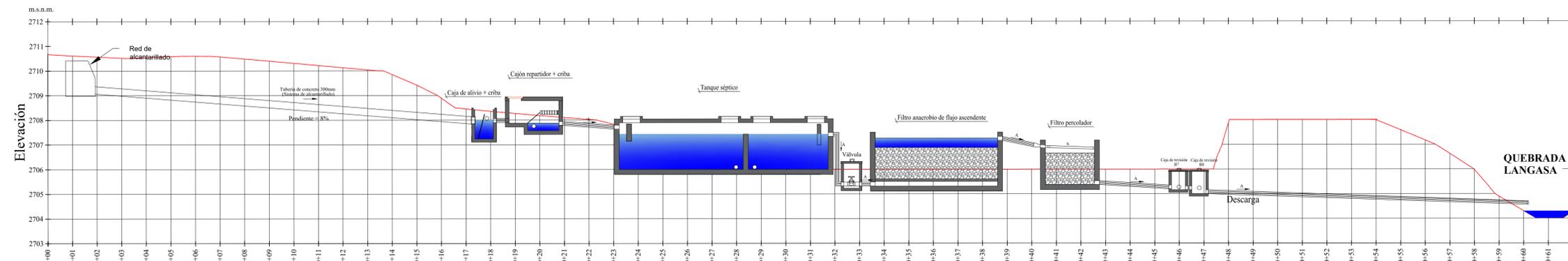
Corte C-C: Sistema de descarga del cajón repartidor  
Esc:.....1:100



Corte D-D: Sistema evacuación al lecho de secado de lodos  
Esc:.....1:100



Corte E-E: Sistema de evacuación de lodos del FAFA  
Esc:.....1:100



Corte A-A: Sistema de tratamiento de aguas residuales  
Esc:.....1:100

## CIRCUITOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Esc:.....1:50

- ➔ Sistema de tratamiento de aguas residuales
- ➔ Sistema de descarga aguas lluvias
- ➔ Sistema evacuación al lecho de secado de lodos
- ➔ Sistema de descarga del cajón repartidor
- ➔ Sistema de evacuación de lodos del FAFA

### SIMBOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN

#	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	A	TUBO PVC 160 mm
2	B	CAJA DE REVISIÓN
3	C	CAJA DE ALIVIO
4	D	REJILLA DE SÓLIDOS
5	E	CAJÓN REPARTIDOR
6	F	TANQUE SÉPTICO
7	G	LECHO DE SECADO DE LODOS
8	H	FILTRO ASCENDENTE
9	I	FILTRO DESCENDENTE
10	J	VÁLVULA DE DE BRIDADA PVC 160 mm
11	K	TUBO PVC 110 mm
12	L	REDUCTOR PVC 160mm-110mm

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

---

**PROYECTO:** "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI"

**PROVINCIA:** COTOPAXI  
**CANTÓN:** SALCEDO  
**PARROQUIA:** MULLIQUINDIL  
**SECTOR:** SUR SAN MIGUEL

---

**CONTIENE:** IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES "SUR SAN MIGUEL"

**FECHA:** ABRIL 2023  
**ESCALA:** INDICADAS

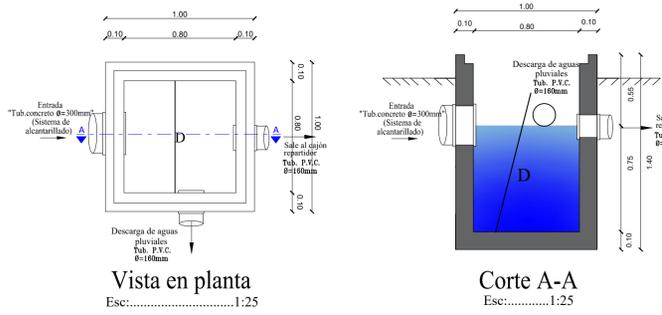
---

**LÁMINA:** 2 de 4

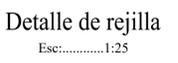
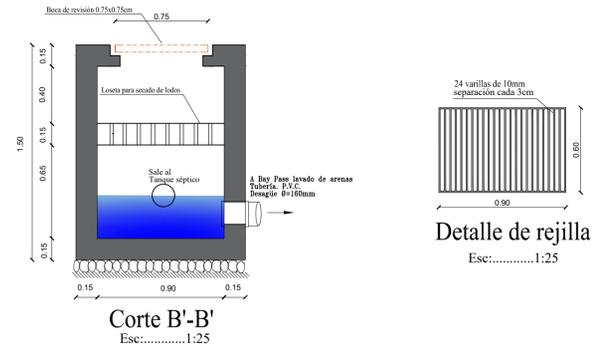
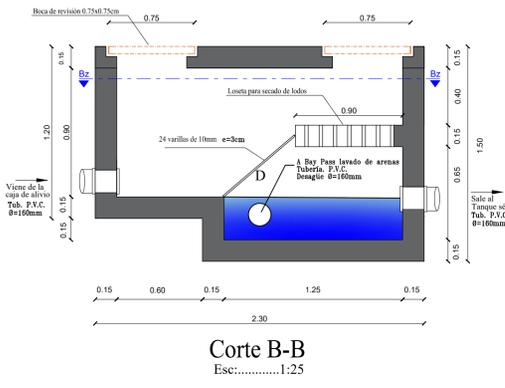
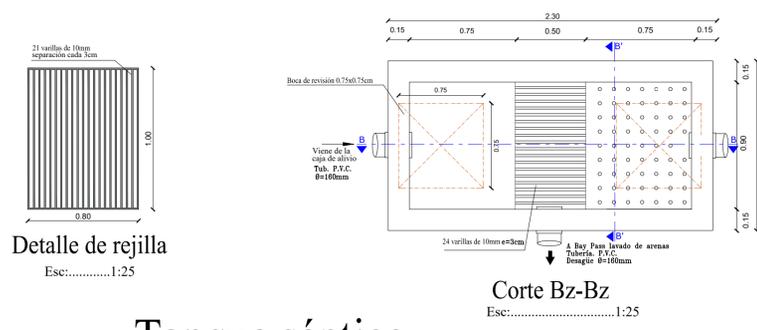
**Elaborado por:** Alex Steven Fernández Atajía  
**Revisado por:** Ing. MSc. Rodrigo Fabián Morales Fiallos

QUEBRADA LANGASA

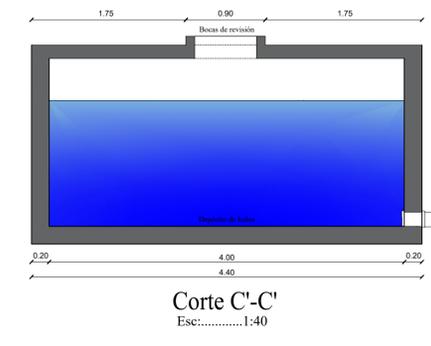
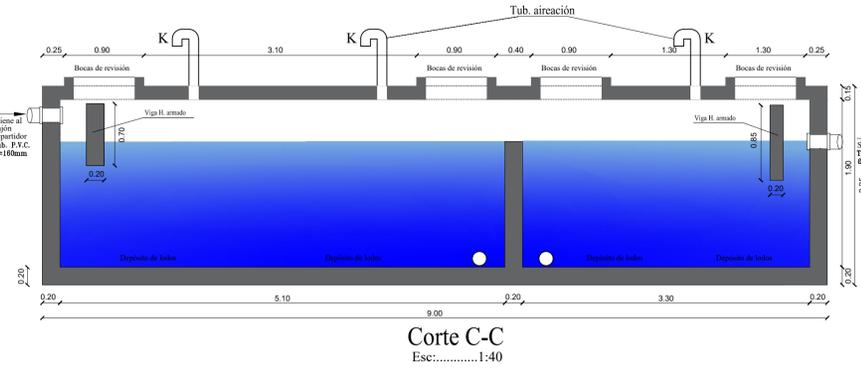
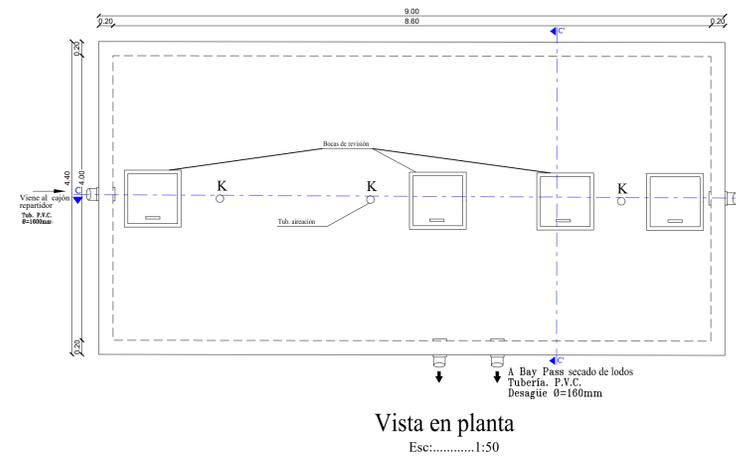
### Caja de alivio + criba



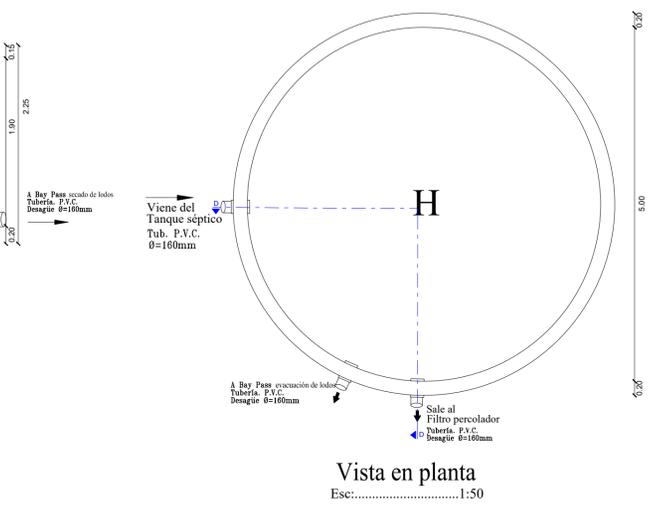
### Cajón repartidor + criba



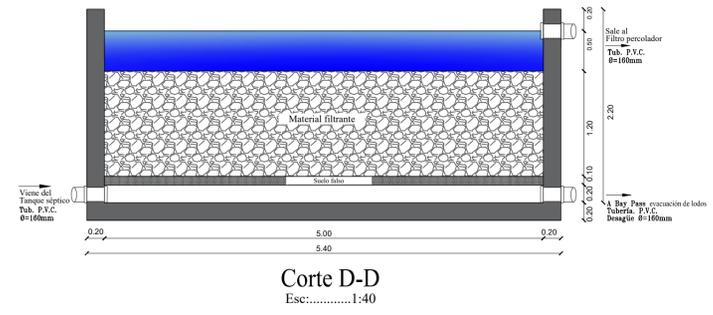
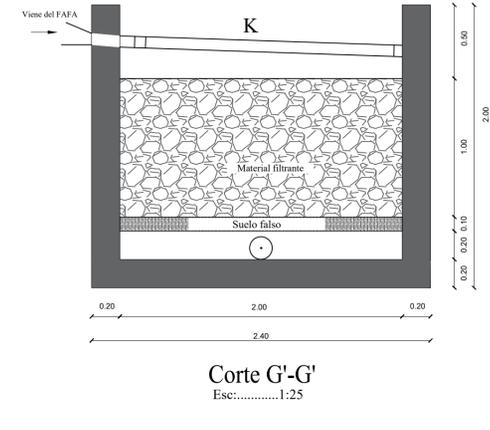
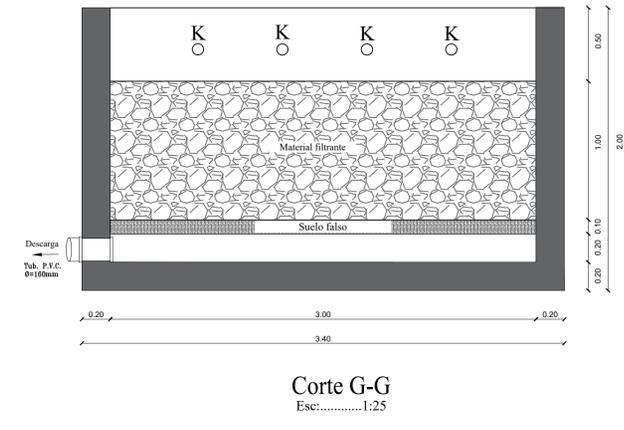
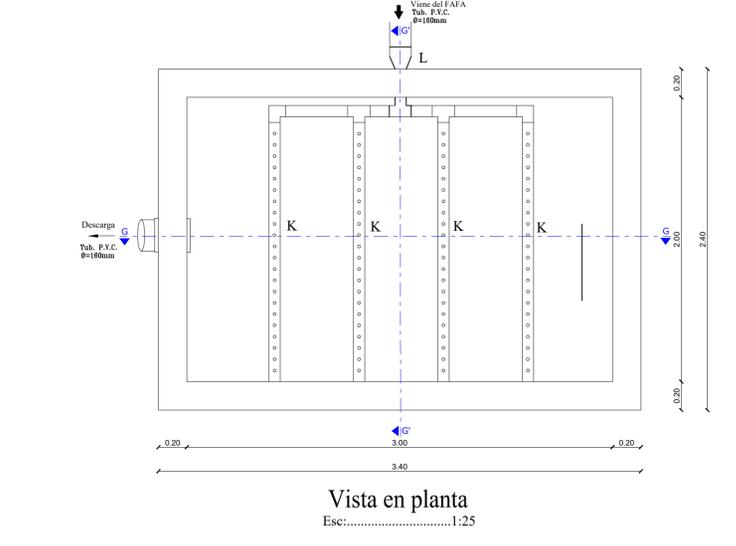
### Tanque séptico



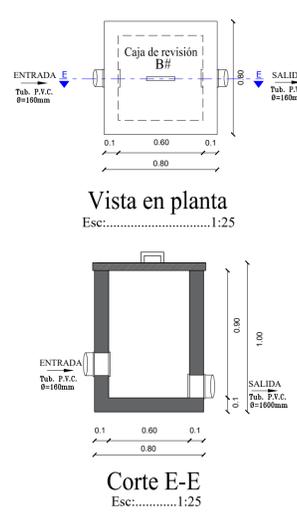
### Filtro anaerobio de flujo ascendente



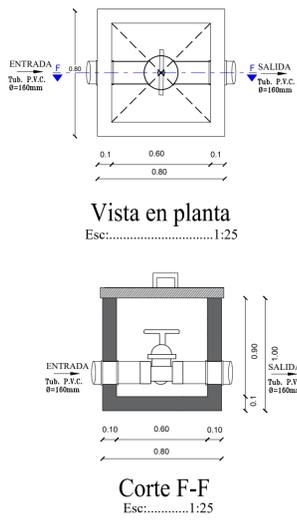
### Filtro percolador



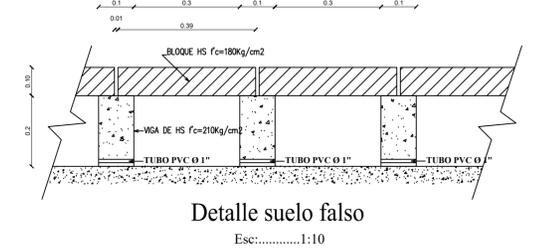
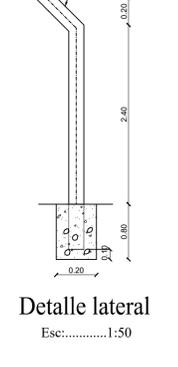
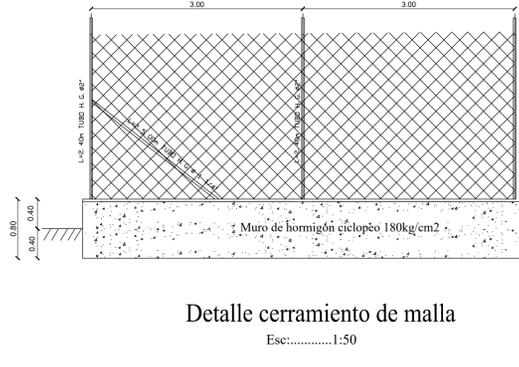
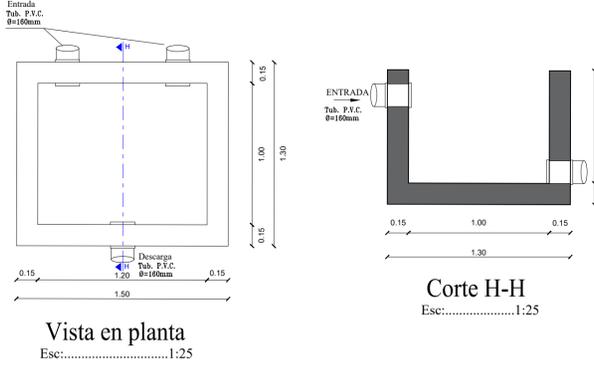
### Caja de revisión tipo



### Válvula tipo



### Lecho de secado de lodos



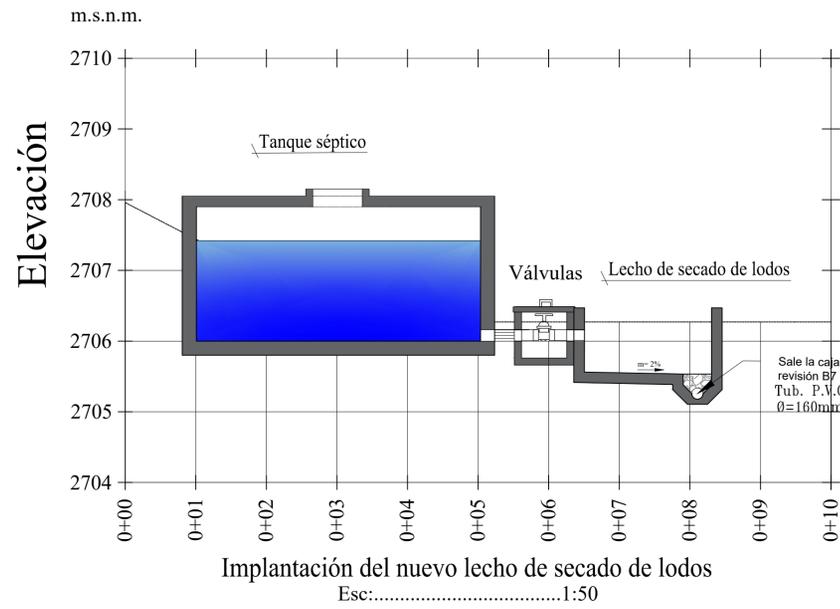
SIMBOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN	
#	CÓDIGO DESCRIPCIÓN
1	A TUBO PVC 160 mm
2	B CÁMARAS DE REVISIÓN
3	C TUBO PVC DE 4" DESAGUE
4	D REJILLA DE SÓLIDOS
5	E CAJÓN DE DESBASTE
6	F FILTRO ASCENDENTE
7	G RECOLECTOR DE LODOS
8	H CAJÓN INGRESO
9	I VALVULA DE DE BRIDADA PVC 160 mm
10	J CÁMARA DE VALVULAS
11	K TUBO PVC 110 mm
12	L REDUCTOR PVC 160mm-110mm



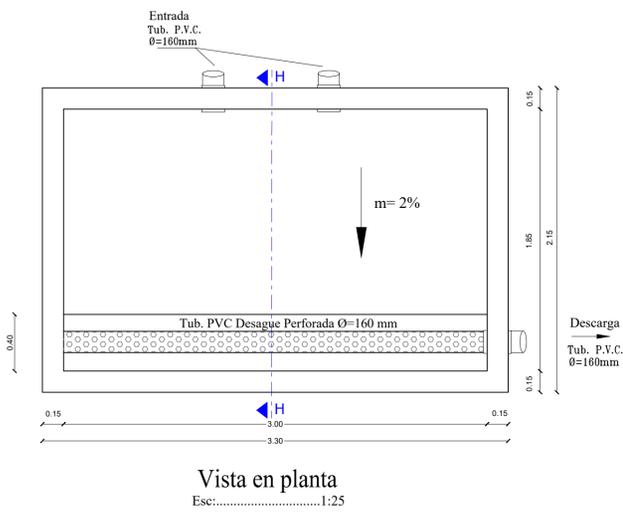
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



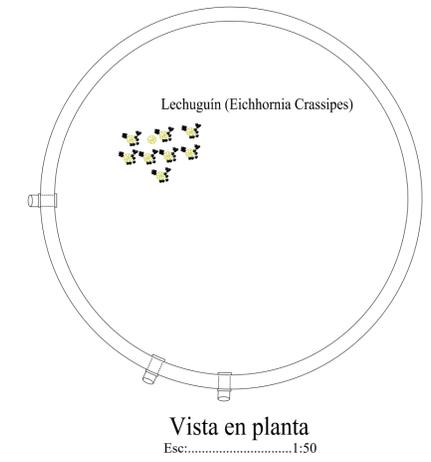
<b>PROYECTO:</b> "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI"	<b>PROVINCIA:</b> COTOPAXI <b>CANTÓN:</b> SALCEDO <b>PARROQUIA:</b> MULLIQUINDIL <b>SECTOR:</b> SUR SAN MIGUEL
<b>CONTIENE:</b> DETALLES DE LAS UNIDADES HIDRÁULICAS	<b>FECHA:</b> JUNIO 2023 <b>ESCALA:</b> INDICADAS
<b>LÁMINA:</b> 3 de 4	<b>Elaborado por:</b> Alex Steven Fernández Aluja <b>Revisado por:</b> Ing. MSc. Rodrigo Fabián Morales Fallico



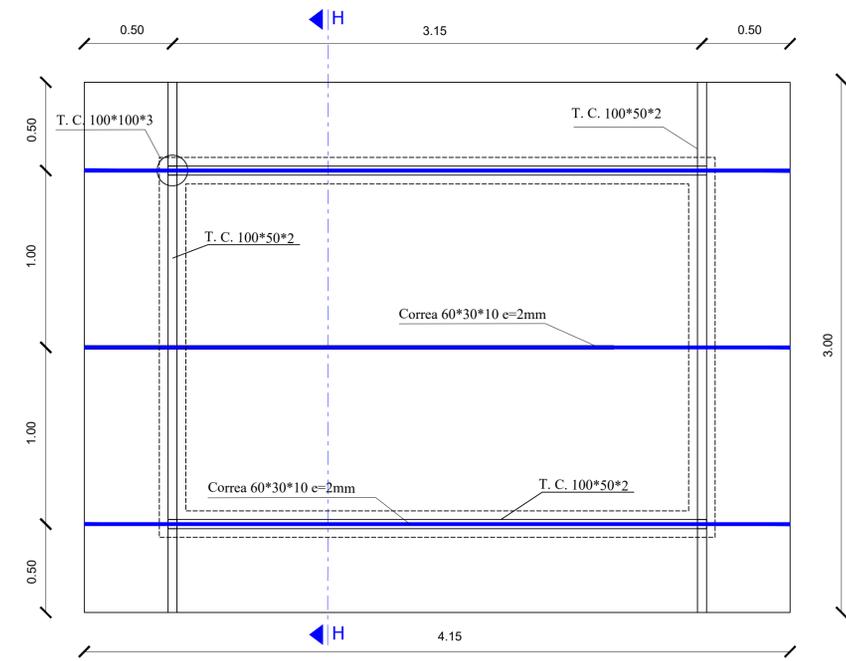
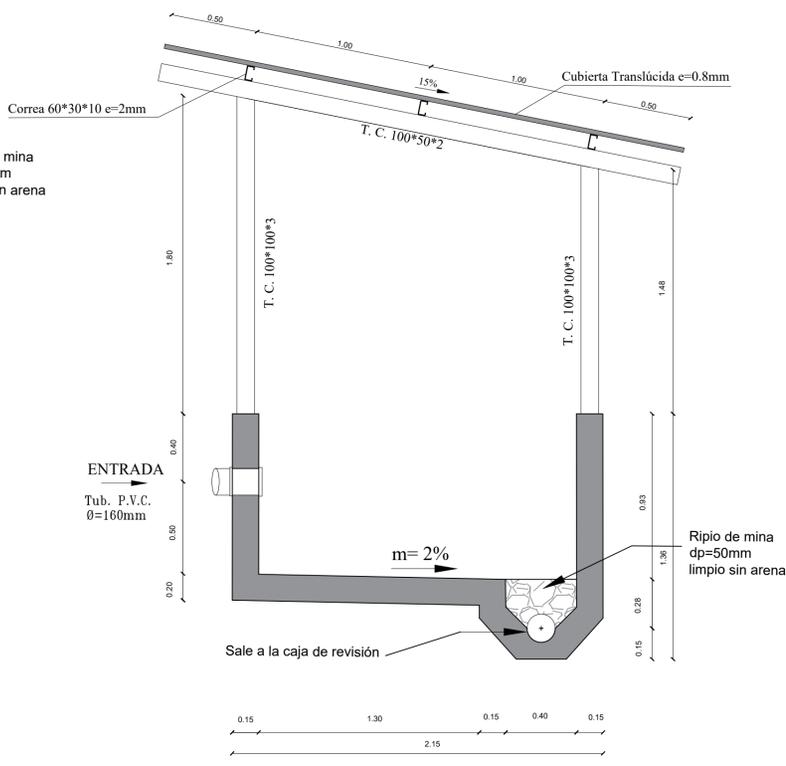
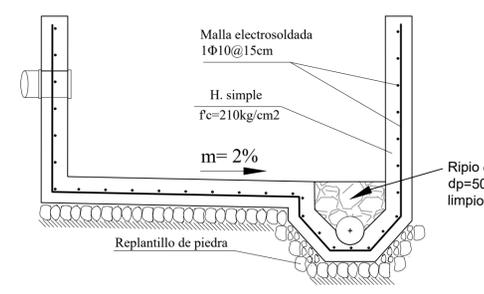
### Rediseño del lecho de secado de lodos



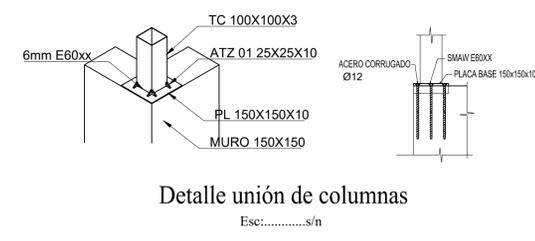
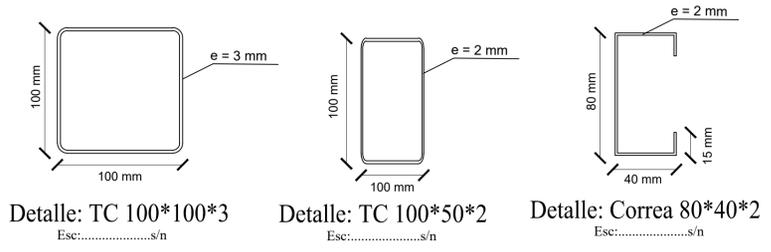
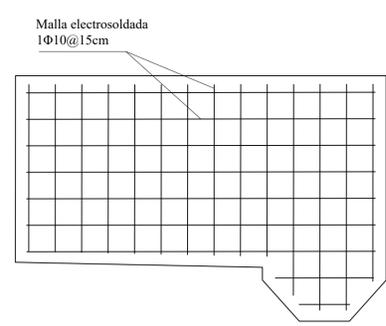
### Implantación de lechugines en el FAFA



### Implantación de señalética informativa y preventiva



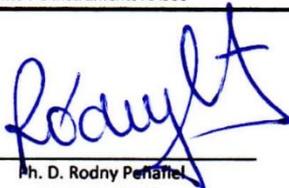
### Detalle 2: armado del acero de refuerzo



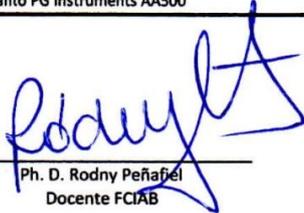
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
<b>PROYECTO:</b> "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI"		PROVINCIA: COTOPAXI CANTÓN: SALCEDO PARROQUIA: MULLIQUINDIL SECTOR: SUR SAN MIGUEL
<b>CONTIENE:</b> PROPUESTAS DE MEJORAS DE LA PTAR "SUR SAN MIGUEL"		FECHA: JULIO 2023 ESCALA: INDICADAS
<b>LÁMINA:</b> 4 de 4	<b>Elaborado por:</b> Alex Steven Fernández Alajja	<b>Revisado por:</b> Ing. MSc. Rodrigo Fabián Morales Fiallos

# **ANEXO 2: RESULTADOS DE LABORATORIO**

LABORATORIO AMBIENTAL. LABORATORIO INVESTIGACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIA E ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA UTA					
Nombre del muestreador:	Alex Fernández	Código de la muestra:	Entrada PTAR		
Nombre del responsable del análisis:	Dr.- Ing. Rodny Peñafiel	Punto de muestreo:	Compuesto		
Fecha/hora de muestreo:	15.05.2023/7:00-15:00	Tipo de muestreo:	Refrigeración 2°C		
Lugar de muestreo:	PTAR SAN MIGUEL SALCEDO	Modo de conservación:	1 Litro / 0.5 Litro		
Tipo de muestra:	AGUA RESIDUAL	Volumen de muestra:			
	UNIDADES	VALOR	DES. EST.	NORMA TULSMA TABLA 8 DESCARGA ALCANTARILLADO	METODO
<b>Parámetros globales<sup>1</sup></b>					
pH		7,9	0,01	6 a 9	SM 4500 B
Conductividad	µS/cm	1471,7	1,70	-	SM 2510 B
Turbidez	NTU	866,0	9,40	-	SM 2130 B
<b>Parámetros en laboratorio<sup>2</sup></b>					
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	522,2	14,10	500	SM 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/l	313,3	15,70	250	SM 5210 D
Sólidos Totales, ST	mg/l	846,7	9,43	1600	SM 2540 B
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/l	58,0	1,60	220	SM 2540 D
Sólidos Disueltos Totales, SDT	mg/l	778,7	7,80	-	SM 2540 C
Nitrógeno amoniacal, N-NH <sub>3</sub>	mg/l	73,1	0,20	60*	ASTM D1426, Nessler method
Nitrato, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	18,8	0,10	-	SM 4500 NO3 E
Fosfato, P-PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	5,7	0,30	15**	SM 4500 P E
Cloruros, Cl <sup>-</sup>	mg/l	25	1,50	-	SM 4500 P E
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	210	5,00	400	4500-Cl G
Cromo VI, Cr <sup>6+</sup>	mg/l	0,087	0,005	0,5	ASTM D1687-92, Diphenylcarbohidrazide method
Zinc, Zn	mg/l	0,9	0,03	10	SM 3500-Zn B
Hierro, Fe	mg/l	2,29	0,04	25	EPA Phenanthroline method 315B
Aluminio, Al	mg/l	1,8	0,04	5	SM 3500-Al B
Manganeso, Mn	mg/l	4	0,20	10	SM 3500-Mn B
Cobre, Cu	mg/l	0,100	0,05	1	SM 3500-Cu B
<b>Metales por Absorción Atómica<sup>3</sup></b>					
Cadmio, Cd	mg/l	0,0074	0,0043	0,02	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As
Niquel, Ni	mg/l	n.d.	-	2,0	
Cromo total, Cr	mg/l	0,0268	0,0004	-	
Plomo, Pb	mg/l	0,0115	0,0007	0,5	
Arsénico, As	mg/l	n.d.	-	0,1	
* Como Nitrógeno Total Kjeldahl					
** Como fósforo total					
n/d: no detectado					
SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA					
<sup>1</sup> Medidor multiparámetro HANNA HI 9829					
<sup>2</sup> Fotómetro multiparamétrico con DQO HI 83399					
<sup>3</sup> Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito PG Instruments AA500					

  
 Ph. D. Rodny Peñafiel  
 Docente FCIAB

LABORATORIO AMBIENTAL. LABORATORIO INVESTIGACIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIA E ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA UTA					
Nombre del muestreador:	Alex Fernández	Código de la muestra:			
Nombre del responsable del análisis:	Dr.- Ing. Rodny Peñafiel	Punto de muestreo:	Salida PTAR		
Fecha/hora de muestreo:	15.05.2023/7:00-15:00	Tipo de muestreo:	Compuesto		
Lugar de muestreo:	PTAR SAN MIGUEL	Modo de conservación:	Refrigeración 2°C		
Tipo de muestra:	SALCEDO	Volumen de muestra:	1 Litro / 0.5 Litro		
	AGUA RESIDUAL				
	UNIDADES	VALOR	DES. EST.	NORMA TULSMA TABLA 9 DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE	METODO
<b>Parámetros globales<sup>1</sup></b>					
pH		7,7	0,3	6 a 9	SM 4500 B
Conductividad	µS/cm	1353,0	0,5	-	SM 2510 B
Turbidez	NTU	438,3	1,3	-	SM 2130 B
<b>Parámetros en laboratorio<sup>2</sup></b>					
Demanda Química de Oxígeno, DQO	mg/l	91,7	0,5	200	SM 5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO <sub>5</sub>	mg/l	53,3	2,9	100	SM 5210 D
Sólidos Totales, ST	mg/l	413,3	24,9	1600	SM 2540 B
Sólidos Suspendidos Totales, SST	mg/l	33,3	5,0	130	SM 2540 D
Sólidos disueltos totales, TDS	mg/l	380,0	20,0	-	SM 2540 C
Nitrógeno amoniacal, N-NH <sub>3</sub>	mg/l	47,00	2,8	30	ASTM D1426, Nessler method
Nitrato, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	11,80	0,1	-	SM 4500 NO3 E
Fosfato, P-PO <sub>3</sub> <sup>4-</sup>	mg/l	4,30	0,3	10*	SM 4500 P E
Cloruros, Cl <sup>-</sup>	mg/l	17,00	1,0	-	SM 4500 P E
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	180,00	5,0	1000	4500-CI G
Cromo VI, Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,013	0,005	0,5	ASTM D1687-92, Diphenylcarbohydrazide method
Zinc, Zn	mg/l	0,00	0,03	5	SM 3500-Zn B
Hierro, Fe	mg/l	0,14	0,04	10	EPA Phenanthroline
Aluminio, Al	mg/l	0,61	0,04	5	SM 3500-Al B
Manganeso, Mn	mg/l	1,00	0,20	2	SM 3500-Mn B
Cobre, Cu	mg/l	0,07	0,05	1	SM 3500-Cu B
<b>Metales por Absorción Atómica<sup>3</sup></b>					
Cadmio, Cd	mg/l	0,0028	0,0005	0,02	SM 3113 B PGI AA 500 Graphite Element Data Sheets Cd, Ni, Cr, Pb, As
Niquel, Ni	mg/l	n.d	-	2,0	
Cromo total, Cr	mg/l	0,0232	0,0121	-	
Plomo, Pb	mg/l	0,0127	0,0031	0,2	
Arsénico, As	mg/l	n.d.	-	0,1	
* Como fósforo total n/d: no detectado SM: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, APHA <sup>1</sup> Medidor multiparámetro HANNA HI 9829 <sup>2</sup> Fotómetro multiparamétrico con DQO HI 83399 <sup>3</sup> Espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito PG Instruments AA500					

  
 Ph. D. Rodny Peñafiel  
 Docente FCIAB

# **ANEXO 3: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 1

**RUBRO:** S. C. de rizomas de lechugines (*Eichhornia crassipes*)

**HOJA N°:** 1  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,530

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,22
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,22</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,530	2,15
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,530	2,29
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>4,44</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Rizomas de lechuguín	u	100,000	0,15	15,00
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>15,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	19,66
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>23,59</b>

VEINTITRES CON 59/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>23,59</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 2

**RUBRO:** Demolición de estructuras de concreto incluye transporte y desalojo

**HOJA N°:** 2  
**UNIDAD:** m<sup>3</sup>  
**RENDIMIENTO:** 3,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				1,29
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>1,29</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
M. mayor en ejec. de obras civiles EO C1	1,00	4,55	4,55	3,000	13,65
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	3,000	12,15
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>25,80</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					27,09
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>32,51</b>
<b>TREINTA Y DOS CON 51/100 DOLARES ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$ 32,51</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 3

**RUBRO:** Nivelacion y replanteo (estructuras)

**HOJA N°:** 3  
**UNIDAD:** m<sup>2</sup>  
**RENDIMIENTO:** 0,030

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,01
Estacion total	1,00	4,00	4,00	0,030	0,12
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,13</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Topógrafo EO C1	1,00	4,55	4,55	0,030	0,14
Cadenero EO D2	1,00	4,10	4,10	0,030	0,12
		#N/D			
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,26</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Estacas, piolas	glb	0,010	15,00	0,15	
Clavos (1" _3 1/2")	Kg	0,002	6,87	0,01	
Pintura esmalte	gl	0,001	21,38	0,01	
Mojon de hormigon	u	0,010	1,00	0,01	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,18</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>0,57</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>20,00%</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>0,00%</b>
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>0,68</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>0,68</b>

CON 68/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 4

**RUBRO:** Excavación a cielo abierto, con medios manuales (suelo sin clasificar)

**HOJA N°:** 4  
**UNIDAD:** m<sup>3</sup>  
**RENDIMIENTO:** 1,000

**EQUIPO**

DESCRIPCION	Numero A	TARIFA B	C/HORA C = A x B	Rend. u/h R	COSTO TOTAL D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,42
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,42</b>

**MANO DE OBRA**

DESCRIPCION	Numero A	JOR. / HORA B	C / HORA C = A x B	Rend. u/h R	COSTO TOTAL D = C x R
Maestro de Obra EO C2	1,00	4,33	4,33	1,000	4,33
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	1,000	4,05
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>8,38</b>

**MATERIALES**

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD A	P. UNITARIO B	COSTO TOTAL C = A x B
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>0,00</b>

**TRANSPORTE**

DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD A	DMT (Km) B	TARIFA (Km) C	COSTO TOTAL D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	8,80
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	20,00%
UTILIDAD	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>10,56</b>

DIEZ CON 56/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>10,56</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 5

**RUBRO:** **Tubería PVC D.N.I. 160mm (mat.tran.inst)**

**HOJA N°:** 5  
**UNIDAD:** m  
**RENDIMIENTO:** 0,300

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,19
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,19</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Inspector de obra EO B3	1,00	4,55	4,55	0,300	1,37
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,300	1,22
Plomero EO D2	1,00	4,10	4,10	0,300	1,23
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>3,82</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
TUBERIA PVC D.N.I. 160mm x 3m DESAGÜE PLASTIGAMA	m	0,350	18,35	6,42	
Arena	m3	0,030	12,00	0,36	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>6,78</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					10,79
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>12,95</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>12,95</b>

DOCE CON 95/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 6

**RUBRO:** Picado de caja de revisión, empate de tubería y sellado

**HOJA N°:** 6  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 1,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,21
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,21</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil EO D2	1,00	4,10	4,10	1,000	4,10
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>4,10</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
AGUA	M3	0,020	0,43	0,01	
ARENA	M3	0,020	7,81	0,16	
CEMENTO	KG	6,000	0,13	0,78	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,95</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					5,26
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>6,31</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>6,31</b>

SEIS CON 31/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 7

**RUBRO:** Relleno compactado en capas de 20cm max

**HOJA N°:** 7  
**UNIDAD:** m<sup>3</sup>  
**RENDIMIENTO:** 0,125

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,08
COMPACTADOR 5.5 HP	1,00	1,01	1,01	0,125	0,13
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,21</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
M. mayor en ejec. de obras civiles EO C1	1,00	4,55	4,55	0,125	0,57
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,125	0,51
Operador de equipo liviano EO D2	1,00	4,10	4,10	0,125	0,51
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>1,59</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Agua	m <sup>3</sup>	0,100	0,43	0,04	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,04</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					1,84
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>2,21</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>2,21</b>

DOS CON 21/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N° :** 8

**RUBRO:** Replanto de piedra E=15cm y H.S.=140 kg/cm<sup>2</sup>, e=5cm

**HOJA N°:** 8  
**UNIDAD:** m<sup>2</sup>  
**RENDIMIENTO:** 0,400

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,25
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,25</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Inspector de obra EO B3	1,00	4,55	4,55	0,400	1,82
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	0,400	3,24
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>5,06</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA	saco	0,310	7,68	2,38
Arena	m3	0,080	13,50	1,08
Piedra bola	m3	0,150	10,00	1,50
Agua	m3	0,100	0,45	0,05
Ripio	m3	0,12	18,00	2,16
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>7,17</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	12,48
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>14,98</b>

CATORCE CON 98/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>14,98</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N°:** 9

**RUBRO:** Hormigon simple  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  incl. en cof

**HOJA N°:** 9  
**UNIDAD:** m<sup>3</sup>  
**RENDIMIENTO:** 1,300

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				1,09
Concretera	1,00	5,00	5,00	1,000	5,00
Vibrador	1,00	5,00	5,00	1,000	5,00
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>11,09</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
M. mayor en ejec. de obras civiles EO C1	1,00	4,55	4,55	1,300	5,92
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	1,300	10,53
Albañil EO D2	1,00	4,10	4,10	1,300	5,33
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>21,78</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Cemento Portland	saco	7,150	7,05	50,41
Arena	m <sup>3</sup>	0,600	7,00	4,20
Ripio	m <sup>3</sup>	0,900	7,00	6,30
Agua	m <sup>3</sup>	0,200	0,50	0,10
Tabla de encofrado 0.30*2.40cm	U	7,22	2,50	18,05
Alfagia 6*6*240cm	U	2,70	2,50	6,75
Tiras de Eucalipto 5*5*2.50	U	0,17	3,00	0,51
Clavos de 2"-2 1/2"	LB	3,30	0,75	2,48
Pingos l=2.50 m	u	2,00	2,50	5,00
Alambre galvanizado N°18	KG	0,94	2,49	2,34
Aceite quemado	GL	0,12	0,10	0,01
Plastificante	kg	0,25	10,00	2,50
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>98,65</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	131,52
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>157,82</b>

CIENTO CINCUENTA Y SIETE CON 82/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>157,82</b>
--------------------------------------	---------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N°:** 10

**RUBRO:** Malla electrosoldada 15\*15\*10mm

**HOJA N°:** 10

**UNIDAD:** m<sup>2</sup>

**RENDIMIENTO:** 0,166

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,10
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,10</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
M. mayor en ejec. de obras civiles EO C1	1,00	4,55	4,55	0,166	0,76
Albañil EO D2	1,00	4,10	4,10	0,300	1,23
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>1,99</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Alambre galvanizado N°18	KG	0,050	2,49	0,12	
MALLA ELECTROSOLDADA CORRUG A50 10-15	Plancha	0,070	134,96	9,45	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>9,57</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					11,66
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00% 2,33
<b>UTILIDAD</b>					0,00% 0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>13,99</b>
<b>TRECE CON 99/100 DOLARES</b>					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>
<b>ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					<b>13,99</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N°:** 11

**RUBRO:** Instalación de estructura metálica, acero A36

**HOJA N°:** 11  
**UNIDAD:** kg  
**RENDIMIENTO:** 0,055

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,02
Soldadora eléctrica 300 A	1,00	1,88	1,88	0,055	0,10
Compresor de aire 250 CFM	0,10	15,00	1,50	0,055	0,08
Amoladora	2,00	3,75	7,50	0,055	0,41
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,61</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro soldador especializado EO C1	1,00	4,55	4,55	0,055	0,25
Ayudante de Ferrero EO E2	1,00	4,10	4,10	0,055	0,22
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,47</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Alambre galvanizado N°18	KG	1,050	1,50	1,58	
Thinner comercial	gal	0,010	16,52	0,17	
Disco de corte metal 350x2.8x25.4mm	u	0,050	7,50	0,38	
Electrodo AGA 7018 1/8"	kg	0,050	7,39	0,37	
Anticorrosivo Gris mate	gal	0,01	16,45	0,16	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>2,66</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					<b>3,74</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					<b>20,00%</b>
<b>UTILIDAD</b>					<b>0,00%</b>
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>4,49</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>4,49</b>

CUATRO CON 49/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N°:** 12

**RUBRO:** Instalación de techo de policarbonato transparente  
e=0,80 mm

**HOJA N°:** 12  
**UNIDAD:** m<sup>2</sup>  
**RENDIMIENTO:** 0,100

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,04
Taladro eléctrico	0,30	1,10	0,33	0,300	0,10
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,14</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil EO D2	1,00	4,10	4,10	0,100	0,41
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,100	0,41
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,82</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Techo de policarbonato transparente e=0,80 mm	plancha	0,270	28,60	7,72	
Gancho J 3"	u	1,785	0,08	0,14	
Capuchon	u	1,785	0,04	0,07	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>7,93</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					8,89
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>10,67</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>10,67</b>

DIEZ CON 67/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 13

**RUBRO:** Canal y bajante de agua lluvia

**HOJA N°:** 13  
**UNIDAD:** ml  
**RENDIMIENTO:** 0,200

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,08
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,08</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil EO D2	1,00	4,10	4,10	0,200	0,82
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,200	0,81
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>1,63</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Canal agua lluvia PVC Baj.derecho. 3mt	ml	1,000	4,12	4,12
Union de canal a bajante	u	1,000	6,63	6,63
Soporte plástico de canal	u	1,000	1,01	1,01
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>11,76</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	13,47
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>16,16</b>

DIECISEIS CON 16/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>16,16</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 14

**RUBRO:** Implementación de señalética informativa

**HOJA N°:** 14  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,250

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,10
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,10</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,250	1,08
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,250	1,01
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>2,09</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Letrero de identificación 0.50x0.30 m inc. Accesorios y tornillería	u	1,00	25,000	25,00	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>25,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					27,19
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					5,44
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>32,63</b>
<b>TREINTA Y DOS CON 63/100 DOLARES ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$ 32,63</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 15

**RUBRO:** Implementación de señalética preventiva e identificación

**HOJA N°:** 15  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,167

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,07
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,07</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,167	0,72
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,167	0,67
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>1,39</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Letrero de identificación 0.50x0.30 m inc. Accesorios y tornillería	u	1,00	15,000	15,00
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>15,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	16,46
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>19,75</b>

DIECINUEVE CON 75/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>19,75</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 16

**RUBRO:** Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura

**HOJA N°:** 16  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,167

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,03
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,03</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,167	0,68
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,68</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					0,71
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				20,00%	0,14
<b>UTILIDAD</b>				0,00%	0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>0,85</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>0,85</b>

CON 85/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 17

**RUBRO:** Remoción de sedimentos

**HOJA N°:** 17  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,250

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,10
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,10</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,250	1,08
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,250	1,01
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>2,09</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					2,19
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>2,63</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>2,63</b>

DOS CON 63/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 18

**RUBRO:** Limpieza de la criba de retención de sólidos y basura

**HOJA N°:** 18  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,167

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,03
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,03</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,167	0,68
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,68</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					0,71
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>				20,00%	0,14
<b>UTILIDAD</b>				0,00%	0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>0,85</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>0,85</b>

CON 85/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N°:** 19

**RUBRO:** Remoción de sedimentos

**HOJA N°:** 19  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,250

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,16
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,16</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,250	1,08
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	0,250	2,03
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>3,11</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					3,27
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>3,92</b>
<b>TRES CON 92/100 DOLARES</b> <b>ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>
					<b>3,92</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 20

**RUBRO:** Chequeo de tuberías

**HOJA N°:** 20  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,060

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,03
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,03</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,060	0,26
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,060	0,24
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>0,50</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					0,53
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>0,64</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>0,64</b>

CON 64/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N° :** 21

**RUBRO:** Escobillado de natas flotantes

**HOJA N°:** 21  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,500

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,21
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,21</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,500	2,17
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,500	2,03
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>4,20</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					4,41
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					5,29
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>5,29</b>

CINCO CON 29/100 DOLARES  
ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 22

**RUBRO:** Eliminación del exceso de lodos

**HOJA N°:** 22  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,250

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,10
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,10</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,250	1,08
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,250	1,01
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>2,09</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Manguera de 30 metros con un diámetro de 3/8 de pulgada	U	0,080	50,50	4,04	
Carro cisterna con bomba de vacío	U	0,017	120,00	20,40	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>24,44</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					26,63
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					5,33
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>31,96</b>
<b>TREINTA Y UN CON 96/100 DOLARES ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>31,96</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 23

**RUBRO:** Limpieza total del tanque

**HOJA N°:** 23  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 2,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				1,24
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>1,24</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	2,000	8,66
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	2,000	16,20
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>24,86</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Manguera de 30 metros con un diámetro de 3/8 de pulgada	U	0,080	50,50	4,04	
Carro cisterna con bomba de vacío	U	0,017	120,00	20,40	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>24,44</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					50,54
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					10,11
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>60,65</b>
<b>SESENTA CON 65/100 DOLARES</b>					
<b>ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>60,65</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 24

**RUBRO:** Limpieza y mantenimiento FAFA

**HOJA N°:** 24  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,500

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,31
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,31</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,500	2,17
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	0,500	4,05
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>6,22</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>0,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	6,53
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>7,84</b>

SIETE CON 84/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>7,84</b>
--------------------------------------	-------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 25

**RUBRO:** Extracción de capa vegetal y limpieza de material filtrante

**HOJA N°:** 25  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 2,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				1,24
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>1,24</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	2,000	8,66
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	2,000	16,20
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>24,86</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Manguera de 30 metros con un diámetro de 3/8 de pulgada	U	0,080	50,50	4,04	
Carro cisterna con bomba de vacío	U	0,017	120,00	20,40	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>24,44</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					50,54
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					10,11
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>60,65</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>60,65</b>

SESENTA CON 65/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 26

**RUBRO:** Control de lechugines

**HOJA N°:** 26  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,250

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,16
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,16</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,250	1,08
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	0,250	2,03
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>3,11</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					3,27
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>3,92</b>
<b>TRES CON 92/100 DOLARES</b> ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$ 3,92</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 27

**RUBRO:** Limpieza y mantenimiento

**HOJA N°:** 27  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,500

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,21
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,21</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,500	2,17
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,500	2,03
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>4,20</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					4,41
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					5,29
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>5,29</b>

CINCO CON 29/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 28

**RUBRO:** Limpieza completa del material filtrante

**HOJA N°:** 28  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 1,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,42
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,42</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	1,000	4,33
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	1,000	4,05
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>8,38</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Carro cisterna con bomba de vacío	U	0,017	120,00	20,40	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>20,40</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					29,20
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					5,84
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>35,04</b>
<b>TREINTA Y CINCO CON 04/100 DOLARES ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.</b>					<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$ 35,04</b>



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 29

**RUBRO:** Esparcimiento de lodos

**HOJA N°:** 29  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,167

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,07
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,07</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	0,167	0,72
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,167	0,67
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>1,39</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					1,46
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					1,75
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>1,75</b>

UN CON 75/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 30

**RUBRO:** Retiro de lodos

**HOJA N°:** 30  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 1,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,42
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,42</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico en mantenimiento EO C2	1,00	4,33	4,33	1,000	4,33
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	1,000	4,05
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>8,38</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>0,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	8,80
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	20,00%
UTILIDAD	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>10,56</b>

DIEZ CON 56/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>10,56</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 31

**RUBRO:** Limpieza y desbroce manual de área con vegetación

**HOJA N°:** 31  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 2,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				0,81
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,81</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	2,000	16,20
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>16,20</b>

<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>0,00</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	17,01
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	20,00% 3,40
UTILIDAD	0,00% 0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>20,41</b>

VEINTE CON 41/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>20,41</b>
--------------------------------------	--------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 32

**RUBRO:** Pintura de caucho

**HOJA N°:** 32  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 8,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				4,97
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>4,97</b>

<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Pintor de exteriores EO D2	1,00	4,33	4,33	8,000	34,64
Peón EO E2	2,00	4,05	8,10	8,000	64,80
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>99,44</b>

<b>MATERIALES</b>				
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
		A	B	C = A x B
Yeso	kg	6,500	0,630	4,10
Látex Supremo int/ext	gal	3,900	16,000	62,40
Lija No 80	u	9,750	0,390	3,80
Lija No 100	u	9,750	0,340	3,32
Cemento blanco Tolteca	kg	6,50	0,460	2,99
<b>SUB - TOTAL (O)</b>				<b>76,61</b>

<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>	181,02
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	20,00%
<b>UTILIDAD</b>	0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>	<b>217,22</b>

DOSCIENTOS DIECISIETE CON 22/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.

<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>	<b>217,22</b>
--------------------------------------	---------------



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 33

**RUBRO:** Pintura anticorrosiva

**HOJA N°:** 33  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 0,500

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor 5% de M.O.	5,00%				0,21
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>0,21</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Pintor EO D2	1,00	4,33	4,33	0,500	2,17
Peón EO E2	1,00	4,05	4,05	0,500	2,03
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>4,20</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Pintura anticorrosiva	gal	0,100	17,150	1,72	
Thinner comercial	gal	0,160	13,950	2,23	
Lija No 80	u	0,300	0,390	0,12	
Lija No 100	u	0,300	0,340	0,10	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>4,17</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					8,58
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					20,00%
<b>UTILIDAD</b>					0,00%
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>10,30</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>10,30</b>

DIEZ CON 30/100 DOLARES  
 ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**Carrera de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**NOMBRE DEL PROYECTO:** EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL BARRIO SUR SAN MIGUEL DE LA PARROQUIA MULLIQUINDIL DE SANTA ANA, CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI

**NOMBRE DEL OFERENTE:** Alex Fernández

**CODIGO N :** 34

**RUBRO:** **Monitoreo del análisis físico-químico del afluente y efluente**

**HOJA N°:** 34  
**UNIDAD:** u  
**RENDIMIENTO:** 8,000

<b>EQUIPO</b>					
DESCRIPCION	Numero	TARIFA	C/HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramiento menor 5% de M.O.	5,00%				1,82
<b>SUB - TOTAL (M)</b>					<b>1,82</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	Numero	JOR. / HORA	C / HORA	Rend. u/h	COSTO TOTAL
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Laboratorista EO C1	1,00	4,55	4,55	8,000	36,40
<b>SUB - TOTAL (N)</b>					<b>36,40</b>
<b>MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO TOTAL	
		A	B	C = A x B	
Analisis físico-químico del agua	u	2,00	43,000	86,00	
<b>SUB - TOTAL (O)</b>					<b>86,00</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
DESCRIPCION	UND.	CANTIDAD	DMT (Km)	TARIFA (Km)	COSTO TOTAL
		A	B	C	D = A x B x C
<b>SUB - TOTAL (P)</b>					<b>0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)</b>					124,22
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>					24,84
<b>UTILIDAD</b>					0,00
<b>PRECIO DE CALCULO</b>					<b>149,06</b>
<b>PRECIO OFERTADO EN DOLARES \$</b>					<b>149,06</b>

CIENTO CUARENTA Y NUEVE CON 06/100 DOLARES  
ESTE PRECIO NO INCLUYE I.V.A.