



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 DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

TUTOR: Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

AMBATO – ECUADOR

Marzo - 2023

CERTIFICACIÓN

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 DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Daniel Alejandro Guevara Guzmán**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805113378, 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.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, Daniel Alejandro Guevara Guzmán, con C.I. 1805113378 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los análisis, graficas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, marzo 2023



Daniel Alejandro Guevara Guzmán

C.I. 1805113378

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 procesos 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, marzo 2023



Daniel Alejandro Guevara Guzmán

C.I. 1805113378

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el estudiante Daniel Alejandro Guevara Guzmán, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Fidel Alberto Castro Solórzano Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Bolívar Eduardo Paredes Beltrán Msc.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental se lo dedico a mi Madre Yolanda por todo su apoyo, amor y cariño, y en la cual me he inspirado para seguir adelante y superarme día tras día, demostrándome que el trabajo duro, el esfuerzo y la perseverancia ofrecen los mejores resultados.

A mi abuelito Julio Cesar que, aunque ya no se encuentre presente para verme cumplir una meta más en mi vida, sé que desde el cielo me sigue apoyando y cuidando, y se encuentra orgulloso de mi por haber logrado el objetivo de convertirme en un profesional.

A mis hermanos Bryan y Fernando que me han brindado su apoyo incondicional y económico, así como sus conocimientos durante toda mi vida estudiantil.

A mis tíos u otros familiares que de una u otra manera me han brindado su apoyo no solo en esta etapa sino en muchas otras para alcanzar mis objetivos.

A mi compañera de vida y mejor amiga Paulina quien a pesar de las dificultades me ha apoyado en gran parte de mi etapa universitaria, demostrándome su amor, comprensión, y que ha sido un pilar fundamental para mí en el transcurso para alcanzar este objetivo y con la cual deseo cumplir muchos más a lo largo de mi vida.

Finalmente dedico este trabajo a todas las personas que formaron parte de este maravilloso proceso, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas cada día al levantarme y cumplir con todas las actividades que me llevaron e inspiraron a cumplir esta meta.

A mi Madre por brindarme su apoyo incondicional día tras día y entregarme su confianza y tiempo para verme convertirme en un profesional.

A mis tíos y hermanos por brindarme su apoyo económico y moral para lograr culminar con mis estudios.

A mis amigos por brindarme su amistad, apoyo y formar parte de este maravilloso proceso universitario.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por impartirme sus conocimientos para mi formación académica y profesional, y de manera especial al Ing. Fabián Morales quien fue mi tutor para llevar a cabo el presente trabajo experimental.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por abrirme las puertas y ofrecerme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra manera me colaboraron para lograr este objetivo, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Hipótesis.....	9
1.2. Objetivos.....	10
1.2.1. Objetivo General	10
1.2.2. Objetivos Específicos	10
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	11
2.1. Materiales y Equipos.....	11
2.2. Métodos	13
2.2.1. Etapa I. Levantamiento de información de la PTAR	13
2.2.2. Etapa II. Investigación de campo	14
2.2.3. Etapa III. Investigación de laboratorio.....	16
2.2.4. Etapa IV. Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR.	17

2.2.5.	Etapa V. Verificación y mejoramiento de la PTAR.....	20
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
3.1.	Análisis y discusión de resultados	21
3.1.1.	Descripción de la zona de estudio	21
3.1.2.	Procesos unitarios de la PTAR y dimensionamiento	24
3.1.2.1.	Pozo recolector de caudales	25
3.1.2.2.	Desarenador	27
3.1.2.3.	Trampa de grasas.....	29
3.1.2.4.	Tanque séptico de sedimentación primaria.....	31
3.1.2.5.	Lecho de secado de lodos.....	32
3.1.2.6.	Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).....	35
3.1.2.7.	Lecho filtrante descendente	37
3.1.2.8.	Pozo de salida	38
3.1.3.	Caudales semanales de la planta de tratamiento	40
3.1.4.	Caudal semanal promedio y caudal máximo horario.....	44
3.1.5.	Análisis del agua residual de la PTAR.....	47
3.1.6.	Diagnóstico técnico del funcionamiento teórico de los procesos unitarios de la PTAR	49
3.1.6.1.	Diagnóstico pozo recolector de caudales.....	49
3.1.6.2.	Diagnóstico del desarenador	49
3.1.6.3.	Diagnóstico trampa de grasas.....	53
3.1.6.4.	Diagnóstico tanque séptico de sedimentación primaria	56
3.1.6.5.	Diagnóstico lecho de secado de lodos	58
3.1.6.6.	Diagnóstico filtro anaerobio de flujo ascendente.....	62
3.1.6.7.	Diagnóstico lecho filtrante descendente	65
3.2.	Verificación de hipótesis	68
3.3.	Propuesta de mejora de la PTAR	71

3.3.1. Plan de operación y mantenimiento	71
Operador de la PTAR.....	71
MEDIDA 1.- Mejoramiento pozo recolector de caudales.	72
MEDIDA 2.- Mejoramiento rejillas de cribado y desarenador	72
MEDIDA 3.- Mejoramiento trampa de grasas.....	73
MEDIDA 4.- Mejoramiento del tanque séptico de sedimentación primaria	74
MEDIDA 5.- Mejoramiento del lecho de secado de lodos	75
MEDIDA 6.- Mejoramiento del filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2	77
MEDIDA 7.- Mejoramiento del lecho filtrante descendente.....	78
MEDIDA 8.- Monitoreo del agua residual tratada.....	79
3.3.1.1. Flujograma de operación y mantenimiento de la PTAR.....	80
3.3.1.2. Presupuesto referencial plan de operación y mantenimiento. 81	
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
4.1. Conclusiones.....	82
4.2. Recomendaciones.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS	90
ANEXO N°1 FOTOGRAFÍAS	90
ANEXO N°2 RESULTADOS DE LABORATORIO.....	94
ANEXO N°3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....	97
ANEXO N°4 SEÑALÉTICA.....	106
ANEXO N°5 CÁLCULO ESTRUCTURA METÁLICA	113
ANEXO N°6 PLANOS.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales	11
Tabla 2 Parámetros analizados en la muestra de agua residual.....	17
Tabla 3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	18
Tabla 4 Viviendas sin alcantarillado en la parroquia	23
Tabla 5 Dimensiones pozo recolector de caudales.....	26
Tabla 6 Dimensiones trampa de grasas	30
Tabla 7 Dimensiones tanque séptico.....	31
Tabla 8 Dimensiones lecho secado de lodos 1	33
Tabla 9 Dimensiones Filtros anaerobios de flujo ascendente	36
Tabla 10 Dimensiones lecho filtrante descendente	37
Tabla 11 Dimensiones pozo de salida	39
Tabla 12 Caudal semanal entrada (05-11 sep.)	40
Tabla 13 Caudal semanal salida (05-11 sep.).....	41
Tabla 14 Caudal semanal entrada (12-18 sep.)	41
Tabla 15 Caudal semanal salida (12-18 sep.).....	41
Tabla 16 Caudal semanal entrada (19-25 sep.)	42
Tabla 17 Caudal semanal salida (19-25 sep.).....	42
Tabla 18 Caudal semanal entrada (26 sep.-02 oct.)	42
Tabla 19 Caudal semanal salida (26 sep.-02 oct.).....	43
Tabla 20 Caudal semanal entrada (03-05 oct.).....	43
Tabla 21 Caudal semanal salida (03-05 oct.)	43
Tabla 22 Caudal semanal máximo - entrada	44
Tabla 23 Estadística descriptiva caudales promedio de entrada	44
Tabla 24 Caudal semanal máximo - salida.....	45
Tabla 25 Estadística descriptiva caudales promedio de salida.....	45
Tabla 26 Comparación resultados análisis de agua residual	47
Tabla 27 Porcentaje de remoción contaminante de la PTAR.....	48
Tabla 28 Porcentajes de eficacia en el proceso de remoción de contaminantes	48
Tabla 29 Parámetros para la utilización de rejillas en cribado.....	50
Tabla 30 Verificación de cumplimiento rejillas de cribado	50

Tabla 31 Parámetros de diseño para desarenadores horizontales	51
Tabla 32 Verificación de parámetros de diseño desarenador.....	53
Tabla 33 Parámetros de diseño para trampa de grasas.....	53
Tabla 34 Datos para el diagnóstico trampa de grasa.....	54
Tabla 35 Verificación de criterios de diseño para trampa de grasas	55
Tabla 36 Datos para el diagnóstico del tanque séptico	56
Tabla 37 Verificación de cumplimiento tanque séptico.....	58
Tabla 38 Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos.....	59
Tabla 39 Tiempo requerido para la digestión de lodos según la temperatura.....	60
Tabla 40 Verificación de cumplimiento lecho de secado de lodos	61
Tabla 41 Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio flujo ascendente	62
Tabla 42 Resumen y comparación de valores según la normativa para el diseño de un FAVA	64
Tabla 43 Datos para el diagnóstico del lecho filtrante descendente	66
Tabla 44 Resumen y comparación de los valores obtenidos según la normativa RAS 2000 y OPS para un lecho filtrante.	67
Tabla 45 Cuadro resumen del funcionamiento actual de los componentes de la PTAR de García Moreno.....	69
Tabla 46 Resumen plan de operación y mantenimiento pozo recolector de caudales	72
Tabla 47 Resumen plan de operación y mantenimiento rejillas de cribado y desarenador	73
Tabla 48 Resumen plan de operación y mantenimiento trampa de grasas	74
Tabla 49 Resumen plan de operación y mantenimiento tanque séptico	75
Tabla 50 Resumen plan de operación y mantenimiento lecho de secado de lodos... ..	77
Tabla 51 Resumen plan de operación y mantenimiento filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2	78
Tabla 52 Resumen plan de operación y mantenimiento lecho filtrante descendente ..	79
Tabla 53 Resumen plan de operación y mantenimiento monitoreo del agua residual tratada.....	79
Tabla 54 Presupuesto referencial del plan de operación y mantenimiento	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Toma de fotografías aéreas con dron de la PTAR.....	14
Figura 2 Medición de caudales de entrada de la PTAR.....	15
Figura 3 Medición de caudales de salida de la PTAR	15
Figura 4 Toma de muestras de entrada y salida de la PTAR	16
Figura 5 Muestras enviadas a los laboratorios de la UNACH	17
Figura 6 Ubicación del proyecto	21
Figura 7 Barrio García Moreno.....	22
Figura 8 PTAR García Moreno.....	24
Figura 9 Tren de tratamiento actual de la PTAR	25
Figura 10 Pozo recolector de caudales.....	25
Figura 11 Vista en planta pozo recolector	26
Figura 12 Corte longitudinal pozo recolector	27
Figura 13 Desarenador	28
Figura 14 Vista en planta desarenador	28
Figura 15 Corte longitudinal desarenador.....	28
Figura 16 Corte transversal desarenador.....	29
Figura 17 Trampa de grasas	29
Figura 18 Vista en planta trampa de grasas	30
Figura 19 Corte longitudinal trampa de grasas	30
Figura 20 Tanque séptico de sedimentación primaria	31
Figura 21 Vista en planta tanque séptico	32
Figura 22 Corte longitudinal tanque séptico	32
Figura 23 Lecho de secado de lodos	33
Figura 24 Válvula de paso hidráulica	33
Figura 25 Vista en planta lecho de secado de lodos	34
Figura 26 Corte longitudinal lecho de secado de lodos	34
Figura 27 Corte transversal lecho de secado de lodos	34
Figura 28 Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2 (FAFA).....	35
Figura 29 Material filtrante en el interior de cada filtro	35
Figura 30 Conformación del material filtrante en el filtro 1 y 2.....	36

Figura 31 Vista en planta filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2.....	36
Figura 32 Corte longitudinal filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2	37
Figura 33 Lecho filtrante descendente	37
Figura 34 Vista en planta lecho filtrante descendente	38
Figura 35 Corte longitudinal lecho filtrante descendente	38
Figura 36 Pozo de salida	39
Figura 37 Tubería pozo de salida.....	39
Figura 38 Corte longitudinal pozo de salida	40
Figura 39 Curva de distribución normal de caudales de entrada día Martes	45
Figura 40 Curva de distribución normal de caudales de salida día Martes.....	46
Figura 41 Representación gráfica del porcentaje de remoción real de contaminantes	48
Figura 42 Representación gráfica del porcentaje de eficacia en el proceso de remoción de contaminantes	49
Figura 43 Dimensiones sección divergente sedimentador.....	52
Figura 44 Trampa de grasa simple.....	54
Figura 45 Representación del tanque séptico OPS	57
Figura 46 Representación del lecho de secado de lodos.....	59
Figura 47 Representación FAFA	62
Figura 48 Representación filtro lento de arena y grava	65
Figura 49 Presencia de vegetación en el lecho filtrante.....	67
Figura 50 Utilización del dron para toma de fotografías aéreas de la PTAR	91
Figura 51 Medición de caudales	91
Figura 52 Apertura de válvula al lecho de secado de lodos.....	92
Figura 53 Recolección de muestras de agua residual	92
Figura 54 Conservación de la muestra.....	93
Figura 55 Medición del pozo recolector	93

RESUMEN

En el presente trabajo experimental se realizó la evaluación de la planta de tratamiento ubicada en el sector García Moreno del Cantón Píllaro con el objetivo de determinar si el agua tratada que se descarga a la quebrada Cununlivi proveniente de la PTAR cumple con la normativa establecida en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA 2015).

El trabajo contempló el levantamiento de información del sector en donde está ubicada actualmente la PTAR, la identificación y medición de las unidades hidráulicas del tren de tratamiento actual de la planta, la medición de caudales del afluente y efluente por un periodo de 30 días en un horario establecido con la finalidad de obtener datos más precisos y así efectuar el muestreo en los puntos de ingreso y salida de la PTAR para el análisis de las características físico – químicas del agua. Los resultados obtenidos verificaron que los parámetros analizados cumplen con lo establecido en la normativa vigente, sin embargo, el parámetro DBO5 presentó un valor cercano al límite, por lo que se realizó un diagnóstico técnico de las unidades hidráulicas en comparación con varias normas, guías y reglamentos internacionales que determinaron el correcto funcionamiento de la PTAR. Adicionalmente, la observación directa determinó que gran parte de la PTAR poseía deterioro en su estructura, por lo cual se propuso un plan de operación y mantenimiento el cual incluyó varias medidas a ser ejecutadas para prolongar el tiempo de vida útil y el buen funcionamiento de la planta.

Palabras clave: Planta de tratamiento, Aguas residuales, TULSMA 2015, DBO5, Diagnóstico.

ABSTRACT

In the present experimental work, the evaluation of the treatment plant located in García Moreno community of Píllaro was carried out with the objective of determining if the treated water that is discharged to the Cununlivi stream from the WWTP complies with the regulations established in the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment (TULSMA 2015).

The work contemplated the gathering of information from the sector where the WWTP is currently located, the identification and measurement of the hydraulic units of the current treatment train of the plant, the measurement of influent and effluent flows for a period of 30 days in a established schedule in order to obtain more precise data and thus carry out the sampling at the entrance and exit points of the WWTP for the analysis of the physical-chemical characteristics of the water. The results obtained verified that the parameters analyzed comply with what is established in the current regulations, however, the DBO5 parameter presented a value close to the limit, for which a technical diagnosis of the hydraulic units was carried out in comparison with various standards, guides and international regulations that determined the correct operation of the WWTP. Additionally, direct observation determined that a large part of the WWTP had deterioration in its structure, for which an operation and maintenance plan was proposed, which included several measures to be executed to prolong the useful life time and the proper functioning of the plant. plant.

Keywords: Treatment plant, Wastewater, TULSMA 2015, BOD5, Diagnosis

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Antecedentes

Una de las principales problemáticas que presenta la humanidad y que se ha evidenciado a lo largo de los últimos años es la contaminación ambiental, precisamente la contaminación producida por la descarga de aguas residuales a los principales cuerpos de agua dulce, Néstor Rodríguez Pimentel en su investigación considera que más de 1000 millones de toneladas de aguas residuales son vertidas cada año a estos cuerpos de agua, entre los principales componentes arrojados se encuentran; compuestos químicos, aceites, grasas y otros productos provenientes del sector industrial, que son enviados directamente a ríos, vertientes, lagunas, mares, entre otros sitios descarga los cuales son el destino de estos residuos contaminantes, todo esto a causa de la falta de plantas de tratamiento. A nivel mundial y debido a esta problemática, según los datos obtenidos, se evidenció que, países como China y Estados Unidos líderes en el desarrollo industrial demuestran que, más del 80% de sus ríos están contaminados y que su agua no está apta para el consumo humano ni para actividades de uso doméstico [1].

Es por eso que se debe dar solución a este tipo de problemática, teniendo como punto de partida la protección del medio ambiente, mediante el cuidado de los cuerpos receptores de agua, y la salud humana, por medio de la implementación de plantas de tratamiento y normativas que regulen la descarga de aguas residuales a los distintos cuerpos de agua dulce, es así que, el trabajo de investigación realizado por Luis Alférez e Nayive Nieves establece que, el tratamiento de aguas residuales se lo debe realizar mediante una normativa ayuda a evaluar el impacto ambiental y social generado por las plantas de tratamiento en su fase de construcción y operación, se destaca también que, el incumplimiento de las mismas provoca que las plantas no operen de manera correcta, por lo cual se menciona que solo el 10% de las plantas construidas bajo una normativa funcionan adecuadamente [2].

A pesar de que las plantas de tratamiento son una alternativa para reducir significativamente la contaminación, estas no cumplen ese propósito en su totalidad es por eso que existen métodos que ayudan a realizar este objetivo de manera más eficiente, es así que en el trabajo de investigación presentado por Juliana Jaimes e Javier Vera se destaca la implementación de un tratamiento de ozonización para los residuos de aguas residuales provenientes de las industrias farmacéuticas y que no son tratados en su totalidad por las plantas de tratamiento (PTAR), este método reduce significativamente los niveles de demanda química de oxígeno DQO y demanda biológica de oxígeno DBO, a su vez se reduce la concentración de materia orgánica e inorgánica en el agua conocida como índice de biodegradabilidad (DBO/DQO) lo que da como resultado una menor afectación a la fauna acuática presente en las aguas superficiales una vez generada la descarga [3].

En Latinoamérica la investigación a cerca de nuevos métodos para implementar y dar solución a este tipo de problemática es abundante, entre los países que destacan como los principales investigadores referentes al estudio de manejo ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales son Brasil y México los cuales aportan una gran cantidad de publicaciones con la finalidad de mitigar los efectos producidos por este tipo de aguas en el medio ambiente y el manejo ambiental de las plantas de tratamiento para optimizar de mejor manera su operabilidad obteniendo así resultados amigables con el ecosistema [4].

A pesar de eso en Latinoamérica el tratamiento que se brinda a las aguas residuales es casi nulo o escaso, como se señala en la investigación realizada por María Medrano, Alfredo Mamani y Elvira Muñoz en el lago Titicaca, en donde las principales fuentes contaminantes son las aguas residuales domésticas, que al no ser tratadas correctamente generan contaminación a los recursos naturales y al medio ambiente, esto debido a la falta de mantenimiento de las 16 PTARD aledañas a la laguna las cuales en un 56.25% no han recibido un mantenimiento adecuado durante los últimos 5 años, mientras que el restante no lo ha recibido durante los últimos 1,2 o 3 años, debido a diversos factores que imposibilitan la actividad. Posteriormente la

investigación concluyó de manera general que es necesario efectuar un análisis, evaluación, tipo, categorización y operatividad de cada PTARD [5].

Es por eso que en países vecinos como Colombia se llevó a cabo una investigación realizada por Jhoan Méndez y Duván Orejuela enfocada en el estudio de uno de los componentes que constituyen la PTAR como son las FAFAS o filtros anaerobios de flujo ascendente. El trabajo de investigación efectuado en la ciudad del Cauca resalta la importancia de estos filtros y sus materiales para la correcta remoción de DQO y SST, para lograr este estudio se efectuó una comparación de filtros con cultivo de microorganismos eficientes y filtros sin microorganismos eficientes, dando como resultado una remoción de 55% en el primero y 16% en el segundo, esto debido a que los microorganismos eficientes utilizan diversos compuestos que depuran el agua y la descontaminan, mientras que para la remoción de sólidos suspendidos totales se obtuvo resultados de 56% y 18% respectivamente a causa de los mismos microorganismos eficientes que remueven la materia orgánica y la elimina de forma eficiente [6]

En el mismo país en la ciudad de Antioquia se llevó a cabo la investigación correspondiente al diagnóstico y evaluación de la PTAR de Guadalupe con la finalidad de identificar las condiciones operativas, funcionalidad y mantenimiento de los componentes hidráulicos que generan la remoción de los agentes contaminantes y su cumplimiento con la normativa vigente, para esto se realizó un levantamiento de información actual de la planta, un análisis del afluente y efluente, y un plan de mejoramiento de la planta y los componentes hidráulicos en base a la información recolectada, como resultado de esta investigación, se obtuvo que la planta al ser construida hace ya varios años no satisface la demanda de caudal que llega a la misma, generando daños en la infraestructura y componentes hidráulicos de los cuales se constituye, estos componentes funcionan con una operabilidad del 75%, lo cual al momento de realizar los análisis de agua correspondientes para la remoción de factores contaminantes, estos no cumplen con los máximos establecidos en la normativa del país [7]

Por otro lado en el estudio realizado en la PTAR los Tajos – Costa Rica se explica el aporte ambiental que esta genera hacia el río Torres mediante la remoción de los contaminantes microbiológicos y fisicoquímicos que la planta genera, entre los parámetros analizados constan: DBO5, DQO, SST, STT, SAAM, GyA, N-NH4, y coliformes fecales, una vez analizado en afluente y efluente se obtuvo que la planta genera un mayor aporte ambiental en la remoción de los parámetros mencionados en época seca que en época lluviosa dado que la planta recibe menor caudal a tratar y por tanto una mayor retención hidráulica, lo cual se genera una mejor remoción de los compuestos contaminantes que son descargados al río [8].

A nivel Nacional, según el INEC en su documento de estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales, el Ecuador posee 421 plantas de tratamiento de aguas residuales distribuidas y controladas por 133 Gad Municipales, de las cuales la región Sierra cuenta con el 49.88%, la región costa con el 30.64%, la región amazónica con el 19% y finalmente la región insular con un 0.48%. La disposición final de agua residual de estas plantas es descargada en un 55.26% en ríos, 25.32% en quebradas y el 19.42% en otros sitios de descarga, tal es el caso de la región insular en donde el 100% de las aguas residuales tratadas tienen como destino pantanos artificiales y el mar [9].

Es por tal razón que se busca nuevas alternativas y métodos que ayuden a mitigar de cierta forma esta situación, como se presentó en el trabajo de investigación efectuado en el sector de Sangolquí – Quito, en la planta de tratamiento de aguas residuales de San Pedro, la cual trata aguas provenientes de la industria textil y que no cumple con la normativa establecida por el Ministerio de Ambiente Ecuatoriano (MAE). La investigación tuvo como punto principal la evaluación e implementación de cuatro métodos de tratamientos de aguas residuales, entre los cuales constan: tratamiento físico químico por coagulación – floculación (CF), adsorción por carbón activado (CA), oxidación avanzada, y nanopartículas paramagnéticas (NPs), los resultados de la investigación concluyeron que el tratamiento por CF y CA logro remover un 100% del color real del agua tratada y los sólidos totales en un 16 y 20% de manera

respectiva, mientras que los métodos CA y NPs obtuvieron una remoción de Demanda Química de Oxígeno en un 33% y 30.7%, sin embargo estos valores no cumplieron con lo establecido en la normativa vigente [10].

En otra investigación llevada a cabo en el Ecuador como alternativa para el tratamiento de aguas residuales es la efectuada en la ciudad de Ambato, este trabajo consistió en la implementación de materiales pétreos y volcánicos con características porosas en su conformación, para ser utilizados como medios filtrantes en el tratamiento de aguas residuales, los materiales utilizados fueron: carbón activado, turba, piedra caliza, piroclastos volcánicos y zeolita, los resultados de la implementación de estos materiales en la investigación arrojaron que el carbón activado es el material más óptimo para el proceso de filtración, debido a que fue capaz de absorber olores y colores, así como aromatizantes, insecticidas, pesticidas, herbicidas, detergentes y derivados del petróleo, siendo su capacidad adsorbente tal que 1 gramo de carbón activado puede adsorber aproximadamente un gramo de líquidos, por lo cual se concluyó que este material puede ser empleado en el tren de tratamiento de una PTAR [11].

Por otro lado en el trabajo de investigación realizado en Imbabura en la Lago San Pablo se efectuó la evaluación de tres plantas de tratamiento aledañas al lago, entre las cuales constan la planta de tratamiento de San Pablo, Araque y Cuaraburo, el propósito de la evaluación de estas plantas fue conocer y obtener el porcentaje de remoción de contaminantes provenientes de aguas residuales que ingresan a la planta y que son vertidas en el lago San Pablo, comparando los resultados obtenidos con la normativa vigente TULSMA 2015, los resultados obtenidos demostraron que la planta de tratamiento de San Pablo opera de manera eficiente con un porcentaje de remoción agentes contaminantes del 85%, al igual que la planta de tratamiento de Araque y Cuaraburo con un 91% y 82% respectivamente, cumpliendo así con los parámetros establecidos en la norma, sin embargo se menciona que épocas de gran precipitación las plantas no operan de manera correcta, por lo cual se recomendó separar los caudales

de agua pluvial y residual para no saturar ninguno de los componentes hidráulicos de la planta [12].

De la misma forma, en el trabajo de investigación realizado en la PTAR de Buena Esperanza ubicada en el cantón Cayambe provincia de Pichincha se llevó a cabo la evaluación del funcionamiento de la planta de tratamiento, así como de sus componentes hidráulicos para determinar la efectividad de descontaminación producida por la misma y su verificación de cumplimiento de acuerdo con los parámetros establecidos por la norma ambiental establecidos en el acuerdo ministerial 097, el trabajo se efectuó en un periodo de 6 días consecutivos en donde se obtuvieron resultados positivos como negativos debido a que planta cumple con la remoción de parámetros como DBO, DQO, aceites y grasas, solidos totales y PH que son factores de cumplimiento esenciales para ser descargados en un cuerpo de agua dulce como es el caso del rio Cangahua, sin embargo resultados obtenidos de coliformes fecales, tensoactivos y nitrógenos amoniacales no cumplen con lo establecido en la norma debido a fallas en el sistema hidráulico, por lo cual recomienda y plantea una propuesta de mejora de la planta, así como un plan de operación y mantenimiento con la finalidad de optimizar los procesos de remoción contaminante de la misma [13].

A nivel regional la provincia de Tungurahua presenta gran cantidad de trabajos de investigación relacionados con la evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales, tal es el caso del trabajo de investigación llevado a cabo en el cantón Quero – comunidad Llimpe Grande en donde se evaluó el funcionamiento de la PTAR existente en dicha zona debido a su ineficiente operatividad, la cual según los análisis efectuados logra una remoción real de contaminantes del 23%, por lo cual se propuso un rediseño de la planta para lograr una remoción de contaminantes teórico de un 90%, así como un plan de operación y mantenimiento para un adecuado funcionamiento de la PTAR [14].

Otra de las investigaciones realizadas en la provincia de Tungurahua es la llevada a cabo en el cantón Ambato en donde se realizó una alternativa de biofiltración empleada

generalmente en el tratamiento de aguas residuales, la investigación contemplo la utilización de materiales biodegradables como la turba, arena de río, y piedra pómez para la conformación de un biofiltro vertical, que tratara aguas provenientes principalmente de la industria textil (lavado de jeans), una vez conformado el filtro se realizó un monitoreo de la efectividad de filtración del filtro por un periodo de 36 días, los resultados obtenidos dieron a conocer una efectividad descontaminante de los parámetros DBO5 del 75.27%, DQO del 79.69%, biodegradabilidad DBO5/DQO=0.78, y reducción de sólidos totales del 57.33%, por lo cual la investigación concluye y sugiere que es posible utilizar este tipo de filtro [15].

En misma ciudad y de la misma forma se llevó a cabo una investigación para la creación de un filtro a base de materiales orgánicos como el bagazo de caña de azúcar y materiales pétreos como la piedra pómez, arena y ladrillo triturado, la conformación de este filtro tuvo como finalidad proporcionar una alternativa para reducir las cargas contaminantes producidas por las lavadoras de autos, el monitoreo del proceso de filtración se lo realizó por un periodo de 30 días y los resultados demostraron una reducción en el efluente de turbiedad, TPH, Sólidos totales suspendidos y pH, por lo cual la investigación concluyó que este tipo de filtro funciona de manera correcta para la reducción de los parámetros mencionados anteriormente, sin embargo no proporciona una reducción de los parámetros DBO5 y DQO, por lo cual no puede ser aplicado a gran escala en una planta de tratamiento [16].

Por otro lado, existen otro tipo de investigaciones, las cuales evalúan las plantas de tratamiento que no operan al 100% de su capacidad en la provincia, como se presenta en el trabajo de investigación desarrollado en la PTAR Mollepamba perteneciente a la parroquia Picaihua del Cantón Ambato, en donde se analizó el afluente y efluente de la planta, así como las unidades hidráulicas que componen la misma, para compararlos con la normativa vigente TULSMA 2015, en donde los resultados no tuvieron el cumplimiento necesario, por lo cual se propuso como alternativa un redimensionamiento de sus unidades con la finalidad de reducir la carga contaminante producida por la planta de tratamiento hacia el Río Pachanlica [17].

De la misma forma se presenta el trabajo de investigación llevado a cabo en el cantón Píllaro, en el cual se efectuó la evaluación de la PTAR perteneciente a la parroquia San Andrés, este trabajo contemplo el análisis de afluente y efluente, en comparación con la Normativa TULSMA 2015 demostrando resultados negativos en cuanto a la eficacia de los parámetros como el DBO y DQO, por cual se propuso como alternativa el redimensionamiento de las unidades hidráulicas de la planta, para mejorar la eficiencia de estos en la remoción de contaminantes y así obtener un correcto funcionamiento de la planta de tratamiento [18].

En cuanto a lo mencionado el cantón Píllaro posee 27 plantas de tratamiento de las cuales 15 son administradas por el GAD municipal y 12 de estas se encuentran en un estado regular, puesto que en los últimos años tan solo el 44.44% han sido evaluadas mediante un análisis físico químico y biológico de su efluente convirtiéndolas en un foco de contaminación directa hacia el medio ambiente[19]. Tal es el caso de la PTAR ubicada en la parroquia Marcos Espinel en el sector García Moreno, misma que fue construida hace ya 9 años para realizar la depuración y descontaminación de las aguas residuales provenientes principalmente de las actividades, agrícolas, ganaderas y domésticas, así como de las industrias procesadoras de lácteos, camales y fábricas textiles presentes a lo alrededores de esta zona y que son considerados fuertes contaminantes ambientales debido a la gran cantidad de aguas residuales generadas en sus procesos. Ante esta situación es necesario conocer y evaluar si la planta de tratamiento en cuestión aun opera en condiciones óptimas o si es necesario realizar algún tipo de mejora o rediseño en su estructura para su correcto funcionamiento.

1.1.2. Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno, perteneciente a la parroquia Marcos Espinel, cantón Píllaro, de la Provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de manera correcta en sus condiciones actuales.

Hipótesis Nula

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno, perteneciente a la parroquia Marcos Espinel, cantón Píllaro, de la Provincia de Tungurahua se encuentra funcionando de manera correcta en sus condiciones actuales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel perteneciente al cantón Píllaro, de la provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno para el dimensionamiento de las unidades existentes;
- Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión.
- Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.
- Proponer un rediseño para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos, en el caso de ser necesario.
- Realizar el levantamiento topográfico para el detalle de la implantación georreferenciada de la PTAR.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

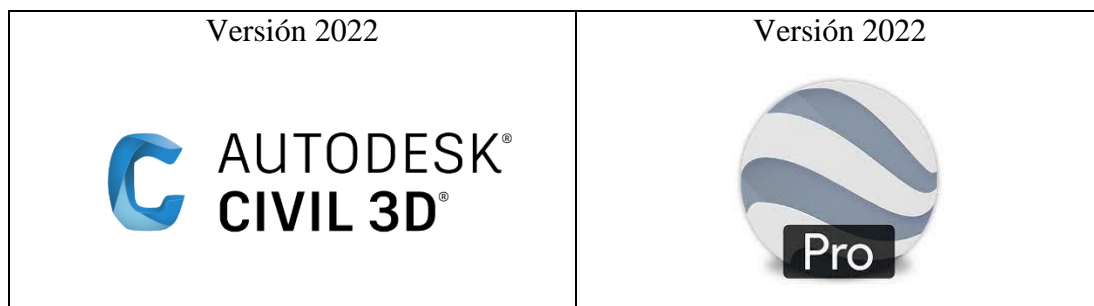
2.1. Materiales y Equipos

En la Tabla 1 se presenta los materiales empleados en las 5 etapas que conllevo la realización del proyecto: Levantamiento de información de la PTAR, Investigación de campo, Investigación de laboratorio, Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR, Mejoramiento de la PTAR.

Tabla 1 Materiales

ETAPA I		
<p>COMPUTADOR</p> <p>Marca: DELL</p> <p>Modelo: Inspiron 5567</p> 		
ETAPA II		
<p>GPS</p> <p>Marca: Garmin</p> <p>Modelo Etrex 10</p> 	<p>CINTA MÉTRICA</p> <p>Marca: MásterTool</p> 	<p>FLEXOMETRO</p> <p>Marca: Stanley</p> 
<p>BALDE</p> <p>Volumen: 10 lt</p>	<p>DRON</p> <p>Marca: Potensic</p> <p>Modelo T25</p>	<p>CÁMARA</p> <p>Marca: Teléfono -</p> <p>Samsung A50</p>

		
<p>CRONÓMETRO Marca: Teléfono - Samsung A50</p> 	<p>GUANTES Marca: Master Tipo: Caucho</p> 	<p>BOTAS Marca: Master Tipo: Venus</p> 
<p>MASCARILLA Modelo: KN95</p> 	<p>CABO o SOGA Longitud: 2m</p> 	<p>MANDIL</p> 
<p>ETAPA III</p>		
<p>ENVASE DE VIDRIO Volumen: 1 lt Tipo: Color Ámbar</p> 	<p>HIELERA Tipo: Térmica</p> 	
<p>ETAPA V</p>		
<p>SOFTWARE Civil 3D</p>	<p>SOFTWARE Google Earth</p>	



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

2.2. Métodos

La evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García moreno se lo realizo en cinco etapas: Etapa I, correspondiente al Levantamiento de información de la PTAR mediante herramientas bibliográficas y sustentaciones teóricas de la zona de estudio, la Etapa II consistió en la investigación de campo en donde se realizó la medición de caudales y de las unidades existentes de la PTAR para su dimensionamiento, así como la recolección de las muestras para ser ensayadas. En la Etapa III correspondiente a la investigación de laboratorio se envió las muestras recolectadas a un laboratorio certificado y especializado para ser que estas sean analizadas según los parámetros solicitados. Una vez que se obtuvieron los resultados de laboratorio se efectuó la Etapa IV correspondiente al análisis y verificación del funcionamiento de la planta de tratamiento en base a la normativa TULSMA 2015 (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente) basándose en el apartado de descargas a un cuerpo de agua dulce, finalmente en la Etapa V y en base a los resultados analizados se estableció una propuesta de mejora para la PTAR y asegurar su correcto funcionamiento.

2.2.1. Etapa I. Levantamiento de información de la PTAR

En este apartado se aplicó el método documental en donde se recolectó toda la información bibliográfica y sustentación teórica correspondiente a la PTAR, se estableció la ubicación y límites geográficos de la planta, así como las actividades culturales, socioeconómicas, e industriales que se efectúan en el sector. De la misma forma se recolectó información concerniente a la planta de tratamiento de aguas residuales, como su tiempo de vida útil, estado actual del funcionamiento y la frecuencia con la cual se le da mantenimiento a la misma.

Mediante el contacto directo y socialización con los habitantes aledaños al sector y operadores que brindan mantenimiento a la planta se recolectó información de gran relevancia para conocer por qué la planta de tratamiento funciona y opera en ese estado, además se obtuvo datos sobre los sectores e industrias que aportan caudal a la misma, y las horas pico de mayor caudal de ingreso a la PTAR.

Finalmente, mediante la observación directa se identificó las condiciones actuales de los componentes de la PTAR, y las fallas presentes en la estructura que determinan la eficiencia en la descontaminación de las aguas residuales que ingresan a la planta.

2.2.2. Etapa II. Investigación de campo

Se efectuó el método de medición para realizar el dimensionamiento de las unidades existentes en el tren de tratamiento de aguas residuales de la PTAR, en este proceso se realizó la medición de largo, ancho, altura y espesor de cada componente. Este punto fue fundamental para contar con datos precisos utilizados en la etapa final de la propuesta de mejora de la planta de tratamiento.

Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico del sitio en donde se encuentra la planta de tratamiento tomando como georreferenciación puntos clave en la planta que fueron representados en los planos de implantación actual de la PTAR, adicional a esto se efectuó una toma de fotografías aéreas de la planta por medio de un dron especializado con la finalidad de reconocer los componentes y el proceso realizado en el tratamiento del agua residual.

Figura 1 Toma de fotografías aéreas con dron de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

Una vez realizado el reconocimiento de la planta se procedió a realizar la medición de caudales de ingreso y salida de la PTAR para lo cual se empleó el método de medición volumétrico por un periodo de tiempo de 9 horas por día durante 30 días consecutivos según lo menciona Metcalf & Eddy para casos prácticos en donde se obtenga datos de caudales de los vertidos se empleara este periodo de tiempo, con la finalidad de obtener resultados cercanos a la realidad considerando variables como el clima, vegetación, y actividades antrópicas, a partir de eso, esta medición se la realizo usando un recipiente de 10 litros (Balde) tomando el tiempo de llenado del recipiente con una repetición de 5 veces cada hora para tener datos más precisos en el muestreo [20].

Figura 2 Medición de caudales de entrada de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

Figura 3 Medición de caudales de salida de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

Los resultados recopilados una vez tabulados permitieron establecer el día y la hora en la cual la planta tuvo más demanda de caudal y así lograr de manera representativa un

muestreo del agua residual en el día correcto empleando la metodología de tipo experimental, considerando lo mencionado por Metcalf & Eddy el cual establece que “el grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo” es decir, la recolección de la muestra en el lugar y momento determinado dependerá de las características propias en el aforo de la PTAR [20].

La recolección de la muestra se la realizo según la norma NTE INEN 2176:2013 y NTE INEN 2169:98, en donde se menciona que el agua residual debe ser recolectada y almacenada en botellas de vidrio color ámbar de preferencia o botellas de plástico tal como puede apreciar en la figura 4, el material seleccionado dependerá exclusivamente de los parámetros a ser analizados [21].

Figura 4 Toma de muestras de entrada y salida de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

2.2.3. Etapa III. Investigación de laboratorio

Una vez llevada a cabo la recolección de muestras de agua residual en la etapa anterior, estas fueron enviadas a un laboratorio especializado y certificado, para este caso se procedió a dejar las muestras en el “Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo” en donde se efectuó su respectivo análisis e identificación de las características más representativas de agua residual según lo establecido por Metcalf & Eddy los cuales mencionan que: los sólidos suspendidos son los de mayor contaminación, puesto que al ser descargados junto a los líquidos en el medio ambiente dan lugar a la proliferación y desarrollo de depósitos de lodos o fangos; otro de los puntos a considerar y que se señala es la materia orgánica biodegradable que es medida en función del DBO y DQO parámetros que si no se

tratan generan características sépticas que consumen el oxígeno del agua a medida que se realiza su estabilización biológica [20].

Figura 5 Muestras enviadas a los laboratorios de la UNACH



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzmán

Ante lo mencionado se estableció los principales parámetros que fueron analizados en la muestra de agua residual enviada al laboratorio:

Tabla 2 Parámetros analizados en la muestra de agua residual

PARAMETRO	UNIDAD	METODO
pH	-	PE-LSA-01
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D
DBO	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B
Solidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D
Solidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B

Fuente: Laboratorios de servicios ambientales de la UNACH

2.2.4. Etapa IV. Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR

En esta etapa se procedió con el diagnóstico del funcionamiento de la planta de tratamiento y de los componentes hidráulicos de los cuales está constituida por medio de normas, guías y reglamentos técnicos de origen internacional en donde se aplicó la metodología descriptiva y se detalló el estado actual de cada componente para verificar si este se encuentra en operatividad. Así mismo, en el capítulo de resultados se empleó la metodología analítica puesto que se llevó a cabo la comparación y análisis de los resultados obtenidos de las muestras de aguas residuales en los estudios de laboratorio con los valores límite establecidos en la normativa TULSMA 2015 para la descarga a un cuerpo de agua dulce y así realizar el respectivo control de cumplimiento.

Tabla 3 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro Total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo total	P	mg/l	10.0
Hierro total	Fe	mg/l	10.0

Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrogeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄	mg/l	1000
Sulfuros	S ₂	mg/l	0.5
Temperatura	°C		Condición natural +- 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0
La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

Fuente: TULSMA 2015 [22]

Posteriormente se determinó la eficiencia de remoción de los parámetros analizados de manera porcentual por medio de la ecuación 1.

$$E = \frac{Co - Cf}{Co} * 100 \quad (Ec. 1)$$

Donde:

E = eficiencia del parámetro (%)

Co = Valor inicial del parámetro

Cf = Valor final del parámetro

2.2.5. Etapa V. Verificación y mejoramiento de la PTAR

En esta etapa se aplicó el método deductivo, basándose en los resultados analizados con anterioridad, se planteó una propuesta de mejora para la PTAR del sector García Moreno la cual incluyó un plan de operación y mantenimiento con un presupuesto referencial, con la finalidad de ofrecer un mayor cuidado a las unidades hidráulicas y al funcionamiento de la planta.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Descripción de la zona de estudio

La comunidad del Barrio García Moreno se encuentra establecida en el casco central de la parroquia rural de Marcos Espinel perteneciente al cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua. Al norte limita con la parroquia San José de Poalo, al sur se ubican las parroquias San Miguelito, Emilio Terán y Baquerizo Moreno del cantón Píllaro, así como la parroquia Sucre del cantón Patate, al este delimita con la provincia de Napo y al oeste con la cabecera cantonal Santiago de Píllaro. La zona posee una extensión aproximada de 126.346 Km², con una elevación comprendida entre los 2950 y los 3000 m.s.n.m. El clima en el sector es de tipo frío con una temperatura media de 12°C y una población de 3669 habitantes en la parroquia, de los cuales 600 habitantes pertenecen a la zona de estudio en el sector García Moreno [23].

Figura 6 Ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth Pro

Este sector y la parroquia Marcos Espinel al ser una zona netamente rural tiene como principal actividad económica la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, con un porcentaje de participación total de habitantes del 54% que se dedican a estas actividades, mientras que el restante ocupa otras actividades dentro de la parroquia, de las cuales constan la industria manufacturera, construcción, transporte, entre otros. Debido a esto la mayor parte de familias que conforman la zona de estudio cuentan con escasos recursos económicos puesto que las actividades que realizan en su mayoría en la parroquia no son de gran aporte monetario por lo cual no permite generar grandes ingresos a los habitantes.

Figura 7 Barrio García Moreno



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

La comunidad tiene un muy buen acceso a los servicios básicos puesto que el 100% de las viviendas localizadas en la zona cuentan con el servicio de alcantarillado según se indica en la Tabla 4, la cual muestra que de las 120 viviendas presentes en la zona todas poseen o están conectadas a la red de alcantarillado, colocando al sector de García Moreno en el puesto N°1 con el servicio de alcantarillado sanitario dentro de la parroquia [23].

Tabla 4 Viviendas sin alcantarillado en la parroquia

ID	Barrio	#Viviendas	#Integrantes por vivienda	Población	%Sin alcantarillado	#Viviendas sin alcantarillado	Eliminaciones excretas
1	García Moreno	120	5	600	0.00	0	Pozo Séptico
2	El Progreso	48	4	192	25.00	12	Pozo Ciego
3	Guanguibina	108	6	648	27.78	30	Pozo Séptico
4	San Fernando	40	5	200	50.00	20	Pozo Séptico
5	El Rosario	45	5	225	100.00	45	Pozo Séptico
6	Pampamia	70	4	280	0.00	0	
7	Cabecera Parroquial	174	4	696	0.00	0	
8	Rocafuerte	55	4	220	25.00	30	Pozo Séptico
9	Tasinteo	43	6	258	100.00	43	Pozo Séptico
10	Santa Marianita	70	5	350	10.00	7	Pozo Ciego
	Total	773		3669	24.19	187	

Fuente: Encuestas PDOT 2020, Equipo PDOT GAD Parroquial Rural Marcos Espinel [23]

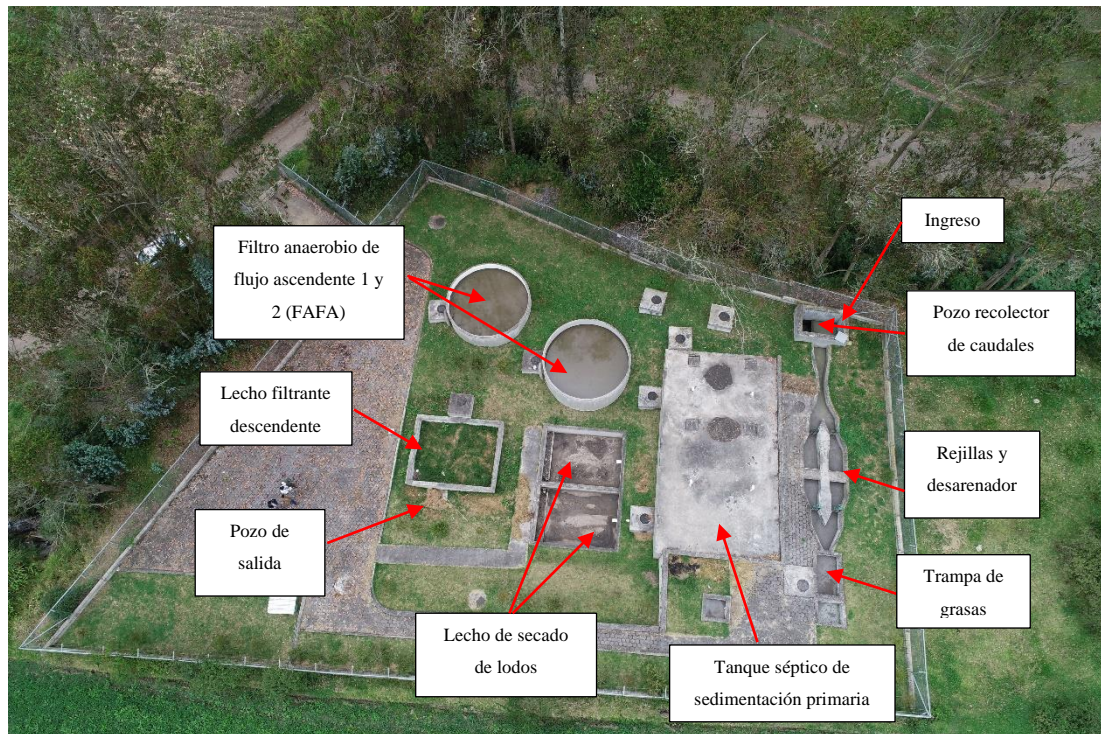
La descarga de la red de alcantarillado del sector recábe en la planta de tratamiento García Moreno ubicada junto a la quebrada Cununlivi, esta planta de tratamiento se mantiene en funcionamiento desde el año 2014 cuando fue construida por Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Marcos Espinel y el Honorable Consejo Provincial de Tungurahua y se ha mantenido operando de manera constante a través de los años debido al mantenimiento que es realizado por los operadores al menos 1 vez cada 2 meses.

En la actualidad la PTAR recolecta aguas residuales provenientes de dos sectores de entre los cuales se encuentra: la cabecera parroquial Marcos Espinel, y el Barrio García Moreno, ambos dedicados a la industria y procesamiento de lácteos, así como la actividad agrícola y ganadera en general, lo cual ha generado en la planta horarios de mayor demanda de caudal que serán presentados posteriormente.

La PTAR cuenta con un área aproximada de 1060 m², con un tren de tratamiento encargado de la disminución contaminante, como se aprecia en la figura 8, este tren de tratamiento cuenta con varios procesos unitarios, realizados mediante diferentes

componentes de entre los cuales constan: Pozo recolector de caudales, desarenador con rejillas de cribado, trampa de grasas, tanque séptico de sedimentación primaria, lecho de secado de lodos, filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA), lecho filtrante descendente y un pozo de salida.

Figura 8 PTAR García Moreno



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

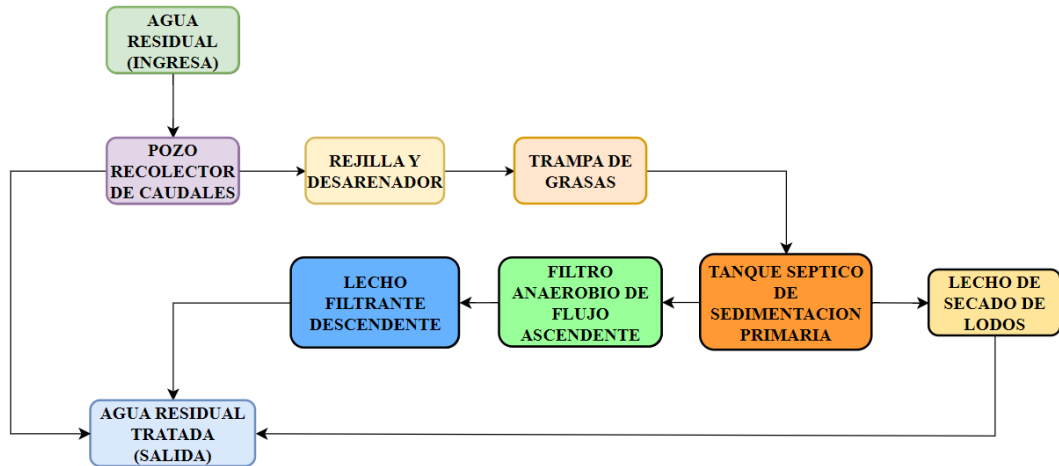
La PTAR presenta una elevación de 2780 m.s.n.m en el ingreso de la planta en el pozo recolector, mientras que en la descarga posee una elevación de 2775 m.s.n.m, obteniendo así una diferencia de nivel de 5 metros y con una pendiente aproximada del 7.58% lo cual representa una pendiente poco pronunciada, que permite el buen funcionamiento hidráulico de todas las unidades de tratamiento.

3.1.2. Procesos unitarios de la PTAR y dimensionamiento

La PTAR de García Moreno cuenta con el tren de tratamiento presentado en la figura 9, la información de este tren de tratamiento fue obtenido a través del GAD Municipal Santiago de Píllaro por medio del director del departamento de obras públicas, mantenimiento, y fiscalización. En este proceso las aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario ingresan a la planta, en donde estas atraviesan por varios

procesos unitarios descontaminantes hasta que el agua es depositada en la quebrada “Cununlivi” ubicada a los alrededores de la planta y que posteriormente desembocan en el río Cutuchi a las afueras del cantón Píllaro.

Figura 9 Tren de tratamiento actual de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.1. Pozo recolector de caudales

En la figura 10 se presenta el pozo ubicado al ingreso de la PTAR en donde recibe el caudal de agua residual proveniente del alcantarillado sanitario, este pozo distribuye el caudal hacia los procesos de pretratamiento o hacia la quebrada de manera directa cuando existe un sobrellenado del mismo cumpliendo la función de un bypass, la estructura del pozo es de hormigón armado en su totalidad con una tubería de hormigón de 300 mm en el ingreso y una tubería de 200 mm para conducir el caudal hacia los demás componentes de la planta para el debido proceso de pretratamiento, para mayor detalle de esta unidad ver el plano 3.

Figura 10 Pozo recolector de caudales



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

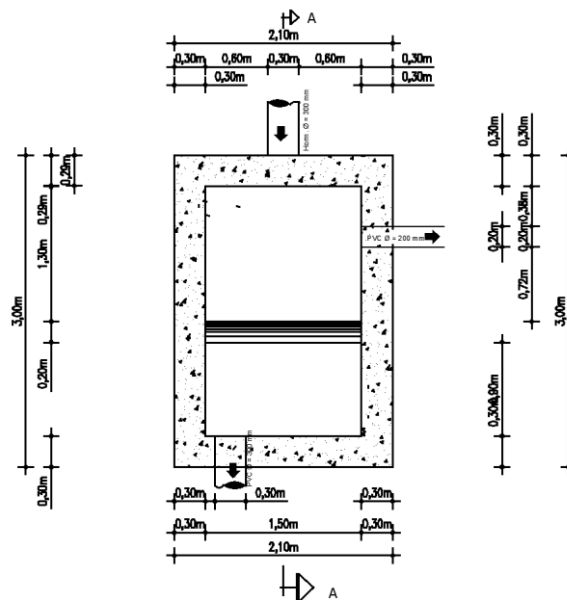
En la tabla 5 se presenta las medidas del pozo y el diseño en una vista en planta con su respectivo corte longitudinal tal como se observa en la figura 11 y 12.

Tabla 5 Dimensiones pozo recolector de caudales

DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	3.00
Ancho	2.10
Profundidad	2.53
Espesor paredes	0.30

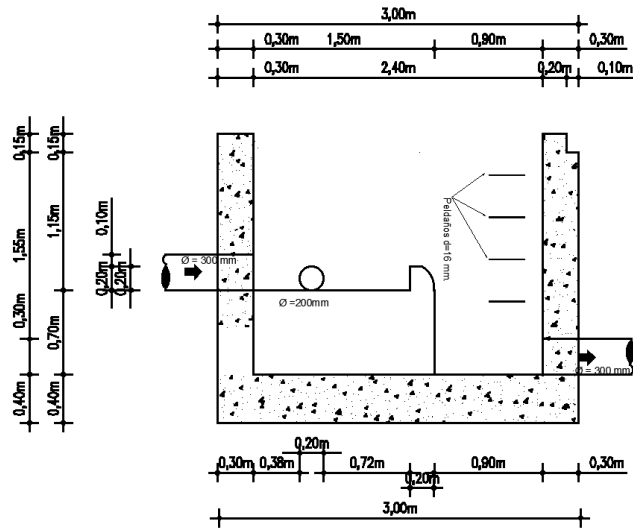
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 11 Vista en planta pozo recolector



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 12 Corte longitudinal pozo recolector



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.2. Desarenador

Esta unidad contiene en su proceso de tratamiento rejillas con el objetivo de eliminar o retener cuerpos de gran tamaño provenientes del agua residual, logrando así que al agua fluya correctamente y no deteriore los equipos mecánicos e hidráulicos de la PTAR [24].

La PTAR actualmente cuenta con un proceso de desarenado conformado por dos canales cada uno con una rejilla de hierro respectivamente, tal como se presenta en la figura 13.

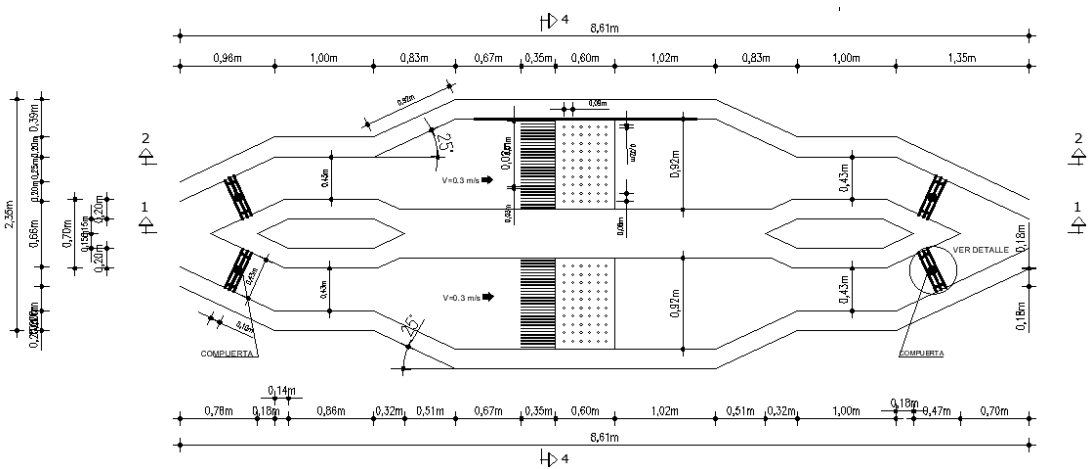
Figura 13 Desarenador



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

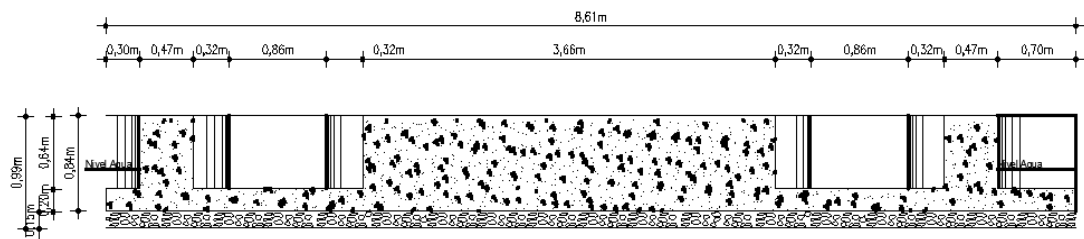
Las dimensiones de este componente se presentan en la figura 14, 15 y 16 respectivamente.

Figura 14 Vista en planta desarenador



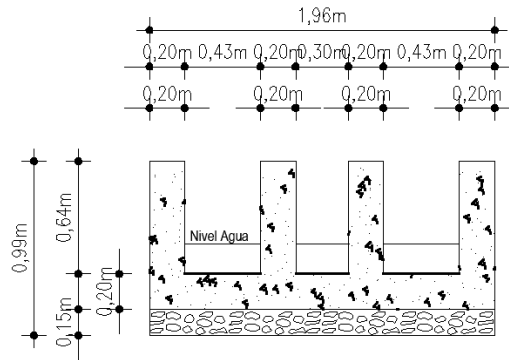
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 15 Corte longitudinal desarenador



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 16 Corte transversal desarenador



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Para mayor detalle el plano 3 presenta las dimensiones y accesorios correspondientes de esta unidad hidráulica.

3.1.2.3. Trampa de grasas

En la figura 17 se presenta la trampa de grasas de tipo rectangular constituido totalmente de hormigón armado cuya función es lograr la retención de la mayor parte de grasas y aceites que el agua residual trae consigo antes de ingresar al tanque séptico para el tratamiento [25] [26]. El plano 4 presenta de manera más detallada la composición y dimensionamiento de esta unidad.

Figura 17 Trampa de grasas



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Los sólidos sedimentados y grasas atrapadas en este tanque son vertidos posteriormente al lecho de secado de lodos.

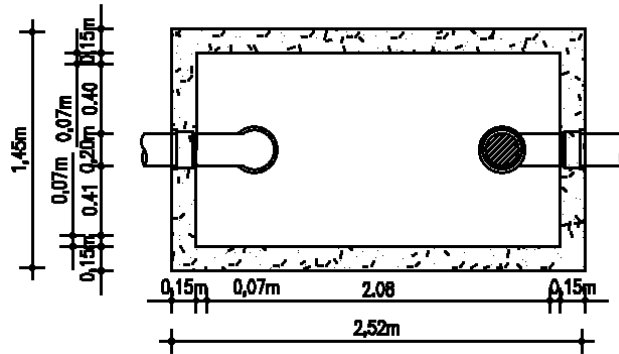
A continuación, en la tabla 6 se presenta las medidas de la trampa de grasas con su respectiva vista en planta y corte longitudinal para una mejor apreciación tal como se observa en la figura 18 y 19.

Tabla 6 Dimensiones trampa de grasas

DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	2.52
Ancho	1.45
Profundidad	2.00
Espesor paredes	0.15

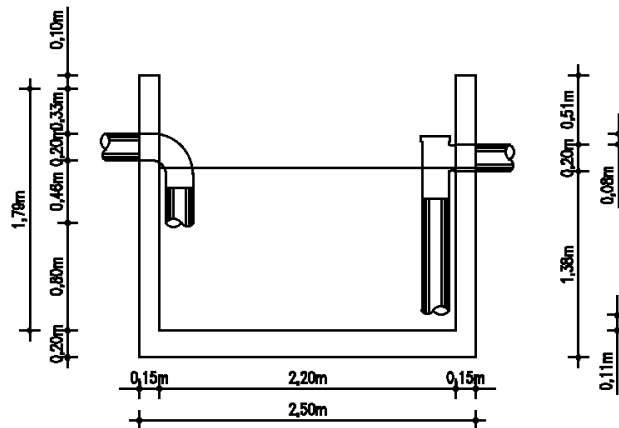
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 18 Vista en planta trampa de grasas



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 19 Corte longitudinal trampa de grasas



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.4. Tanque séptico de sedimentación primaria

En esta unidad se combina la sedimentación y digestión de lodos para el tratamiento de los diferentes tipos de aguas residuales provenientes del alcantarillado sanitario [27]. En la figura 20, se observa el tanque séptico perteneciente a la PTAR, su estructura es totalmente de hormigón armado con dos cámaras en su interior conectadas por diversas tuberías de 160 Y 200 mm de diámetro en la parte superior, el ingreso del agua residual al tanque está conectado por una tubería de 160 mm de diámetro, además cuenta con dos tuberías del mismo diámetro en la parte inferior de cada compartimento que descargan el contenido del tanque al lecho de secado de lodos una vez es abierta la válvula o llave de paso, otra tubería similar conecta el final del tanque a los filtros anaerobios de flujo ascendente. El plano 4 muestra un mayor detalle del dimensionamiento y los componentes hidráulicos de esta unidad.

Figura 20 Tanque séptico de sedimentación primaria



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

A continuación, la tabla 7 presenta las medidas del tanque en cuestión.

Tabla 7 Dimensiones tanque séptico

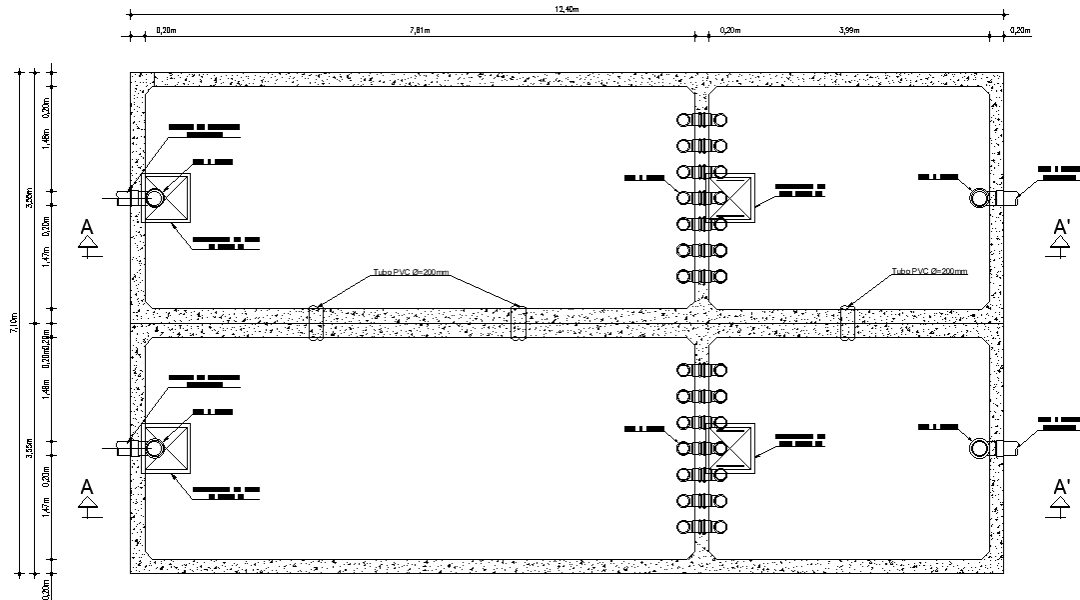
DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	12.40
Ancho	7.10
Profundidad	2.82

Espesor paredes	0.20
-----------------	------

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

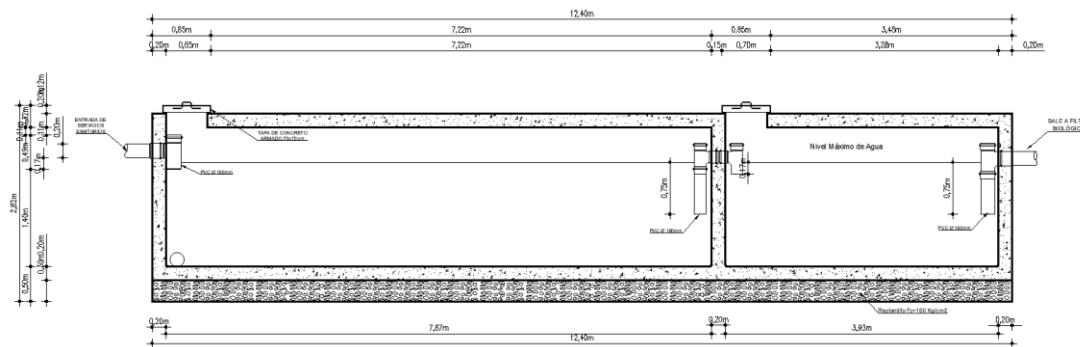
En la figura 21 y 22 se presenta la vista en planta y corte longitudinal del tanque.

Figura 21 Vista en planta tanque séptico



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 22 Corte longitudinal tanque séptico



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.5. Lecho de secado de lodos

Esta unidad está constituida por dos tanques rectangulares conformados estructuralmente de hormigón armado como se muestra en la figura 23, tiene la función de deshidratar o secar los lodos provenientes del tanque séptico y los acumulados en la trampa de grasas por medio de dos tuberías de 200mm de diámetro conectadas a dos

válvulas o llaves de paso respectivamente [28]. El plano 4 indica de mejor manera las dimensiones y componentes hidráulicos de esta unidad.

Figura 23 Lecho de secado de lodos



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 24 Válvula de paso hidráulica



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Los lodos acumulados en los lechos de secado una vez deshidratados son evacuados y utilizados como abono en el sector agrícola.

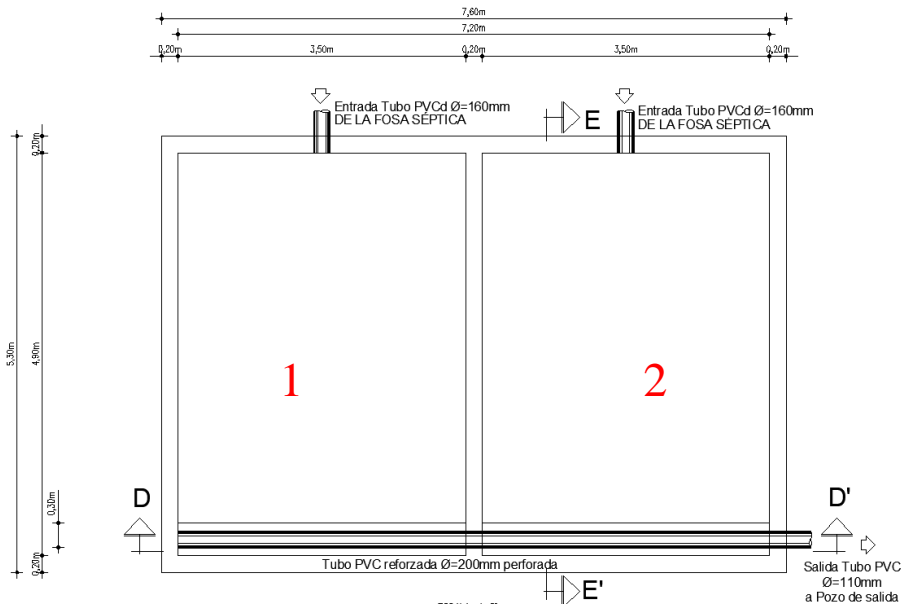
En la tabla 8 se presenta las dimensiones del lecho de secado 1 y 2 con su vista en planta, corte longitudinal y transversal en la figura 25, 26 y 27 respectivamente.

Tabla 8 Dimensiones lecho secado de lodos 1

DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	4.90
Ancho	3.50
Profundidad	1.10
Espesor paredes	0.20

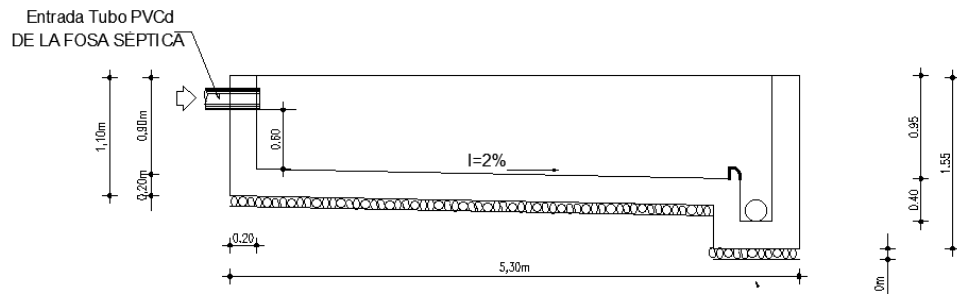
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 25 Vista en planta lecho de secado de lodos



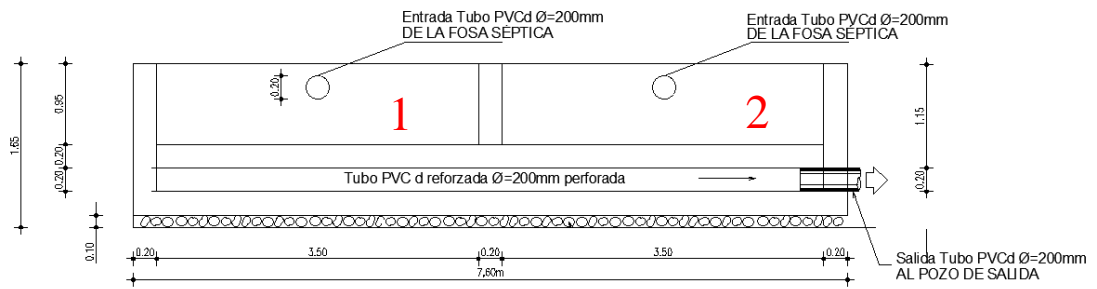
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 26 Corte longitudinal lecho de secado de lodos



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 27 Corte transversal lecho de secado de lodos



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.6. Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Esta unidad contiene un sistema de tratamiento de aguas residuales con biopelícula fija que remueve la materia orgánica en condiciones anaerobias [29]. La PTAR cuenta con dos filtros de este tipo, su estructura es de forma cilíndrica constituida de hormigón armado en su totalidad, el agua residual que recibe el filtro es proveniente del tanque séptico por medio de una tubería 160 mm que conecta ambos componentes hidráulicos como se observa en la figura 28. Los detalles de este filtro se encuentran representados en el plano 4.

Figura 28 Filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2 (FAFA)



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

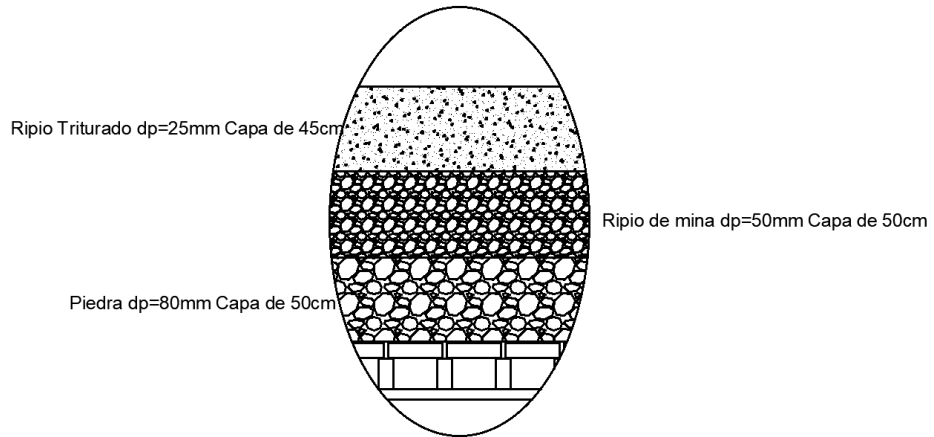
El material filtrante en el interior del filtro corresponde a piedra de 80 mm de diámetro en el fondo, ripio de mina de 50 mm en la zona intermedia y ripio triturado de 25 mm en la parte superior como se observa en la figura 29 y 30.

Figura 29 Material filtrante en el interior de cada filtro



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 30 Conformación del material filtrante en el filtro 1 y 2



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

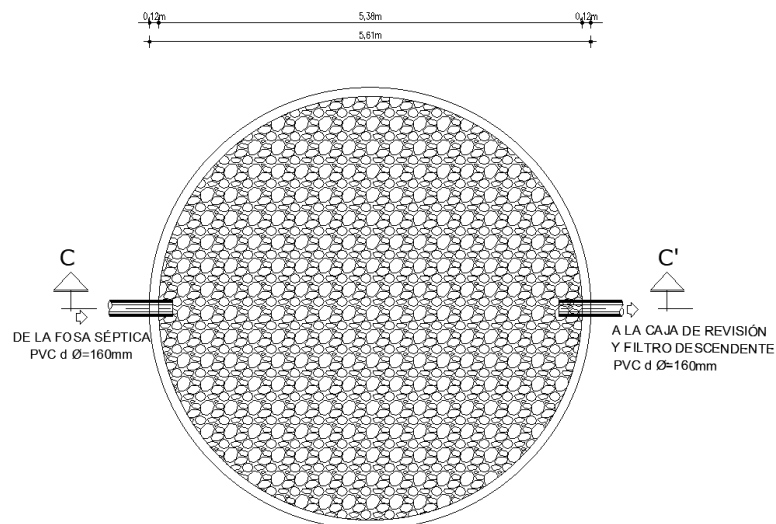
La tabla 9 presenta las dimensiones del filtro 1 y 2 y la figura 31 y 32 representan la vista en la planta y el corte longitudinal de cada componente hidráulico.

Tabla 9 Dimensiones Filtros anaerobios de flujo ascendente

DIMENSION	UNIDAD (m)
Diámetro	5.61
Profundidad	2.25
Espesor paredes	0.12

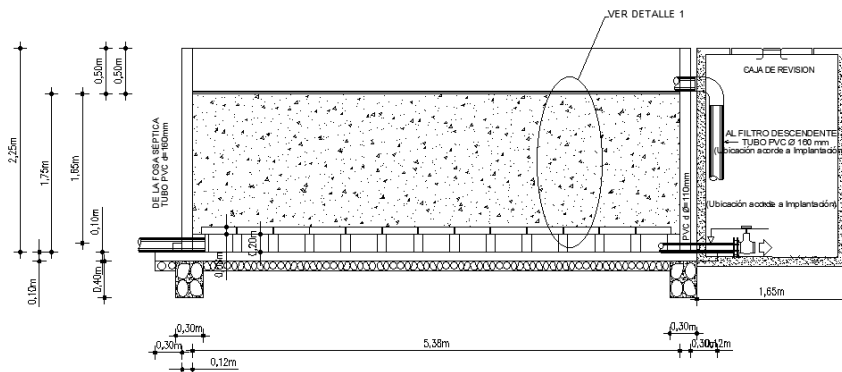
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 31 Vista en planta filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 32 Corte longitudinal filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.2.7. Lecho filtrante descendente

La figura 33 muestra la unidad correspondiente al lecho filtrante descendente ubicado en la fase final del tratamiento realizado por la PTAR, su estructura consta principalmente de hormigón armado en forma rectangular, el material filtrante esta constituido de un biotopo el cual es la arena cuya función es realizar un tratamiento secundario depurador de las aguas residuales antes de su descarga [30].

Figura 33 Lecho filtrante descendente



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

A continuación, la tabla 10 muestra las medidas del lecho filtrante descendente así como su vista en planta y corte longitudinal en la figura 35 y 36 respectivamente.

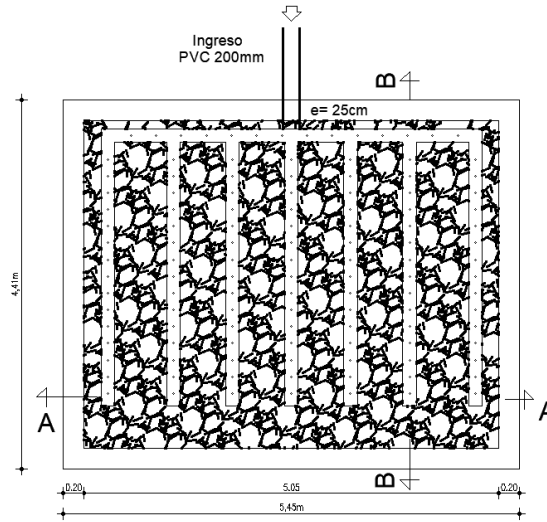
Tabla 10 Dimensiones lecho filtrante descendente

DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	5.45
Ancho	4.41

Profundidad	1.67
Espesor paredes	0.20

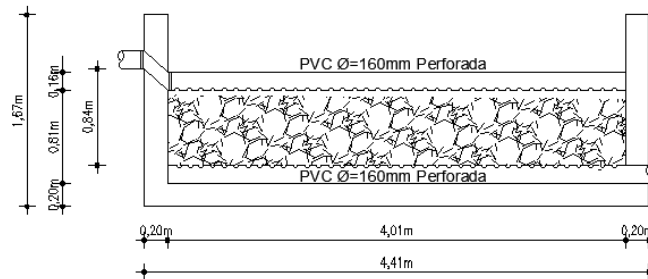
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 34 Vista en planta lecho filtrante descendente



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 35 Corte longitudinal lecho filtrante descendente



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

El dimensionamiento y componentes hidráulicos de esta unidad se detalla de manera completa en el plano 5.

3.1.2.8. Pozo de salida

En la figura 36 y 37 se observa el pozo de salida de la PTAR constituido estructuralmente de hormigón armado, con una tapa de hierro fundido para el cierre, posee una geometría rectangular y recibe el agua tratada por los 2 filtros anaerobios que pasan por lecho filtrante descendente a través de una tubería de 200 mm de diámetro, y que posteriormente realiza su descarga en la quebrada Cununlivi.

Figura 36 Pozo de salida



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 37 Tubería pozo de salida



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

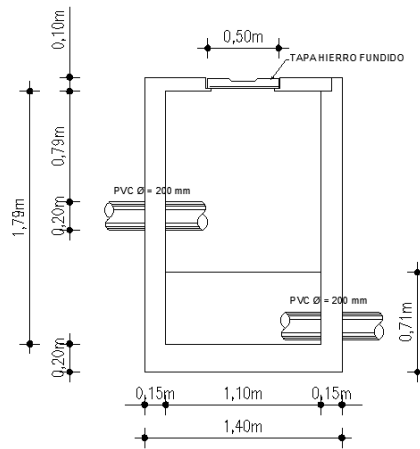
En la tabla 11 se presenta las dimensiones del pozo con su corte longitudinal respectivamente en la figura 38.

Tabla 11 Dimensiones pozo de salida

DIMENSION	UNIDAD (m)
Largo	1.40
Ancho	1.40
Profundidad	1.80
Espesor paredes	0.15

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 38 Corte longitudinal pozo de salida



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

En el plano 5 se presenta un mejor detalle del dimensionamiento y componentes hidráulicos del pozo de salida.

3.1.3. Caudales semanales de la planta de tratamiento

La medición de caudales se realizó durante un mes del día 5 de septiembre al 5 de octubre de 2022 es decir por un periodo de tiempo de 30 días consecutivos según lo menciona Metcalf & Eddy para mediciones de caudales obtenidos de los vertidos con la finalidad de obtener resultados cercanos a la realidad[20]. El intervalo de tiempo para la medición fue de 9 horas por día en la entrada y salida de la PTAR aplicando el método volumétrico mencionado anteriormente. Las tablas 12,13,14,15,16,17,18,19,20 y 21 muestran los resultados obtenidos de la medición.

Tabla 12 Caudal semanal entrada (05-11 sep.)

CAUDAL DE ENTRADA DEL 5 AL 11 SEP. (lt/s)							
	LUNES 5-SEP	MARTES 6-SEP	MIÉRCOLES 7-SEP	JUEVES 8-SEP	VIERNES 9-SEP	SABADO 10-SEP	DOMINGO 11-SEP
08:00 a. m.	6.03	5.60	5.99	5.29	4.81	6.34	4.96
09:00 a. m.	4.33	6.30	5.63	5.49	4.93	5.25	4.68
10:00 a. m.	5.08	6.43	3.94	5.09	3.78	4.18	4.53
11:00 a. m.	5.05	6.18	4.75	4.67	5.23	4.60	4.52
12:00 a. m.	4.96	6.45	4.44	4.52	4.72	6.46	4.81
01:00 p. m.	4.54	6.04	4.23	4.51	4.45	5.94	5.03
02:00 p. m.	4.99	6.06	4.89	4.96	4.41	5.41	4.52
03:00 p. m.	4.19	5.39	4.94	4.77	5.60	4.67	4.28
04:00 p. m.	4.29	5.21	4.60	4.53	5.32	4.40	4.37

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 13 Caudal semanal salida (05-11 sep.)

CAUDAL DE SALIDA DEL 5 AL 11 SEP. (lt/s)							
	LUNES 5-SEP	MARTES 6-SEP	MIERCOLES 7-SEP	JUEVES 8-SEP	VIERNES 9-SEP	SABADO 10-SEP	DOMINGO 11-SEP
08:00 a. m.	5.19	4.95	5.35	4.71	4.60	5.32	4.44
09:00 a. m.	4.04	5.88	5.45	4.77	4.65	4.72	4.38
10:00 a. m.	4.46	5.92	3.53	4.46	3.48	3.43	4.02
11:00 a. m.	4.61	5.75	3.39	4.47	4.69	4.46	4.07
12:00 a. m.	4.32	5.66	3.78	4.36	3.82	4.83	4.38
01:00 p. m.	4.44	5.58	3.79	4.31	4.36	5.03	4.61
02:00 p. m.	4.56	5.29	3.51	4.47	3.73	4.75	4.29
03:00 p. m.	4.05	4.83	3.44	4.40	5.34	4.18	3.92
04:00 p. m.	3.94	4.51	3.19	4.18	5.00	4.03	3.96

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 14 Caudal semanal entrada (12-18 sep.)

CAUDAL DE ENTRADA DEL 12 AL 18 SEP. (lt/s)							
	LUNES 12-SEP	MARTES 13-SEP	MIERCOLES 14-SEP	JUEVES 15-SEP	VIERNES 16-SEP	SABADO 17-SEP	DOMINGO 18-SEP
08:00 a. m.	5.68	6.09	5.77	5.37	4.77	5.94	5.03
09:00 a. m.	5.74	6.87	5.40	5.39	4.84	5.29	4.80
10:00 a. m.	5.48	6.44	3.87	5.04	4.23	4.84	4.58
11:00 a. m.	5.55	6.59	4.60	4.58	4.97	4.52	5.25
12:00 a. m.	5.29	6.45	4.36	4.66	4.53	5.91	5.42
01:00 p. m.	5.67	6.26	4.23	4.51	4.61	5.73	5.64
02:00 p. m.	4.90	5.96	4.68	4.83	4.54	5.58	5.53
03:00 p. m.	4.71	5.47	5.08	4.89	5.45	4.77	5.43
04:00 p. m.	4.90	5.21	4.47	4.64	4.98	4.97	5.69

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 15 Caudal semanal salida (12-18 sep.)

CAUDAL DE SALIDA DEL 12 AL 18 SEP. (lt/s)							
	LUNES 12-SEP	MARTES 13-SEP	MIERCOLES 14-SEP	JUEVES 15-SEP	VIERNES 16-SEP	SABADO 17-SEP	DOMINGO 18-SEP
08:00 a. m.	4.82	5.21	5.17	4.67	4.44	5.29	4.43
09:00 a. m.	5.42	6.32	5.25	4.69	4.62	4.69	4.36
10:00 a. m.	4.93	5.89	3.55	4.52	3.68	4.42	4.06
11:00 a. m.	5.79	5.92	3.99	4.48	4.64	4.31	4.41
12:00 a. m.	4.88	5.66	3.78	4.41	4.14	4.65	4.39
01:00 p. m.	5.20	5.58	3.79	4.31	4.23	4.70	4.43
02:00 p. m.	4.60	5.28	3.58	4.54	4.19	4.59	4.53
03:00 p. m.	4.49	4.85	4.43	4.52	4.85	4.30	4.41
04:00 p. m.	4.51	4.51	3.48	4.28	4.59	4.37	4.67

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 16 Caudal semanal entrada (19-25 sep.)

CAUDAL DE ENTRADA DEL 19 AL 25 SEP. (lt/s)							
	LUNES 19-SEP	MARTES 20-SEP	MIERCOLES 21-SEP	JUEVES 22-SEP	VIERNES 23-SEP	SABADO 24-SEP	DOMINGO 25-SEP
08:00 a. m.	6.36	6.60	6.88	4.91	4.81	5.84	5.03
09:00 a. m.	5.90	6.49	6.33	5.13	4.92	5.16	5.10
10:00 a. m.	5.47	6.36	5.85	4.73	3.78	5.04	4.99
11:00 a. m.	5.55	6.12	5.30	4.67	4.96	4.70	5.00
12:00 a. m.	5.34	5.85	6.12	4.52	4.82	5.56	5.18
01:00 p. m.	5.36	5.68	5.85	4.66	4.63	5.38	5.15
02:00 p. m.	5.81	5.84	5.68	4.96	4.41	5.22	5.23
03:00 p. m.	4.97	6.09	6.40	4.82	5.31	4.97	5.03
04:00 p. m.	4.62	5.42	6.49	4.62	5.40	4.92	5.28

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 17 Caudal semanal salida (19-25 sep.)

CAUDAL DE SALIDA DEL 19 AL 25 SEP. (lt/s)							
	LUNES 19-SEP	MARTES 20-SEP	MIERCOLES 21-SEP	JUEVES 22-SEP	VIERNES 23-SEP	SABADO 24-SEP	DOMINGO 25-SEP
08:00 a. m.	5.24	5.29	5.34	4.45	4.35	4.36	4.43
09:00 a. m.	5.40	5.59	5.32	4.66	4.64	4.53	4.50
10:00 a. m.	5.12	5.55	5.01	4.36	3.48	4.38	4.20
11:00 a. m.	4.81	5.42	4.56	4.38	4.43	4.23	4.41
12:00 a. m.	4.63	5.32	4.39	4.28	3.87	4.63	4.39
01:00 p. m.	4.59	5.19	4.42	4.42	4.13	4.54	4.32
02:00 p. m.	5.23	5.28	4.47	4.47	3.73	4.51	4.49
03:00 p. m.	4.43	5.17	4.46	4.40	4.68	4.30	4.29
04:00 p. m.	4.05	4.65	4.40	4.22	4.87	4.28	4.58

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 18 Caudal semanal entrada (26 sep.-02 oct.)

CAUDAL DE ENTRADA DEL 26 SEP AL 02 OCT. (lt/s)							
	LUNES 26-SEP	MARTES 27-SEP	MIERCOLES 28-SEP	JUEVES 29-SEP	VIERNES 30-SEP	SABADO 01-OCT	DOMINGO 02-OCT
08:00 a. m.	5.68	4.95	5.35	5.93	4.88	5.32	5.68
09:00 a. m.	5.74	6.10	5.01	5.41	4.75	4.85	5.94
10:00 a. m.	5.48	5.92	4.97	5.18	3.81	4.03	5.72
11:00 a. m.	5.55	6.38	4.65	5.34	5.20	4.40	5.25
12:00 a. m.	5.29	5.53	4.95	5.29	4.54	6.55	5.48
01:00 p. m.	5.67	6.45	4.29	4.37	4.32	6.16	5.74
02:00 p. m.	4.90	5.98	4.74	4.83	4.49	5.50	5.62
03:00 p. m.	4.71	5.97	4.80	4.74	5.55	4.60	5.62
04:00 p. m.	4.90	5.78	4.47	4.74	5.28	4.40	5.69

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 19 Caudal semanal salida (26 sep.-02 oct.)

CAUDAL DE SALIDA DEL 26 SEP AL 02 OCT. (lt/s)							
	LUNES 26-SEP	MARTES 27-SEP	MIERCOLES 28-SEP	JUEVES 29-SEP	VIERNES 30-SEP	SABADO 01-OCT	DOMINGO 02-OCT
08:00 a. m.	5.24	4.56	4.61	4.55	4.50	4.37	4.54
09:00 a. m.	5.40	4.94	4.38	4.21	4.29	4.18	4.76
10:00 a. m.	5.12	4.64	3.84	4.10	3.48	3.48	4.72
11:00 a. m.	4.81	4.86	4.14	4.03	4.55	4.08	4.41
12:00 a. m.	4.63	4.80	4.08	4.37	3.79	4.83	4.47
01:00 p. m.	4.60	5.00	3.86	3.60	4.02	4.80	4.49
02:00 p. m.	4.50	4.81	3.86	3.67	3.72	4.46	4.53
03:00 p. m.	4.43	4.63	3.47	4.05	4.22	4.21	4.42
04:00 p. m.	4.05	4.51	3.56	4.23	4.31	4.03	4.67

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 20 Caudal semanal entrada (03-05 oct.)

CAUDAL DE ENTRADA DEL 3 AL 5 OCT. (lt/s)			
	LUNES 3- OCT	MARTES 4-OCT	MIERCOLES 5-OCT
08:00 a. m.	6.16	5.63	5.99
09:00 a. m.	6.04	5.72	5.88
10:00 a. m.	5.40	5.52	4.42
11:00 a. m.	6.14	4.66	4.75
12:00 a. m.	4.71	4.54	4.44
01:00 p. m.	4.59	5.04	4.23
02:00 p. m.	5.20	5.95	4.81
03:00 p. m.	4.38	5.52	4.94
04:00 p. m.	5.54	5.21	4.54

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 21 Caudal semanal salida (03-05 oct.)

CAUDAL DE SALIDA DEL 3 AL 5 OCT. (lt/s)			
	LUNES 3- OCT	MARTES 4-OCT	MIERCOLES 5-OCT
08:00 a. m.	5.21	5.35	5.48
09:00 a. m.	5.22	5.41	5.28
10:00 a. m.	4.75	4.97	3.53
11:00 a. m.	4.38	4.28	3.49
12:00 a. m.	4.13	4.09	3.78
01:00 p. m.	3.81	4.42	3.79
02:00 p. m.	4.64	5.31	3.51
03:00 p. m.	3.61	4.88	3.88
04:00 p. m.	3.52	4.51	3.62

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.4. Caudal semanal promedio y caudal máximo horario

Para la establecer el día y la hora de recolección de la muestra a ser analizada en los laboratorios de manera posterior, se efectuó un promedio general de los datos de medición de caudal obtenidos del 5 de septiembre al 5 de octubre de 2022 en la entrada y salida de la PTAR como se presenta en la tabla 22 y 24.

Tabla 22 Caudal semanal máximo - entrada

CAUDAL PROMEDIO DE ENTRADA DEL 5 SEP AL 5 OCT. (lt/s)							
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
08:00 a. m.	5.98	5.78	5.99	5.37	5.09	5.86	5.18
09:00 a. m.	5.55	6.30	5.65	5.35	5.10	5.14	5.13
10:00 a. m.	5.38	6.13	4.61	5.01	4.23	4.52	4.95
11:00 a. m.	5.57	5.98	4.81	4.81	5.30	4.56	5.01
12:00 a. m.	5.12	5.76	4.86	4.75	4.67	6.12	5.22
01:00 p. m.	5.17	5.89	4.57	4.51	4.61	5.80	5.39
02:00 p. m.	5.16	5.96	4.96	4.90	4.76	5.43	5.23
03:00 p. m.	4.59	5.69	5.23	4.81	5.49	4.75	5.09
04:00 p. m.	4.85	5.36	4.91	4.63	5.30	4.67	5.26

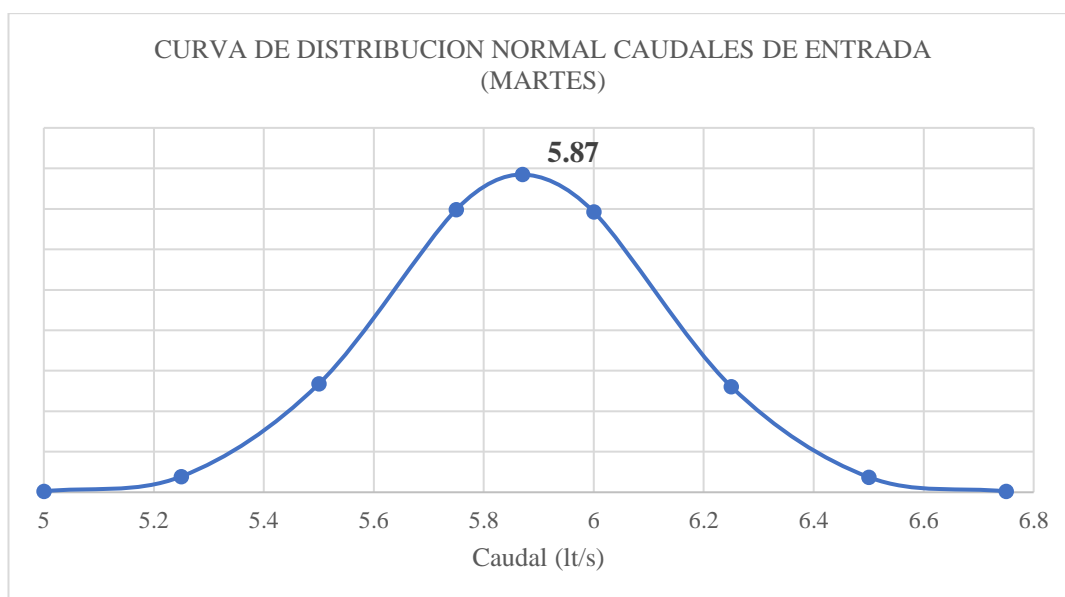
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 23 Estadística descriptiva caudales promedio de entrada

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDAL DE ENTRADA DEL 5 SEP AL 5 OCT.							
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
MEDIA:	5.26	5.87	5.07	4.91	4.95	5.21	5.16
MEDIANA:	5.17	5.89	4.91	4.81	5.09	5.14	5.18
DESVIACIÓN ESTANDAR:	0.39	0.25	0.45	0.28	0.38	0.58	0.13
MÁXIMO:	5.98	6.30	5.99	5.37	5.49	6.12	5.39
MÍNIMO:	4.59	5.36	4.57	4.51	4.23	4.52	4.95

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 39 Curva de distribución normal de caudales de entrada día Martes



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 24 Caudal semanal máximo - salida

CAUDAL PROMEDIO DE SALIDA DEL 5 SEP AL 5 OCT. (lt/s)							
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
08:00 a. m.	5.14	5.07	5.19	4.60	4.67	4.84	4.46
09:00 a. m.	5.10	5.63	5.13	4.58	4.72	4.53	4.50
10:00 a. m.	4.88	5.39	3.89	4.36	3.82	3.93	4.25
11:00 a. m.	4.88	5.25	3.91	4.34	4.54	4.27	4.32
12:00 a. m.	4.52	5.10	3.96	4.36	3.95	4.73	4.41
01:00 p. m.	4.53	5.15	3.93	4.16	4.23	4.77	4.46
02:00 p. m.	4.71	5.19	3.79	4.29	4.13	4.58	4.46
03:00 p. m.	4.20	4.87	3.93	4.34	4.79	4.25	4.26
04:00 p. m.	4.02	4.54	3.65	4.23	4.66	4.18	4.47

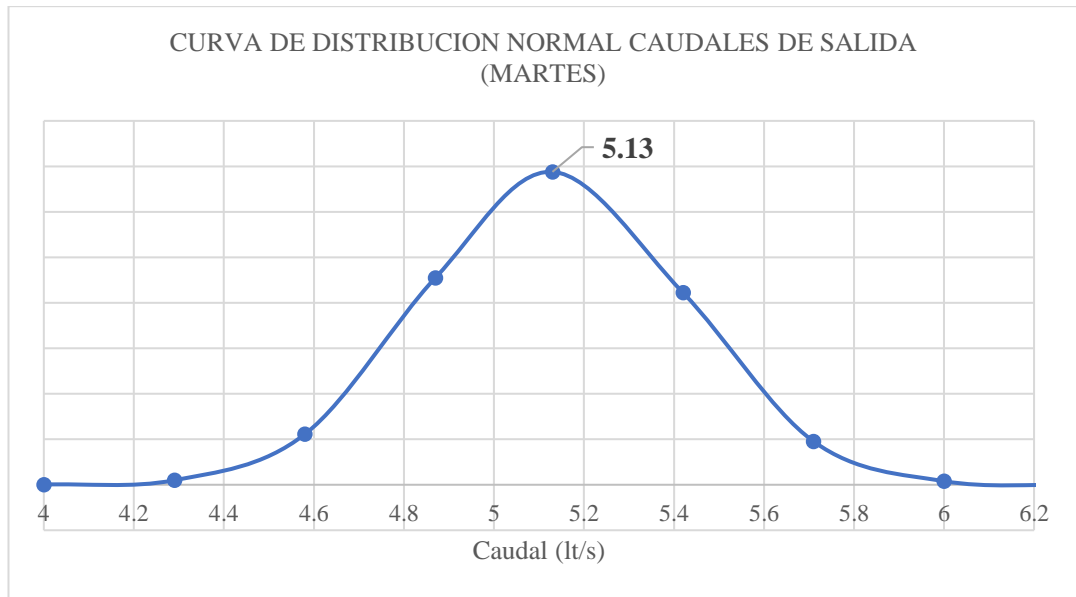
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Tabla 25 Estadística descriptiva caudales promedio de salida

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDAL DE SALIDA DEL 5 SEP AL 5 OCT.							
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
MEDIA:	4.66	5.13	4.15	4.36	4.39	4.45	4.40
MEDIANA:	4.71	5.15	3.93	4.34	4.54	4.53	4.46
DESVIACIÓN ESTANDAR:	0.36	0.29	0.55	0.14	0.34	0.29	0.09
MÁXIMO:	5.14	5.63	5.19	4.60	4.79	4.84	4.50
MÍNIMO:	4.02	4.54	3.65	4.16	3.82	3.93	4.25

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 40 Curva de distribución normal de caudales de salida día Martes



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

En la tabla 22 y 24 se aprecia las horas y el día en el cual se produce la mayor cantidad de caudal en la entrada y por ende en la salida, el mayor caudal es producido los días martes en un rango horario de 9:00 am a 11:00 am, esto debido a que la mayor parte de hogares e industrias como: procesadoras de lácteos, camales y agrícolas aledañas al sector arrancan con sus actividades en ese horario.

Adicionalmente las tablas 23 y 25 presentan información acerca de la estadística descriptiva basada en los valores obtenidos durante la medición de caudales, entre los valores más representativos se puede apreciar la media de caudales tanto de la entrada como de la salida, así como la desviación estándar para cada una de estas los días Martes.

Los datos de desviación estándar y media, fueron utilizados para representar gráficamente la dispersión de los datos obtenidos, los cuales presentan valores de desviación estándar de 0.25 y 0.29 en la entrada y salida respectivamente, y que se ven representados en las figuras 39 y 40 mediante una curva de distribución normal con una forma simétrica y elevada para ambos casos lo cual indica una dispersión de datos baja, adecuada y que a su vez representa una correcta medición de caudales.

Finalmente, para la recolección de la muestra de agua residual se eligió la hora en la cual se produjo el máximo caudal, en este caso el día martes, donde se puede observar

que el mayor caudal se produjo a las 9:00 am con un valor de **6.3 It/s** en la entrada de la PTAR, hora en la cual fue realizado el muestreo.

3.1.5. Análisis del agua residual de la PTAR

Según las muestras recolectadas y analizadas en el afluente y efluente de la PTAR. En la tabla 26 se presenta un resumen de los resultados obtenidos del análisis de agua residual realizado en el “Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo” (Ver anexo 2); además de esto la siguiente tabla también muestra una comparación de los resultados del efluente con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental TULSMA 2015 (Tabla 3).

Tabla 26 Comparación resultados análisis de agua residual

PARÁMETROS	U	MÉTODO	ENTRADA (AFLUENTE)	SALIDA (EFLUENTE)	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (TULSMA)	CUMPLIMIENTO
Ph	-	PE-LSA-01	7.15	6.36	6 a 9	SI
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D	1427	129	200	SI
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	STANDARD METHODS 5210-B	721	98	100	SI
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	460	87	130	SI
Sólidos Totales (ST)	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B	1082	720	1600	SI

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Los resultados muestran que todos los parámetros analizados cumplen con la normativa ambiental, sin embargo, el parámetro DBO₅ está muy cercano al límite máximo permisible establecido, por lo que es necesario realizar un diagnóstico técnico del funcionamiento de la PTAR y de los componentes hidráulicos de los cuales está constituida actualmente.

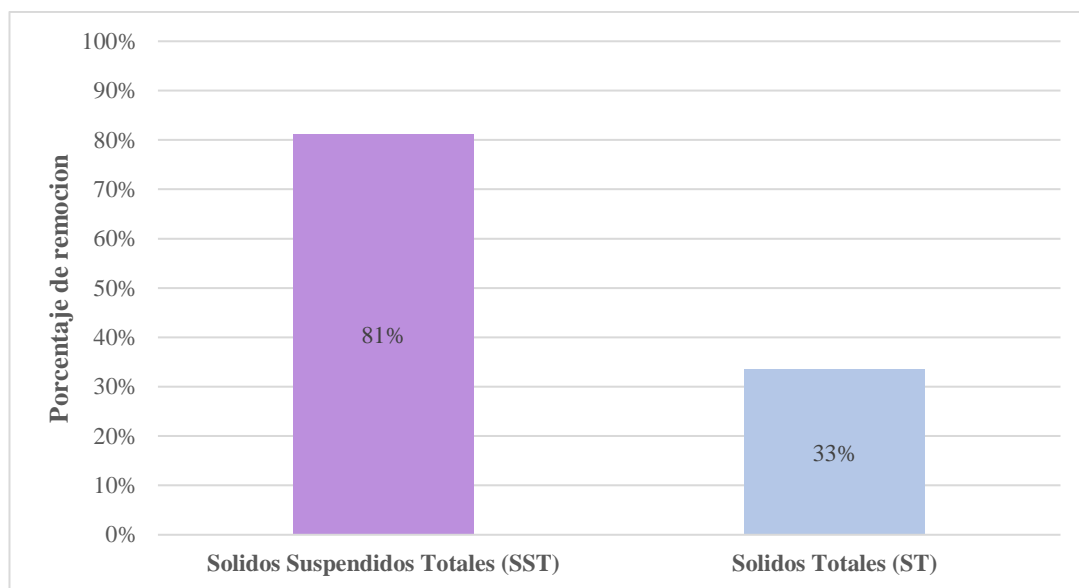
En la tabla 27 se puede identificar los porcentajes de remoción real de la PTAR para los parámetros contaminantes de sólidos suspendidos totales y sólidos totales.

Tabla 27 Porcentaje de remoción contaminante de la PTAR

PARÁMETROS	U	MÉTODO	ENTRADA (AFLUENTE)	SALIDA (EFLUENTE)	% EFICIENCIA DE REMOCIÓN
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	STANDARD METHODS 2540-D	460	87	81%
Solidos Totales (ST)	mg/L	STANDARD METHODS 2540-B	1082	720	33%

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 41 Representación gráfica del porcentaje de remoción real de contaminantes



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

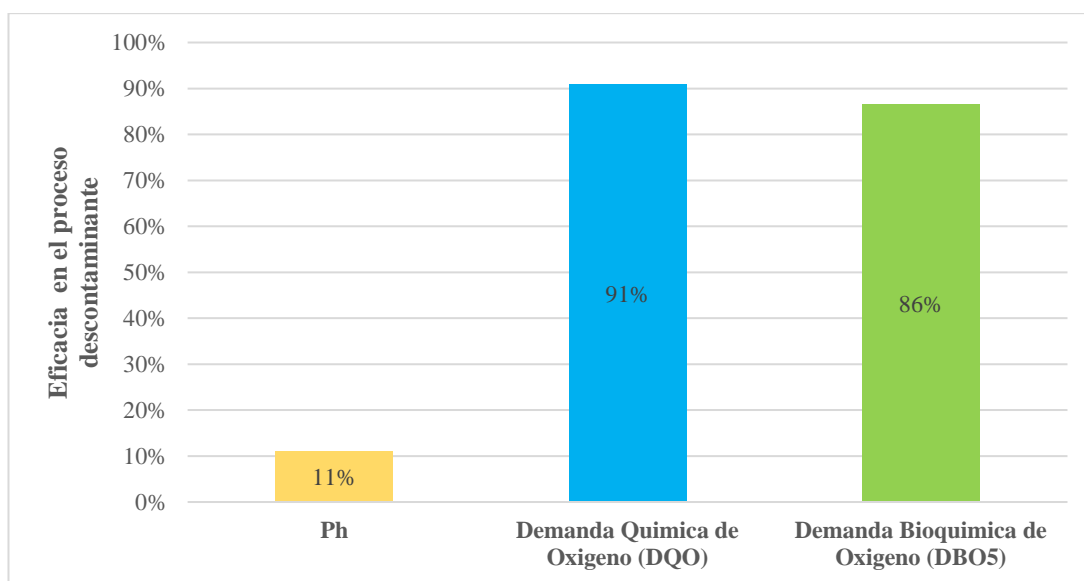
Adicionalmente la tabla 28 presenta los porcentajes de eficacia en el proceso descontaminante llevado a cabo por los parámetros DBO₅ y DQO, así como el valor del pH al salir del proceso de tratamiento de la PTAR.

Tabla 28 Porcentajes de eficacia en el proceso de remoción de contaminantes

PARÁMETROS	U	MÉTODO	ENTRADA (AFLUENTE)	SALIDA (EFLUENTE)	% EFICACIA EN EL PROCESO DESCONTAMINANTE
Ph	-	PE-LSA-01	7.15	6.36	11%
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	STANDARD METHODS 5220-D	1427	129	91%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210-B	721	98	86%

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 42 Representación gráfica del porcentaje de eficacia en el proceso de remoción de contaminantes



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

3.1.6. Diagnóstico técnico del funcionamiento teórico de los procesos unitarios de la PTAR

Para realizar el diagnóstico de los componentes hidráulicos presentes en el tren de tratamiento actual de la PTAR se utilizó normas, guías y reglamentos técnicos de origen internacional, puesto que en el Ecuador no se cuenta con una guía o manual que indique el diseño de estas unidades.

Estas son:

- Guías de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) [27]
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – Comisión Nacional de Agua (CONAGUA-México)[29]
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000-Colombia)[31]

3.1.6.1. Diagnóstico pozo recolector de caudales

En la actualidad este componente de la PTAR no cumple con ninguna función específica en el pretratamiento del agua residual, debido a que solo permite el paso del afluente hacia los demás componentes hidráulicos, por tal razón no es considerado en el proyecto para un diagnóstico técnico.

3.1.6.2. Diagnóstico del desarenador

Para efectuar el diagnóstico del proceso de cribado por medio de rejillas y desarenado en el pretratamiento de la PTAR se optó por utilizar el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento de CONAGUA [32], el manual proporciona información para el dimensionamiento y funcionamiento que debe tener este componente hidráulico.

La tabla 29 presenta información general para el diagnóstico de las rejillas del cribado en la PTAR.

Tabla 29 Parámetros para la utilización de rejillas en cribado

TIPO DE REJILLA	CAUDAL (m ³ /h)	PROFUNDIDAD DEL CANAL (m)	ANCHO DEL CANAL (m)	ESPACIO ENTRE BARRAS (mm)
Rejilla simple	10 a 5000	0.43 a 1.68	0.30 a 2.00	12 a 80
Reja de cremallera	100 a 10000	1.50 a 5.00	0.60 a 2.00	12 a 80
Reja de cables con rastrillo	100 a 15000	2.50 a 10.00	0.60 a 4.50	12 a 80
Reja de cables con garfio	1000 a 40000	2.50 a 10.00	1.50 a 5.50	12 a 100
Reja con escobillas sobre cadena sin fin	100 a 15000	1.50 a 8.00	0.80 a 3.00	12 a 25
Reja de peines sobre cadena sin fin	500 a 30000	1.50 a 6.00	0.8 a 4.00	10 a 60
Reja de rastrillos sobre cadena sin fin	1000 a 30000	2.00 a 6.00	1.00 a 4.00	50 a 100

Fuente: CONAGUA [32]

Al identificar los datos presentados en la tabla 29 y contar con un caudal de 22.68 m³/h, la PTAR de García Moreno, esta entra en el primer grupo según lo establecido en el manual de CONAGUA, y cumple con los requerimientos señalados en el mismo, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 30 Verificación de cumplimiento rejillas de cribado

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR REAL	VALOR RECOMENDADO	CUMPLIMIENTO
Profundidad del canal	m	0.64	0.43 a 1.68	SI
Ancho del canal	m	0.92	0.30 a 2.00	SI
Espacio entre barras	mm	60	12 a 80	SI
Angulo de colocación	°	60	45 a 60	SI

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Ante lo expuesto, las rejillas cumplen con el dimensionamiento según la normativa, sin embargo, se requiere de un mantenimiento y limpieza constante, puesto que en la actualidad no se encuentra en las mejores condiciones para un adecuado funcionamiento.

Para el diagnóstico del sedimentador se utilizó el manual de CONAGUA y la Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores de la OPS [33], en donde se presentan valores referenciales de profundidad del agua, longitud del desarenador, relación ancho/profundidad, ángulo de divergencia en la transición, y periodo de operación para un desarenador de tipo horizontal con dos unidades en paralelo como se indica en la tabla 31.

Tabla 31 Parámetros de diseño para desarenadores horizontales

PARÁMETRO	VALOR RECOMENDADO	NORMA
Profundidad	0.60 a 1.50 m	CONAGUA
Longitud del desarenador	3.00 a 25 m	CONAGUA
Angulo de divergencia en transición	12 a 30 °	OPS
Relación ancho/profundidad	1 : 1.5	OPS
Periodo de operación	24 horas	OPS

Fuente: CONAGUA y OPS [32], [33].

Los datos para realizar el diagnóstico se presentan a continuación:

Profundidad real: **0.64 m**

Longitud real del desarenador: **8.61 m**

Angulo de divergencia en transición: Se obtuvo a partir de longitud de las paredes de la sección divergente y la longitud de la sección divergente.

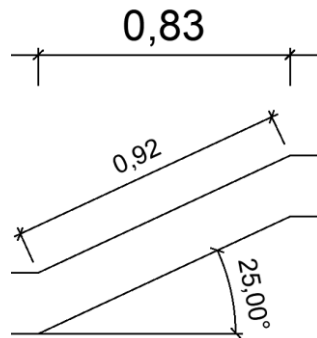
Longitud de las paredes de la sección divergente: 0.92 m

Longitud de la sección divergente: 0.83 m

$$\phi = \text{Arccos}\left(\frac{0.83}{0.92}\right)$$

$$\phi = 25^\circ$$

Figura 43 Dimensiones sección divergente sedimentador



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Relación ancho/profundidad: ancho real= 0.92m, profundidad real= 0.64 m

B: ancho

H: profundidad

$$B = 1.5H$$

$$B = 1.5(0.64 \text{ m})$$

$$\mathbf{B = 0.96 \text{ m}}$$

Error aproximado - relación ancho/profundidad:

$$E = \left(\frac{\text{Valor real} - \text{Valor esperado}}{\text{Valor esperado}} \right) * 100$$

$$E = \left(\frac{0.92 - 0.96}{0.96} \right) * 100$$

$$E = 0.04 * 100 = 4\%$$

Periodo de operación real: **24 horas**

En base a los parámetros mencionados en la tabla 31, se verifica el cumplimiento de cada criterio en la tabla 32.

Tabla 32 Verificación de parámetros de diseño desarenador

PARÁMETRO	DIMENSIÓN REAL	DIMENSIÓN RECOMENDADA	CUMPLIMIENTO
Profundidad	0.64 m	0.60 a 1.50 m	SI
Longitud del desarenador	8.61 m	3.00 a 25 m	SI
Angulo de divergencia en transición	25°	12 a 30 °	SI
Relación ancho/profundidad	0.92 m	0.96 m	NO
Periodo de operación	24 horas	24 horas	SI

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Los resultados obtenidos demuestran un incumplimiento en cuanto a la relación ancho/profundidad, esto debido a que en alguna etapa del proceso constructivo de esta unidad se pudieron presentar errores, generando así una leve variación del 4% en su dimensionamiento y que al compararlo con la normativa no es muy representativo por lo cual se puede considerar este parámetro como aceptable.

3.1.6.3. Diagnóstico trampa de grasas

Para la realizar el diagnóstico de la trampa de grasas se tomó en cuenta parámetros de diseño generales descritas en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000 y en las Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa OPS/CEPIS/03.81. [31], [34].

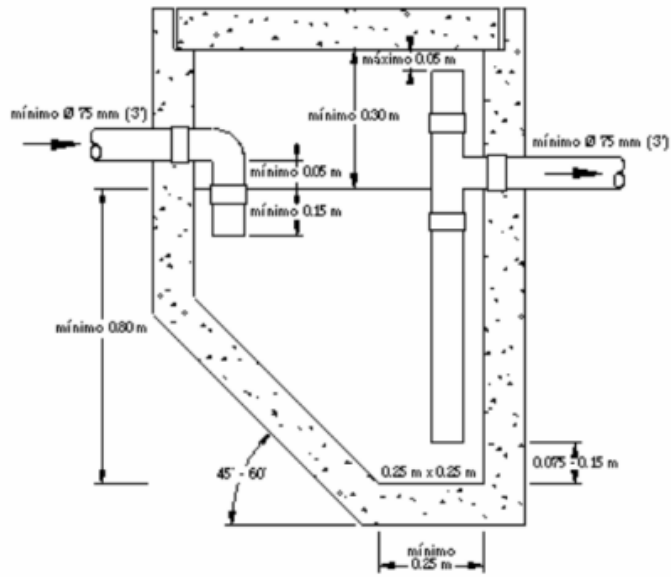
Los parámetros a considerar se presentan a continuación:

Tabla 33 Parámetros de diseño para trampa de grasas

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	NORMA
Área	m ² /l	0.25	RAS-2000
Profundidad	m	>0.8	OPS
Relación largo/ancho	m	2:1 o 3:2	OPS
Diámetro tubería de entrada	mm	50 a 75	RAS-2000
Diámetro tubería de salida	mm	75 a 100	RAS-2000
Longitud sumergida tubería entrada	mm	150	RAS-2000
Longitud del fondo del tanque a la tubería de salida	mm	75 a 150	RAS-2000
Diferencia de nivel tubería de ingreso y salida	m	0.05	OPS

Fuente: OPS/CEPIS/03.81 y RAS-2000 [31], [34].

Figura 44 Trampa de grasa simple



Fuente: OPS/CEPIS/03.81. [34]

Los datos reales de la trampa de grasa, para realizar el diagnóstico se presenta en la tabla 34.

Tabla 34 Datos para el diagnóstico trampa de grasa

DATOS	VALOR	UNIDAD
Caudal máximo horario	6.3	lt/s
Ancho	1.45	m
Largo	2.52	m
Profundidad	1.8	m
Diámetro tubería entrada	200	mm
Diámetro tubería salida	200	mm
Longitud sumergida tubería entrada	460	mm
Longitud del fondo del tanque a la tubería de salida	120	mm
Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y salida	0.08	m

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

- Área del tanque por lt/s

$$Q = 6.3 \frac{\text{lt}}{\text{s}}$$

$$A = 0.25 \text{ m}^2 \text{ por cada litro/s}$$

$$A = 0.25 \text{ m}^2 * 6.3$$

$$A = 1.575 \text{ m}^2$$

- Área real del tanque

$$A = \text{Ancho} * \text{Largo}$$

$$A = 1.45 \text{ m} * 2.52 \text{ m}$$

$$A = 3.65 \text{ m}^2$$

- Relación largo/ancho

$$L = \text{largo}$$

$$B = \text{ancho}$$

$$\text{Relacion } 2: 1$$

$$2B = L$$

$$2(1.45) = L$$

$$L = 2.9 \text{ m}$$

$$\text{Relacion } 3: 2$$

$$3B = 2L$$

$$\frac{3}{2}B = L$$

$$1.5 * (1.45) = L$$

$$L = 2.175 \text{ m}$$

Realizado los cálculos y completada la información requerida para realizar el diagnóstico, la tabla 35 presenta el cumplimiento de los criterios generales para una trampa de grasa.

Tabla 35 Verificación de criterios de diseño para trampa de grasas

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR REAL	VALOR RECOMENDADO	CUMPLIMIENTO
Área	m ²	3.65	1.57	SI
Profundidad	m	1.8	0.8	SI
Relación largo/ancho	m	2.52	2.17	SI
Diámetro tubería de entrada	mm	200	50 a 75	SI
Diámetro tubería de salida	mm	200	75 a 100	SI

Longitud sumergida tubería entrada	mm	460	150	SI
Longitud del fondo del tanque a la tubería de salida	mm	120	75 a 150	SI
Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y salida	m	0.08	0.05	SI

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Al verificar que todos criterios generales de la trampa de grasas tienen un correcto cumplimiento es posible mencionar que este componente está operando de manera correcta en la PTAR, sin embargo, es necesario pintar y señalar esta unidad para mantener su tiempo de vida útil.

3.1.6.4. Diagnóstico tanque séptico de sedimentación primaria

Para realizar el diagnóstico de este componente hidráulico se utilizó la guía de la Organización Panamericana de la Salud para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización OPS/CEPIS/05.163 [27]. Este manual proporciona información referente al dimensionamiento y funcionamiento de este tipo de tanques para comunidades rurales y que poseen un sistema de remoción de lodos como es el caso de la PTAR de García Moreno.

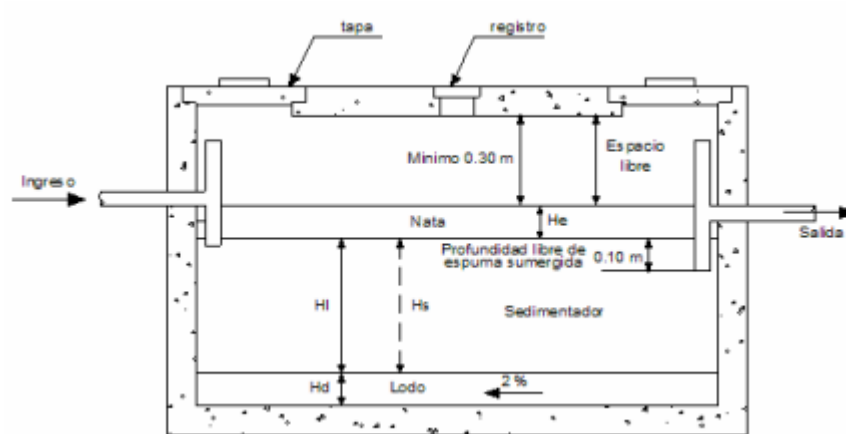
Para el diagnóstico del tanque séptico, se utilizó datos a partir del PDOT de Marcos Espinel para determinar la población que aporta caudal a la PTAR, y varios criterios generales para el diseño de tanques sépticos especificados en la guía. A continuación, la tabla 36 presenta los datos necesarios para realizar el diagnóstico.

Tabla 36 Datos para el diagnóstico del tanque séptico

DATOS	NOMENCLATURA	UNIDAD	VALOR
Población servida	P	hab	1296
Caudal de diseño	Qd	lt/s	6.3
Caudal de aporte unitario de aguas residuales (Q=Qd/P)	Q	lt/hab*día	420
Intervalo deseado en años, entre operaciones sucesivas de remoción de lodos	N	año	1

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

Figura 45 Representación del tanque séptico OPS



Fuente: OPS/CEPIS/05.163 [27]

- Periodo de retención hidráulica

$$PR = 1.5 - 0.3 \log (P * Q) \quad (Ec. 2)$$

$$PR = 1.5 - 0.3 \log \left(1296 \text{ hab} * 420 \frac{l}{\text{hab} * \text{dia}} \right)$$

$$PR = -0.22 \text{ dias}$$

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.

$$PR = 0.25 \text{ dias}$$

- Volumen requerido para la sedimentación

$$Vs = 10^{-3} * (P * Q) * PR \quad (Ec. 3)$$

$$Vs = 10^{-3} * \left(1296 \text{ hab} * 420 \frac{l}{\text{hab} * \text{dia}} \right) * 0.25 \text{ dias}$$

$$Vs = 136.08 \text{ m}^3$$

- Volumen de digestión y almacenamiento de lodos

$$Vd = 70 * 10^{-3} * P * N \quad (Ec. 4)$$

$$Vd = 70 * 10^{-3} * 1296 \text{ hab} * 1 \text{ año}$$

$$Vd = 90.72 \text{ m}^3$$

- Determinación del volumen de natas

$$Vn = 0.7 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec. 5})$$

Se adopta este valor según lo establecido en la norma como mínimo para este parámetro.

- Volumen total teórico del tanque séptico

$$Vt = Vs + Vd + Vn \quad (\text{Ec. 6})$$

$$Vd = (136.08 + 90.72 + 0.7) \text{ m}^3$$

$$Vd = 227.50 \text{ m}^3$$

- Volumen real del tanque séptico

$$Vt = Largo * ancho * altura \quad (\text{Ec. 7})$$

$$Vd = (12.40 \text{ m} * 7.10 \text{ m} * 2.82 \text{ m})$$

$$Vd = 248.27 \text{ m}^3$$

Tabla 37 Verificación de cumplimiento tanque séptico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR REAL	VALOR CALCULADO	CUMPLIMIENTO
Volumen del tanque	m ³	248.27	227.5	SI

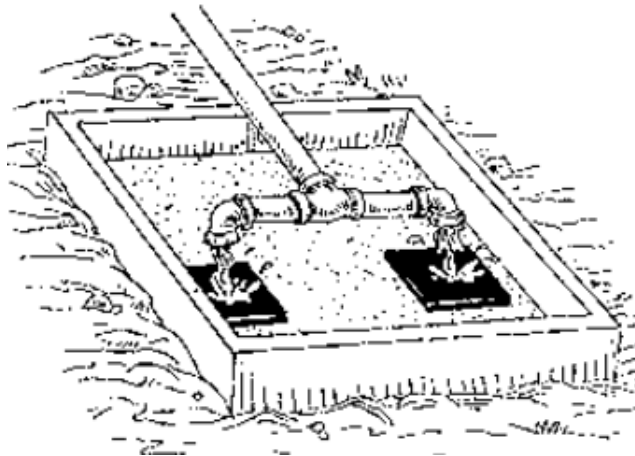
Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman

En base a los resultados obtenidos en la tabla 37 del análisis se tiene que el volumen teórico del tanque séptico es de 227.50 m³, mientras que el volumen del real del tanque séptico es de 248.27 m³, por lo tanto, cumple con los parámetros generales de diseño para un tanque séptico establecidos en la norma para una correcta depuración de aguas residuales. Sin embargo, a pesar de tener una correcta estructura, el tanque se encuentra deteriorado debido al pasar de los años, la falta de limpieza y mantenimiento, por lo cual es necesario pintar, señalizar y generar un plan mantenimiento que ayude al correcto funcionamiento de esta unidad.

3.1.6.5. Diagnóstico lecho de secado de lodos

El diagnóstico del lecho de secado de lodos se realizó en base a la guía de la Organización Panamericana de la Salud para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización OPS/CEPIS/05.163 [27]. En esta guía se describen criterios generales y fórmulas para el dimensionamiento del lecho de secado de lodos, ideal para pequeñas comunidades.

Figura 46 Representación del lecho de secado de lodos



Fuente: OPS/CEPIS/05.163 [27]

A continuación, en la tabla 38 se presenta los datos necesarios para realizar el diagnóstico.

Tabla 38 Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos

DATOS	NOMENCLATURA	UNIDAD	VALOR
Caudal promedio de aguas residuales (Caudal de diseño)	Q	lt/s	6.3
Sólidos en suspensión en el agua residual cruda (Afluente)	SS	mg/l	460
Densidad de lodos (Según normativa)	ρ lodos	Kg/l	1.04
Largo real del lecho de secado	L	m	7.6
Ancho real del lecho de secado	B	m	5.3
Profundidad real del lecho de secado	H	m	1.10

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

- Tiempo solicitado para la digestión de lodos

La parroquia Marcos Espinel y el Barrio García moreno poseen una temperatura promedio de 12 °C por lo cual según la tabla 39 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 39 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 [27].

- Profundidad de aplicación

La normativa establece un valor de profundidad de aplicación entre 0.20 a 0.40 m, sin embargo, debido a las condiciones y dimensiones reales de la PTAR se adoptará el valor real de profundidad:

$$Ha = 1.10 \text{ m}$$

- Carga de solidos que ingresan al sedimentador

$$C = Q * SS * 0.0864 \quad (Ec. 8)$$

$$C = 6.3 \frac{l}{s} * 460 \frac{mg}{l} * 0.0864$$

$$C = 250.38 \frac{kg \text{ de SS}}{dia}$$

- Masa de solidos que conforman los lodos

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (Ec. 9)$$

$$Msd = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 250.38 \frac{Kg \text{ de SS}}{dia} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 250.38 \frac{Kg \text{ de SS}}{dia} \right)$$

$$Msd = 81.37 \frac{kg \text{ de SS}}{dia}$$

- Volumen diario de lodos digeridos

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ de solidos}}{100} \right)} \quad (Ec. 10)$$

La densidad de los lodos según la normativa corresponde a **1.04 Kg/l** por lo que se adopta este valor.

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

$$Vld = \frac{81.37 \frac{kg \text{ de } SS}{\text{dia}}}{1.04 \frac{Kg}{l} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$Vld = 782.46 \frac{l}{\text{dia}}$$

- Volumen de lodos a extraerse del tanque

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (Ec. 11)$$

$$Vel = \frac{782.46 \frac{l}{\text{dia}} * 55 \text{ dias}}{1000}$$

$$Vel = 43.03 \text{ m}^3$$

- Área teórica del lecho de secado de lodos

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (Ec. 12)$$

$$Als = \frac{43.03 \text{ m}^3}{1.10 \text{ m}}$$

$$Als = 39.12 \text{ m}^2$$

- Área real del lecho de secado de lodos

$$Arls = L * B \quad (Ec. 13)$$

$$Arls = 7.6 \text{ m} * 5.4 \text{ m}$$

$$Arls = 40.28 \text{ m}^2$$

Tabla 40 Verificación de cumplimiento lecho de secado de lodos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR REAL	VALOR CALCULADO	CUMPLIMIENTO
Área del lecho	m ²	40.28	39.12	SI

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

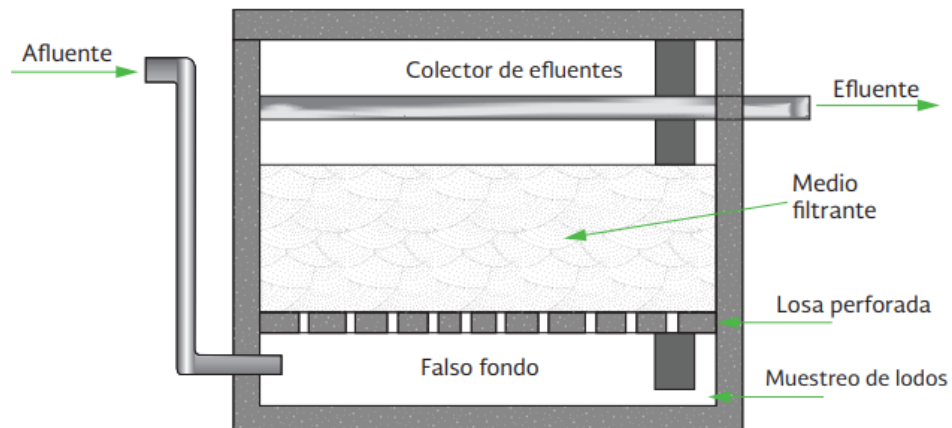
Según los resultados obtenidos en el diagnóstico, la tabla 40 muestra el área teórica calculada que debería tener el lecho de secado de lodos de 39.12 m², y el área real que tiene el lecho de 40.28 m², por lo cual se puede identificar que esta área es mayor que

la establecida según la normativa, por lo tanto, las dimensiones que actualmente posee la PTAR en el lecho de secado de lodos son las adecuadas para realizar este proceso, sin embargo las precipitaciones que se presentan en la zona hace que esta unidad no cumpla su función de manera correcta por lo que es necesario implementar una cubierta que ayude al buen funcionamiento del lecho de secado.

3.1.6.6. Diagnóstico filtro anaerobio de flujo ascendente

Para el diagnóstico de este componente hidráulico se utilizó el manual de CONAGUA para filtros anaerobios de flujo ascendente. Este manual presenta criterios de diseño para el dimensionamiento y el correcto funcionamiento de este tipo de filtros[29].

Figura 47 Representación FFA



Fuente: CONAGUA[29].

La tabla 41 presenta los datos reales necesarios para realizar el diagnóstico del filtro, considerando los resultados obtenidos en el afluente (Ver anexo 2) y las condiciones propias de la PTAR.

Tabla 41 Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio flujo ascendente

Datos	Nomenclatura	Unidad	Valor
Caudal de aporte unitario de aguas residuales	Q	m ³ /día	272.16
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 (Afluente)	So	mg O ₂ /l	721
Altura real del filtro	H	m	2.25
Diámetro real del filtro	D	m	5.38
Altura del borde libre	h	m	0.5
Altura del bajo dren	b	m	0.28

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

- Área real del filtro

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (Ec. 14)$$

$$A = \frac{\pi * (5.38)^2}{4}$$

$$A = 22.73 \text{ m}^2$$

- Volumen real del filtro

$$V = A * H \quad (Ec. 15)$$

$$V = 22.73 \text{ m}^2 * 2.25 \text{ m}$$

$$V = 51.15 \text{ m}^3$$

- Altura del medio filtrante

$$hm = H - h - b \quad (Ec. 16)$$

$$hm = (2.25 - 0.5 - 0.28) \text{ m}$$

$$hm = 1.47 \text{ m}$$

- Volumen del medio filtrante

$$Vm = hm * A \quad (Ec. 17)$$

$$Vm = 1.47 \text{ m} * 22.73 \text{ m}^2$$

$$Vm = 33.41 \text{ m}^3$$

- Tiempo de retención hidráulico

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad (Ec. 18)$$

$$TRH = \frac{51.15 \text{ m}^3}{272.16 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$

$$TRH = 0.19 \text{ días} = 4.51 \text{ horas}$$

- Eficiencia de remoción teórico

$$E = 100(1 - 0.87 * (TRH^{-0.5})) \quad (Ec. 19)$$

$$E = 100(1 - 0.87 * (4.51 \text{ horas}^{-0.5}))$$

$$E = 59.04\%$$

- Concentración de DBO esperada en el efluente

$$DBO_{efl} = S_0 - \frac{E * (S_0)}{100} \quad (Ec. 20)$$

$$DBO_{efl} = 721 \frac{kgDBO}{m^2} - \frac{59.04 * \left(721 \frac{kgDBO}{m^2}\right)}{100}$$

$$DBO_{efl} = 295.35 \frac{mg O^2}{l}$$

- Carga hidráulica superficial

$$CHS = \frac{Q}{A} \quad (Ec. 21)$$

$$CHS = \frac{272.16 \frac{m^3}{dia}}{22.73 m^2}$$

$$CHS = 11.97 \frac{m^3}{m^2 * dia}$$

A continuación, la tabla 42 presenta el resumen de los resultados obtenidos y la comparación con la normativa para el diseño de los filtros anaerobios de flujo ascendente.

Tabla 42 Resumen y comparación de valores según la normativa para el diseño de un FAFA

PARÁMETROS	UNIDAD	RANGO DE VALORES COMO UNA FUNCIÓN DEL GASTO (QMAX.HORARIO)	VALOR REAL CALCULADO	CUMPLIMIENTO
Medio filtrante	-	Piedra	Piedra y ripio	SI
Altura del medio filtrante	m	0.8 a 3.0	1.47	SI
Tiempo de retención hidráulico	horas	3 a 6	4.51	SI
Carga hidráulica superficial	m ³ /m ² *día	10 a 15	11.97	SI
Diámetro	m	3 a 8	5.38	SI

Fuente: CONAGUA[29].

Al haber realizado los cálculos pertinentes para el diagnóstico del filtro anaerobio de flujo ascendente y haberlos comparado manual de CONAGUA, se tiene como resultado que el filtro trabaja de manera adecuada en cuanto a sus dimensiones y funcionamiento hidráulico.

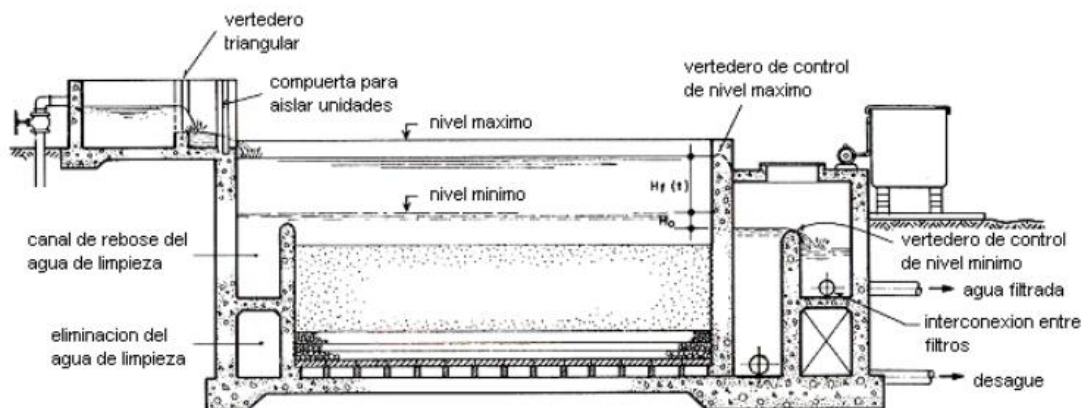
Además, posee un porcentaje de remoción teórico de contaminantes del 59.04% con una concentración teórica de DBO en el efluente de 295.35 mg O²/l para cada filtro, lo que indica un eficiente tratamiento depurador de las aguas residuales que ingresan en el proceso.

A pesar de que el filtro cumpla con los parámetros de diseño mencionados anteriormente, es necesario pintar, señalar y limpiar su estructura con la finalidad de prolongar su correcto funcionamiento y su tiempo de vida útil.

3.1.6.7. Diagnóstico lecho filtrante descendente

Para realizar el diagnóstico de este componente se utilizó el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000 y la Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas OPS/CEPIS/06.174, en donde se señalan varios criterios técnicos que debe cumplir los lechos de filtración vertical lenta de tipo descendente [35], [36].

Figura 48 Representación filtro lento de arena y grava



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

A continuación, la tabla 43 presenta los datos utilizados para el diagnóstico del lecho filtrante.

Tabla 43 Datos para el diagnóstico del lecho filtrante descendente

DATOS	NOMENCLATURA	UNIDAD	VALOR
Longitud del lecho filtrante	L	m	5.05
Ancho del lecho filtrante	B	m	4.41
Espesor del lecho filtrante	e	m	0.81
Distancia de separación de la tubería a la pared	s	m	0.2
Diámetro de huecos en drenes	d	mm	2
Espaciamiento entre drenes	n	m	0.55

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

- Área del lecho filtrante

$$A = B * L \quad (Ec. 22)$$

$$A = 4.41 \text{ m} * 5.05 \text{ m}$$

$$A = 22.27 \text{ m}^2$$

- Espaciamiento entre drenes

$$n = \frac{1}{16} * L \quad (Ec. 23)$$

$$n = \frac{1}{16} * 5.05 \text{ m}$$

$$n = 0.32 \text{ m}$$

- Separación de tubería con respecto a la pared de entrada

$$s = \frac{1}{32} * L \quad (Ec. 24)$$

$$s = \frac{1}{32} * 5.05 \text{ m}$$

$$s = 0.16 \text{ m}$$

La tabla 44 presenta el resumen de los valores obtenidos, y la verificación de cumplimiento según la normativa.

Tabla 44 Resumen y comparación de los valores obtenidos según la normativa RAS 2000 y OPS para un lecho filtrante.

PARÁMETROS	UNIDAD	NORMATIVA	VALOR RECOMENADO	VALOR CALCULADO	VALOR REAL	CUMPLIMIENTO
Medio filtrante	-	RAS 2000	Grava y arena	-	Grava y arena	SI
Área del lecho filtrante	m ²	OPS	Max. 100	-	22.27	SI
Espesor del lecho filtrante	m	RAS 2000	0.8 a 1	-	0.81	SI
Espaciamiento entre drenes	m	RAS 2000	1/16 L o 2m	0.32	0.55	SI
Diámetro de perforación en el dren	mm	RAS 2000	2 a 4	-	2	SI
Distancia de separación de tubería con respecto a la pared de entrada	m	RAS 2000	1/32L o Max. 1m	0.16	0.2	SI

Fuente: RAS 2000 y OPS[35], [36].

En base a los resultados obtenidos y la verificación según la Normativa RAS 2000 y OPS para un lecho filtrante, es posible mencionar que este componente hidráulico presente 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 toda su superficie.

Figura 49 Presencia de vegetación en el lecho filtrante



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

3.2.Verificación de hipótesis

Una vez realizada la evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector de García Moreno, parroquia Marcos Espinel, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, se evidencio que los niveles de Solidos suspendidos(SS), Solidos suspendidos totales (SST), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxigeno (DQO) y pH que son descargados diariamente hacia la quebrada Cununlivi, cumplen con los límites establecidos en la normativa TULSMA 2015 para la descarga a un cuerpo de agua dulce como se observa en la tabla 24. Adicional a esto los porcentajes de remoción de contaminantes de solidos suspendidos totales y solidos totales, así como la eficacia en el proceso descontaminante de los parámetros DBO₅ y DQO que presenta la PTAR son sumamente altos tal como se observa en la figura 39 y 40, lo cual ratifica el correcto funcionamiento de la planta y su bajo nivel de riesgo hacia el ecosistema.

Además de los análisis de agua residual se diagnosticó los componentes hidráulicos presentes en el tren tratamiento de la PTAR según varios reglamentos, manuales y guías internacionales para el diseño de plantas de tratamiento, en donde se logró evidenciar totalmente el correcto funcionamiento la planta y así diferir con la hipótesis de trabajo planteada al inicio del trabajo de investigación la cual señala que: La planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno, perteneciente a la parroquia Marcos Espinel, cantón Píllaro, de la Provincia de Tungurahua no se encuentra funcionando de manera correcta en sus condiciones actuales.

Los resultados del diagnóstico de cada componente se presentan en la tabla 45.

Tabla 45 Cuadro resumen del funcionamiento actual de los componentes de la PTAR de García Moreno

COMPONENTE	COMPARACIÓN	CUMPLIMIENTO
Pozo recolector de caudales	Opera únicamente como un pozo de ingreso de las aguas residuales a la PTAR	No se analizó bajo ninguna normativa puesto que no aporta ningún tratamiento al agua residual
Desarenador	En la zona de cribado las rejillas 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, sin embargo posee parámetros como la profundidad del agua y la relación ancho/profundidad que están muy poco alejados de los normados, sin embargo esto no representa mayor inconveniente al funcionamiento de este componente.	Cumple con el manual de pretratamiento y tratamiento primario de CONAGUA y la Guía de desarenadores y sedimentadores OPS
Trampa de grasas	Este componente posee un área de 3.65 m ² , el cual es mayor al 1.57 m ² recomendado para una trampa de grasas, además de esto los diámetros de tubería utilizados para el funcionamiento hidráulico son superiores a los establecidos en la normativa por lo cual satisface la demanda de agua residual que ingresa y se trata en este componente.	Cumple con el reglamento técnico de agua potable y saneamiento RAS-2000 y la Guía para el diseño de trampas de grasa OPS
Tanque séptico de sedimentación primaria	Esta unidad hidráulica posee un volumen calculado de 227.50 m ³ según la normativa, el cual es menor al volumen real de 248.27 m ³ , por lo cual satisface la demanda de aguas residuales que ingresan y se tratan diariamente en este componente.	Cumple con la guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS
Lecho de secado de lodos	El área calculada que presenta este componente es de 39.12 m ² , mientras que el área real es de 40.28 por lo tanto satisface la demanda lodos a lodos a tratar.	Cumple con la guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización de la OPS

Filtro anaerobio de flujo ascendente	El material filtrante es de ripio y piedra, cumpliendo con el normado únicamente de piedra, la altura del material filtrante es 1.47m y se encuentra entre los rangos establecidos de 0.8 a 3m, así mismo el tiempo de retención hidráulico es de 4.5h valor aceptable según los rangos para TRH de 3 a 6 h, la carga hidráulica superficial del filtro es de 11.97 m ³ /m ² *día valor aceptable según los normados de 10 a 15 m ³ /m ² *día, en cuanto a dimensionamiento el filtro posee un diámetro de 5.38m, valor que se encuentra dentro del rango 3 a 8 m establecido en la norma, adicional a esto el eficiencia de remoción teórica es de 59.04% valor muy cercano a los 65 a 75 % esperado para este tipo de filtros, por lo tanto el filtro se encuentra en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento.	Cumple con el manual para filtros anaerobios de flujo ascendente de la CONAGUA.
Lecho filtrante descendente	Todos los parámetros de diseño de este componente están acordes a lo especificado en la norma, por lo tanto, su funcionamiento es el correcto, sin embargo, es necesario proporcionar una correcta limpieza y mantenimiento al material filtrante puesto que contiene abundante presencia de vegetación en su interior.	Cumple con el reglamento técnico de agua potable y saneamiento RAS-2000 y la Guía para el diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas de la OPS

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Sin embargo, a pesar de cumplir con todos los requerimientos solicitados por las normas internacionales según la tabla 45 para el dimensionamiento y funcionamiento hidráulico de la PTAR, esta cumple de manera parcial en cuanto a infraestructura, puesto que se pudo identificar deterioro y presencia de vegetación en gran parte de las unidades hidráulicas por lo es necesario mejorar su estado actual.

3.3. Propuesta de mejora de la PTAR

En base al análisis presentado en la tabla 45, la PTAR cumple con las consideraciones de diseño según las normativas internacionales, por lo que no requiere un rediseño en su tren de tratamiento actual, sin embargo, con la finalidad de proporcionar un mayor tiempo de vida a útil al sistema depurador de aguas residuales, y mejorar el estado actual de sus componentes para un correcto funcionamiento, se propone un plan de operación y mantenimiento para cada componente hidráulico presente en el proceso depurador de aguas residuales.

3.3.1. Plan de operación y mantenimiento

El plan de operación y mantenimiento contemplara actividades y medidas a tomarse para el mejoramiento de cada unidad hidráulica presente en el tren de tratamiento actual de la PTAR, adicional a esto, servirá como ayuda para que el operador u operadores que manejen la planta tengan un mejor control de las actividades y procesos de los componentes hidráulicos durante su periodo de supervisión.

Operador de la PTAR

El operador u operadores de la planta deben tener el conocimiento y la capacitación necesaria para la manipulación de los componentes hidráulicos, así como su funcionamiento. Posterior a esto, es importante que cada operador cuente con el equipo de protección personal (EPP) antes del ingreso a la PTAR.

El equipo de protección recomendado para realizar el mantenimiento de la PTAR es el siguiente:

- Casco de seguridad
- Guantes de látex
- Botas de caucho
- Gafas y mascarilla contra gases
- Overol de trabajo

Adicional a esto, también es importante realizar un correcto lavado de las herramientas y equipos usados para la limpieza, así como una higiene adecuada al ingreso y salida de la PTAR.

MEDIDA 1.- Mejoramiento pozo recolector de caudales.

Descripción de actividades:

➤ Limpieza y mantenimiento:

- Limpiar la presencia de vegetación en la parte interior de la unidad, así como en sus alrededores.
- Retirar los sedimentos acumulados al ingreso de la tubería de entrada para evitar el desborde del caudal y el correcto flujo del agua residual hacia la PTAR.

➤ Pintura

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ Señalética

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

Tabla 46 Resumen plan de operación y mantenimiento pozo recolector de caudales

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	1 vez/semana	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	1 peón, 1 operador	\$41.08/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$47.56/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ Responsable:

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 2.- Mejoramiento rejillas de cribado y desarenador

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Retirar la basura y material grueso de las rejillas de cribado arrastrado por el flujo
- Colocar las rejillas en su posición original con una inclinación de 60° una vez se haya realizado la limpieza.
- Chequear el volumen de sólidos acumulados en el fondo del desarenador y en el caso de ser necesario cortar el flujo en el canal para su extracción.
- Realizar un raspado de las paredes del canal para evitar la acumulación de material orgánico y sedimentos.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

Tabla 47 Resumen plan de operación y mantenimiento rejillas de cribado y desarenador

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	2 veces/semana	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	1 peón, 1 operador	\$74.00/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$31.71/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 3.- Mejoramiento trampa de grasas

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Verificar la acumulación de grasas en las paredes y en parte superior del tanque.
- Realizar el proceso de limpieza evacuando el contenido del tanque al lecho de secado de lodos
- Raspar y escobillar las paredes hasta eliminar todas las grasas y sedimentos acumulados en el tanque.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

Tabla 48 Resumen plan de operación y mantenimiento trampa de grasas

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	1 vez/ semana	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	1 peón, 1 operador	\$11.74/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$3.58/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 4.- Mejoramiento del tanque séptico de sedimentación primaria

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Abrir las tapas de revisión para la ventilación de los gases acumulados.
- Inspeccionar el volumen de lodos acumulados.
- Retirar las natas superficiales acumuladas en la parte superior y enviarlas hacia el lecho de secado.
- Abrir las válvulas que conectan el tanque con el lecho de secado lodos y descargar el 80% del contenido acumulado.
- Realizar la limpieza del tanque séptico.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

Tabla 49 Resumen plan de operación y mantenimiento tanque séptico

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	1 vez/6 meses	Pala, escoba, llave para válvula, barreta, carretilla, cortadora de guadaña	2 peones, 1 operador	\$143.51/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$430.59/año
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/año

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 5.- Mejoramiento del lecho de secado de lodos

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Distribuir de manera uniforme los lodos una vez sean descargados en el lecho para un correcto secado.
- Verificar si los lodos están completamente secos antes de su extracción, y extraerlos de forma manual.

Si el material que está en lecho tiene como destino su uso como abono se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cubrir completamente con cal la parte superior de los lodos para controlar la aparición de organismos patógenos y obtener un secado más eficiente.
- Cuando el secado este completo retirar los lodos y evacuarlos a una zona adecuada para evitar algún tipo de daño ambiental hasta su posterior tratamiento para ser usados en la agricultura.
- Finalmente, una vez se haya realizado la extracción de los lodos se procederá a realizar la limpieza del lecho de secado.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

➤ **Cubierta con estructura metálica**

- Se realizará una cubierta a base de estructura metálica para proteger los lechos de secado de lodos de los factores climáticos propios del sector.

Tabla 50 Resumen plan de operación y mantenimiento lecho de secado de lodos

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	1 vez/3 meses	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	2 peones, 1 operador	\$65.66/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$23.80/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual
Cubierta con estructura metálica	1 vez	Amoladora, soldadora, compresor	1 Ing. Civil, 1 soldador	\$4,955.40

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 6.- Mejoramiento del filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Realizar una verificación de tuberías y válvulas de ingreso y salida de los filtros
- Evacuar en su totalidad el agua presente en el filtro y mientras se realiza este proceso escobillar las paredes laterales para la extracción de los sedimentos.
- Retirar toda la materia orgánica que cae en el filtro (hojas, ramas, entre otros) antes de colocarlo en funcionamiento nuevamente.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

Tabla 51 Resumen plan de operación y mantenimiento filtro anaerobio de flujo ascendente 1 y 2

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza y mantenimiento	1 vez/mes	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	1 peón, 1 operador	\$80.59/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$279.75/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 7.- Mejoramiento del lecho filtrante descendente

Descripción de actividades:

➤ **Limpieza y mantenimiento:**

- Realizar una limpieza del filtro retirando toda la materia orgánica presente en la superficie.
- Distribuir el material filtrante de manera homogénea en todo el filtro y si esta presenta algún tipo de deterioro retirarlo
- Cuando se vaya a realizar el retiro del material filtrante se deberá tener mucho cuidado con el sistema hidráulico del filtro para evitar daños en el mismo.

➤ **Pintura**

- Realizar una limpieza general de toda la unidad hidráulica y de sus alrededores.
- Lijar y resanar la estructura de la unidad hidráulica si esta presencia deterioro.
- Realizar el pintado de toda la unidad con pintura anticorrosiva.

➤ **Señalética**

- Elegir el letrero de la unidad hidráulica según su identificación técnica.
- El letrero será de 70 cm x 50 cm de material Sintra (espuma de cloruro de polivinilo).
- Colocar el letrero de identificación a una altura prudente que sea de fácil visualización en el centro de la unidad.

➤ **Cubierta con estructura metálica**

- Se realizará una cubierta a base de estructura metálica para proteger los lechos de secado de lodos de los factores climáticos propios del sector.

Tabla 52 Resumen plan de operación y mantenimiento lecho filtrante descendente

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Limpieza	1 vez/mes	Pala, escoba, carretilla, cortadora de guadaña	1 peón, 1 operador	\$36.30/mensual
Pintura	1 vez/año	Lija, espátula, cemento, arena, pintura anticorrosiva	1 albañil, 1 pintor	\$99.29/anual
Señalética	1 vez/año	Señalética de información, taladro, destornillador, tornillos	1 operador	\$3.45/anual
Cubierta con estructura metálica	1 vez	Amoladora, soldadora, compresor	1 Ing. Civil, 1 soldador	\$3,169.80

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

➤ **Responsable:**

GAD Municipal Santiago de Píllaro - Departamento de obras publicas

MEDIDA 8.- Monitoreo del agua residual tratada

Descripción de actividades:

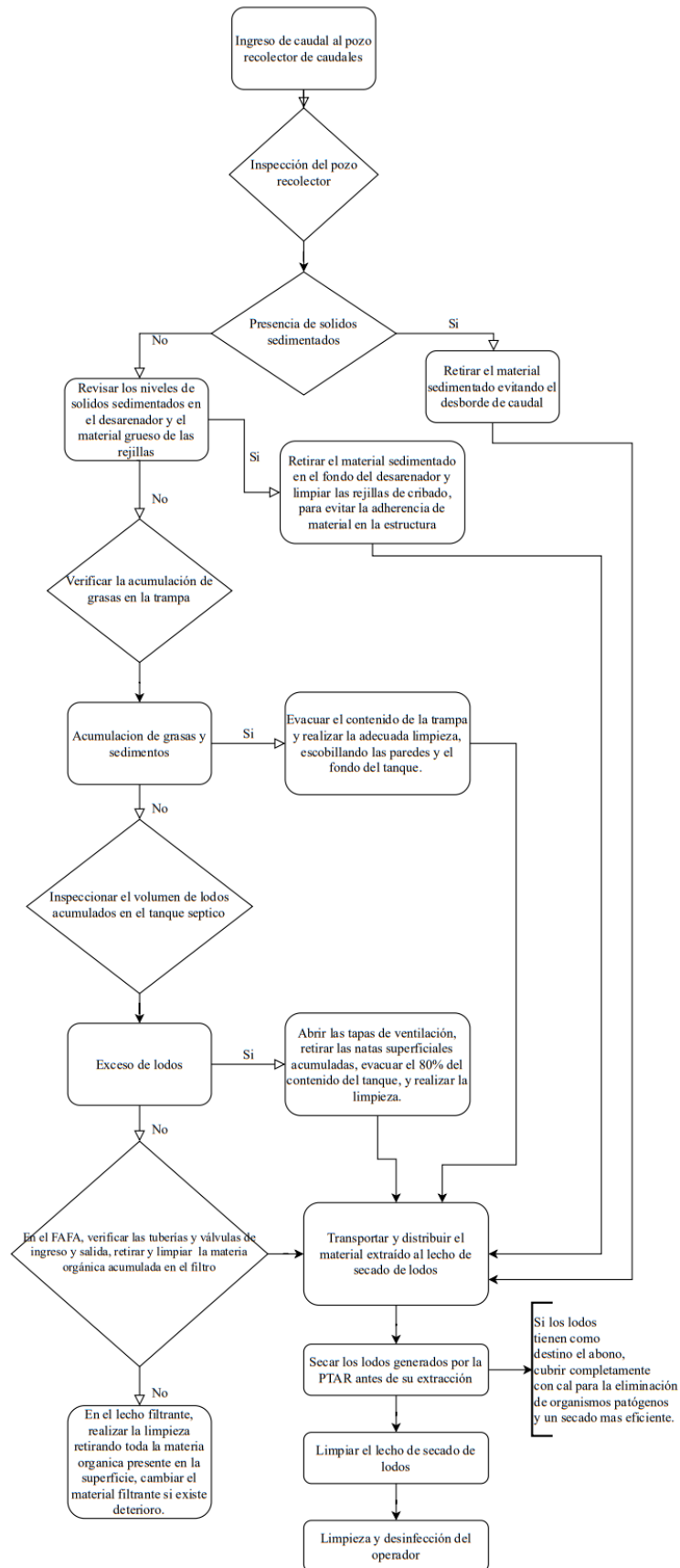
Para verificar el correcto funcionamiento de la PTAR se realizará una toma de muestras al final del proceso de tratamiento según la normativa NTE INEN 2176:2013 y serán analizadas en un laboratorio especializado y certificado.

Tabla 53 Resumen plan de operación y mantenimiento monitoreo del agua residual tratada

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	PERSONAL	COSTO
Monitoreo del análisis físico químico del efluente	1 vez/6 meses	Botella de vidrio color ámbar, EPP	1 laboratorista	\$142.85/mensual

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

3.3.1.1. Flujograma de operación y mantenimiento de la PTAR



3.3.1.2. Presupuesto referencial plan de operación y mantenimiento

La tabla 54 presenta el presupuesto referencial en base a las medidas tomadas en el plan de operación y mantenimiento.

Tabla 54 Presupuesto referencial del plan de operación y mantenimiento

PRESUPUESTO REFERENCIAL DEL PLAN DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PTAR GARCÍA MORENO					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD REFERENCIAL	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Limpieza y mantenimiento	M2	277.83	1.63	452.86
2	Pintura	M2	245.65	3.73	916.27
3	Señalética de información	U	7.00	3.45	24.15
4	Acero estructural A36, Montaje manual	KG	1335.54	5.60	7479.02
5	Cubierta Galvalumen e=30 mm	M2	74.53	8.67	646.18
6	Hormigón ciclópeo 60% HS y 40% piedra f'c=210 kg/cm2	M3	0.27	89.08	24.05
7	Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	KG	21.12	5.97	126.09
8	Monitoreo del análisis físico-químico del efluente	U	1.00	142.85	142.85
				PRESUPUESTO REFERENCIAL=	\$9,811.47

Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Una vez realizado el análisis de precios unitarios según las medidas a implementarse en el plan de operación y mantenimiento de la PTAR de García Moreno, se obtuvo una cantidad correspondiente al costo total de \$9,811.47 (Nueve mil ochocientos once dólares con cuarenta y siete centavos).

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó que la Planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno se ubica en la parroquia rural Marcos Espinel del cantón Santiago de Píllaro y se construyó en el año 2014 con área aproximada de 1060 m² recibiendo caudales provenientes de la cabecera parroquial Marcos Espinel y el Barrio García Moreno y que a su vez genera su descarga hacia la Quebrada Cununlivi. Además, con la estadía in situ y la colaboración del GAD Municipal Santiago de Píllaro se identificó y realizó la medición de cada unidad hidráulica presente en el tren de tratamiento actual de la PTAR el cual cuenta con un pozo recolector de caudales, un desarenador con rejillas de cribado, una trampa de grasas, un tanque séptico de sedimentación primaria, un lecho de secado de lodos, dos filtros anaerobios de flujo ascendente, un lecho filtrante descendente y un pozo de salida. De la misma manera, se identificó que el estado actual de cada unidad es parcialmente aceptable puesto que se pudo apreciar la presencia de vegetación en gran parte de la planta. (Ver 3.1.2)
- A partir de los aforos realizados del 5 de septiembre al 5 de octubre en la PTAR empleando el método volumétrico, se determinó que el caudal máximo horario promedio que registra la planta de tratamiento corresponde a 6.3 l/s en la entrada y 5.63 l/s en la salida los días Martes en un horario de 9:00 am a 11:00 am. (Ver tabla 22 y 24). Además, con los resultados del análisis físico-químico del afluente y efluente se estableció que los parámetros analizados, pH, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y sólidos totales, se encuentran dentro del rango permisible en la normativa TULSMA 2015 para descargas a un cuerpo de agua dulce (Ver tabla 27 y 28) con un porcentaje de eficiencia de remoción y eficacia en el proceso descontaminante alto para cada parámetro como el DQO (91%), DBO

(86%), SST (81%), ST (33%) y una reducción del pH del 11% lo que representa una mayor acidez en el agua (Ver figura 41 y 42).

- El diagnóstico técnico basado en el dimensionamiento de las unidades hidráulicas de la PTAR, el análisis físico- químico del efluente y la comparación con las normativas para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales OPS, CONAGUA y RAS 2000, permitieron determinar que la planta de tratamiento se encuentra operando de manera correcta y que no es necesario un rediseño de ninguna de las unidades hidráulicas que conforman el tren de tratamiento actual de la PTAR, sin embargo se propuso un plan de operación y mantenimiento para mejorar las condiciones actuales de la planta.
- El plan de operación y mantenimiento tendrá un presupuesto referencial con un costo monetario de \$9,811.47 (Nueve mil ochocientos once dólares con cuarenta y siete centavos) en base al análisis de precios unitarios efectuado y poseerá actividades y medidas a tomarse para que la PTAR se encuentre en un buen estado, con una operabilidad óptima para el proceso de remoción de contaminantes, alargando su tiempo de vida útil y mejorando la calidad del agua vertida hacia la quebrada Cununlivi.
- El plano de implantación de la PTAR posee una georreferenciación que considera puntos clave de la planta, así como la representación gráfica de todas las unidades hidráulicas con la finalidad de facilitar la identificación y ubicación de cada una de las unidades presentes en el tren de tratamiento actual de la planta.

4.2. Recomendaciones

- Realizar un análisis del agua residual cada 6 meses para verificar que los parámetros contaminantes se encuentran por debajo de la normativa TULSMA para la descarga a un cuerpo de agua dulce y así corroborar el buen funcionamiento de los procesos unitarios de la PTAR.
- Realizar una limpieza constante de la planta siguiendo el plan de operación y mantenimiento puesto que la presencia de vegetación invade las unidades hidráulicas, alterando su funcionamiento.
- Mejorar la seguridad al ingreso de la PTAR colocando candados en las puertas de acceso y alambre de púas en el cerramiento debido a que varios moradores del sector utilizan la zona verde como espacio de la alimentación de sus animales lo que provoca desechos dentro de las instalaciones.
- Colocar peldaños en los pozos en donde se encuentran las válvulas de desagüe para una mayor comodidad de los operadores al momento de realizar el mantenimiento de la PTAR.
- Es necesario cumplir con el manual de operación y mantenimiento según los tiempos establecidos en el mismo, para conservar de mejor manera la infraestructura de cada unidad y por ende su proceso de depuración de aguas residuales, generando así un mayor tiempo de funcionamiento de la planta.
- Se requiere de un laboratorio para efectuar los análisis físico – químicos del agua residual dentro de la facultad de Ingeniería civil puesto que el costo para realizar este tipo de análisis es muy elevado en otros establecimientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Rodríguez, “aguas-residuales-y-efectos-contaminantes @ www.iagua.es”. [En línea]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes>
- [2] L. Alferez y N. Nieves, “PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR): IMPACTO AMBIENTAL ESPERADO E IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO”, *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/tratamiento-aguas-residuales.html>
- [3] J. A. Jaimes Urbina y J. A. Vera Solano, “Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización”, *Informador Técnico*, vol. 84, núm. 2, mar. 2020, doi: 10.23850/22565035.2305.
- [4] A. Cieza, M. Callao, M. Culqui, J. Malca, y V. Puican, “El manejo ambiental en las plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú”, *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, núm. 6, pp. 13108–13124, dic. 2021, doi: 10.37811/cl_rcm.v5i6.1310.
- [5] M. ; María, M. ; Alfredo, M. ; Elvira, D. ; Ricardo, y M. Emilio, “Operatividad de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas circunlacustres al lago Titicaca-Sector Perú y el marco legal en defensa de los ecosistemas - Operation of the Domestic Wastewater Treatment Plants circumlacteustres to Lake Titicaca-Sector Peru and the framework in defense of ecosystems”, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/index>
- [6] J. E. Méndez Ferro y D. E. Orejuela Viáfara, “Evaluación de microorganismos eficientes mediante un filtro anaerobio de flujo ascendente en agua residual sintética, determinado por la eficiencia de remoción de DQO y SST”, 2021, Consultado: el 8 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uniautonoma.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/595>

- [7] Y. Cardona, “Diagnóstico y evaluación del estado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas – PTARD Central del municipio de Guadalupe, Antioquia. - 10596/48988”, 2022. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/48988> (consultado el 8 de noviembre de 2022).
- [8] C. Mora-Aparicio, C. Alfaro-Chinchilla, J. P. Pérez-Molina, y I. Vega-Guzmán, “Environmental contribution of Los Tajos wastewater treatment plant in the removal of physicochemical and microbiological pollutants”, *Uniciencia*, vol. 36, núm. 1, ene. 2022, doi: 10.15359/ru.36-1.33.
- [9] INEC, “Estadística de información económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales 2015 (Agua y alcantarillado)”. 2016.
- [10] J. Castro, “Evaluación de distintos métodos de reducción de sólidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria Textil San Pedro”, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito, 2020.
- [11] M. Mayacela, L. Maldonado, F. Morales, y B. Suquillo, “Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment”, en *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, ene. 2022, vol. 958, núm. 1. doi: 10.1088/1755-1315/958/1/012020.
- [12] L. Gomez, “Evaluación Ex - Post de La Eficiencia de Tres Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, en el Área Del Lago San Pablo, Cantón Otavalo, Provincia De Imbabura.”, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, Quito, 2020.
- [13] G. Ramirez y J. Tutillo, “Evaluación Hidráulico – Sanitaria de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la comunidad Buena Esperanza, parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia Pichincha”, UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2018.
- [14] F. Morales, ““EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA COMUNIDAD LLIMPE GRANDE, CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2021. Consultado: el 18 de noviembre de

2022. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/33584>
- [15] F. Rodrigo Morales Fiallos, W. Santiago Medina Robalino, y B. Eduardo Paredes Beltrán, “Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans”, 2017.
- [16] F. Morales-Fiallos, L. Maldonado Narváez, G. Nuñez-Aldás, G. Paredes-Cabezas, y R. Hechavarría, “Filtro con elementos de bagazo de caña de azúcar para el tratamiento de aguas residuales de lavadoras de autos en la ciudad de Ambato, Ecuador”, *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 13, núm. 5, pp. 365–395, sep. 2022, doi: 10.24850/j-tyca-13-05-10.
- [17] C. Llamuca, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MOLLEPAMBA DE LA PARROQUIA PICAIHUA, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, UNIVERSIDAD TÉCNICA AMBATO, Ambato, 2022. Consultado: el 18 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35597>
- [18] K. Tamay, “EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CANTÓN PÍLLARO, PROVINCIA TUNGURAHUA”, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2022. Consultado: el 18 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/35208>
- [19] GADM Santiago de Píllaro, “Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Santiago de Píllaro 2020-2032”. Píllaro, 2020.
- [20] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*, Tercera Edición., vol. 1. McGraw-Hill, 1995.
- [21] INEN y NTE INEN 2176, “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO”, Quito, 2013.
- [22] Ministerio del Ambiente, “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua”. Quito, 2015.

- [23] GAD Parroquial Rural Marcos Espinel, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial PDyOT”, 2019. <https://es.scribd.com/document/514733911/PDOT-Marcos-Espinel-2019-2023#> (consultado el 2 de enero de 2023).
- [24] C. Pallares, “Diseño y dimensionamiento de la línea de agua de una PTAR procedente de un matadero porcino”, Universidad Jaume I, Castellon, 2016.
- [25] SEPTAR, “Tratamiento Primario y Secundario de Aguas Residuales”. <https://septar.com.mx/index.php/tratamiento-primario-y-secundario-de-aguas-residuales/> (consultado el 9 de enero de 2023).
- [26] IQR, “Trampas de grasa para el tratamiento de aguas residuales”, 2021. <https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2021/11/trampas-de-grasa-tratamiento-aguas-residuales.html> (consultado el 13 de enero de 2023).
- [27] Organización Panamericana de la Salud, “Guía para el Diseño de Tanque séptico- Tanque Imhoff y Lagunas de estabilización.”, 2019. <http://www.inaa.gob.ni/node/227> (consultado el 10 de enero de 2023).
- [28] CivilGeeks, “Lechos de secado de Lodos Residuales en el tratamiento de aguas | CivilGeeks.com”. <https://civilgeeks.com/2018/03/17/lechos-secado-lodos-residuales-tratamiento-aguas/> (consultado el 10 de enero de 2023).
- [29] CONAGUA, “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento-Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente”. México.
- [30] Wikiwater, “Depuración de las aguas residuales mediante lecho filtrante - Wikiwater”. <https://wikiwater.fr/a24-depuracion-de-las-aguas> (consultado el 15 de enero de 2023).
- [31] Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “TÍTULO E - TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”. Bogotá, noviembre de 2000.
- [32] CONAGUA, “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario”. México.

- [33] Organización Panamericana de la Salud, “GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES”. Lima, 2005.
- [34] Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, “Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa”. Lima, 2003.
- [35] Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, “TITULO C- SISTEMAS DE POTABILIZACION”. Bogotá, noviembre de 2000.
- [36] Organización Panamericana de la Salud, “GUÍA PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS”. Lima, 2005.

ANEXO N°1 FOTOGRAFÍAS

Figura 50 Utilización del dron para toma de fotografías aéreas de la PTAR



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Figura 51 Medición de caudales



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Figura 52 Apertura de válvula al lecho de secado de lodos



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Figura 53 Recolección de muestras de agua residual



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Figura 54 Conservación de la muestra



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

Figura 55 Medición del pozo recolector



Fuente: Daniel Alejandro Guevara Guzman.

ANEXO N°2 RESULTADOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012



N° SE: 060-22

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Daniel Alejandro Guevara Guzmán¹

INFORME N.º 060 - 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 060 - 22

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0992625335¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 25/10/2022

FECHA DE INFORME: 02/11/2022

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR García Moreno¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 117-22 Entrada¹
MA - 118-22 Salida¹

Agua residual
Agua residual

Condiciones Ambientales	T máx:	25 °C
	T mín:	10 °C

El laboratorio se responsabiliza únicamente del análisis, no de la obtención las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 117-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,15	+/- 0,08	25/10/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	1427	N/A	25/10/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	721	N/A	25/10/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	460	N/A	25/10/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	1082	N/A	25/10/2022

MA - 118-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,36	+/- 0,08	25/10/2022

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información

-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 17-012

Nº SE: 060-22

* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	129	N/A	25/10/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	98	N/A	25/10/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	87	N/A	25/10/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	720	N/A	25/10/2022

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 23ª EDICIÓN.

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara
Benito Mendoza T., Ph.D.



Firmado digitalmente por:
**JUAN CARLOS
LARA ROMERO**

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (*) no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.
1. Información proporcionada por el cliente. LSA no se responsabiliza de dicha información
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio
-LSA libera su responsabilidad por la información proporcionada por el cliente y el uso que se le dará a los resultados

Página 2 de 2

FMC2101-01

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ¼ vía a Cuans Bloque Administrativo.

ANEXO N°3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			1
PROYECTO:	Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.				HOJA DE
RUBRO:	1.00				8
DETALLE:	Limpieza y mantenimiento				Unidad: M2
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O. Cortadora de cesped manual (Motoguadaña)	1.00	0.07	0.07	0.004	0.07 0.00
SUBTOTAL M					0.07
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (EO, E2)	1.00	4.05	4.05	0.300	1.22
Operador responsable PTAR (EO,C2)	0.10	4.33	0.43	0.300	0.13
SUBTOTAL N					1.35
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL O					0.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO			M+N+O+P		1.42
INDIRECTOS %			15.00		0.21
UTILIDAD %			0.00		0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.63
VALOR OFERTADO					1.63
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			2
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE 8
RUBRO:		2.00			Unidad: M2
DETALLE:		Pintura			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O.					0.09
Mezclador de pintura	1.00	0.15	0.15	0.220	0.03
SUBTOTAL M					0.13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Mestro mayor (EO, C1)	0.10	4.33	0.43	0.220	0.09
Pintor (EO, D2)	1.00	4.10	4.10	0.220	0.90
Peon (EO,E2)	1.00	4.05	4.05	0.220	0.89
SUBTOTAL N					1.88
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Pintura anticorrosiva	gal	0.02	10.75	0.22	
Lija No 40	u	0.15	0.45	0.07	
Cemento	u	0.10	7.94	0.79	
Arena	m3	0.02	7.63	0.15	
SUBTOTAL O					1.23
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO M+N+O+P				3.24	
INDIRECTOS %			15.00	0.49	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.73	
VALOR OFERTADO				3.73	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			3
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE 8
RUBRO:		3.00			Unidad: U
DETALLE:		Señalética de informacion			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O. Taladro	1.00	2.13	2.13	0.055	0.03 0.12
SUBTOTAL M					0.15
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Operador responsable PTAR (EO,C2)	1.00	4.33	4.33	0.150	0.65
SUBTOTAL N					0.65
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Señalética de informacion	u	1.00	2.00	2.00	
Tornillos 1 pulg	u	4.00	0.05	0.20	
SUBTOTAL O					2.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO			M+N+O+P	3.00	
INDIRECTOS %			15.00	0.45	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				3.45	
VALOR OFERTADO				3.45	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			4
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE
RUBRO:		4.00			8
DETALLE:		Acero estructural A36, Montaje manual			Unidad: KG
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O.					0.08
Soldadora	1.00	1.66	1.66	0.055	0.09
Compresor	0.10	0.79	0.08	0.055	0.00
Amoladora	2.00	3.75	7.50	0.055	0.41
Cizalla manual para lamina	0.10	1.47	0.15	0.055	0.01
Equipo Oxicorte	0.10	1.54	0.15	0.055	0.01
Andamios	1.00	0.45	0.45	0.055	0.02
SUBTOTAL M					0.62
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Ayudante de herrero (EO, D2)	5.00	4.05	20.25	0.055	1.11
Herrero (EO, D2)	2.00	4.10	8.20	0.055	0.45
Ingeniero civil (Estructural, hidraulico, vial) (EO, B1)	0.10	4.56	0.46	0.055	0.03
SUBTOTAL N					1.59
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Thinner comercial	gal	0.01	16.52	0.17	
Perfil estructural A36	kg	1.05	1.50	1.58	
Soldadura (Electrodos E70)	kg	0.05	7.39	0.37	
Anticorrosivo gris mate - galon	gal	0.01	16.45	0.16	
Disco de corte de metal	u	0.05	7.50	0.38	
SUBTOTAL O					2.66
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO			M+N+O+P	4.87	
INDIRECTOS %			15.00	0.73	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.60	
VALOR OFERTADO				5.60	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			5
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al cantón Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE
RUBRO:		5.00			8
DETALLE:		Cubierta Galvalumen e=30 mm			Unidad: M2
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O.					0.13
Taladro electrico	1.00	1.88	1.88	0.300	0.56
SUBTOTAL M					0.69
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (EO. E2)	1.00	4.05	4.05	0.300	1.22
Albañil (EO. D2)	1.00	4.10	4.10	0.300	1.23
Mestro mayor (EO. C1)	0.10	4.33	0.43	0.300	0.13
SUBTOTAL N					2.58
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Alutecho galvalume ancho util 1012mm e=0.30 long=6000	m2	1.00	3.83	3.83	
Pernos autopercorantes	u	4.00	0.11	0.44	
SUBTOTAL O					4.27
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO			M+N+O+P	7.54	
INDIRECTOS %			15.00	1.13	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				8.67	
VALOR OFERTADO				8.67	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			6
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE 8
RUBRO:		6.00			Unidad: M3
DETALLE:		Hormigon ciclopeo 60% HS y 40% piedra f'c=210 kg/cm2			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O.					1.42
SUBTOTAL M					1.42
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Peón (EO, E2)	6.00	4.05	24.30	1.000	24.30
Albañil (EO, D2)	1.00	4.10	4.10	1.000	4.10
SUBTOTAL N					28.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Agua	m3	0.13	0.72	0.10	
Arena	m3	0.42	12.50	5.26	
Ripio	m3	0.61	12.50	7.63	
Cemento portland 50Kg	u	4.62	7.50	34.65	
SUBTOTAL O					47.64
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO M+N+O+P				77.46	
INDIRECTOS %			15.00	11.62	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				89.08	
VALOR OFERTADO				89.08	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			7
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE 8
RUBRO:		7.00			Unidad: KG
DETALLE:		Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O. Cortadora / Dobladora	1.00	2.13	2.13	0.055	0.02 0.12
SUBTOTAL M					0.14
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Ayudante Fierro E.O. D2	1.00	4.05	4.05	0.055	0.22
Fierro E.O. D2	1.00	4.10	4.10	0.055	0.23
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (EO. C1)	0.10	4.33	0.43	0.055	0.02
SUBTOTAL N					0.47
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Alambre galvanizado N18	KG	0.04	2.36	0.09	
Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	KG	1.05	1.18	1.24	
Disco de corte metal 350x2.8x25x4mm	U	1.00	3.25	3.25	
SUBTOTAL O					4.58
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO M+N+O+P				5.19	
INDIRECTOS %			15.00	0.78	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.97	
VALOR OFERTADO				5.97	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

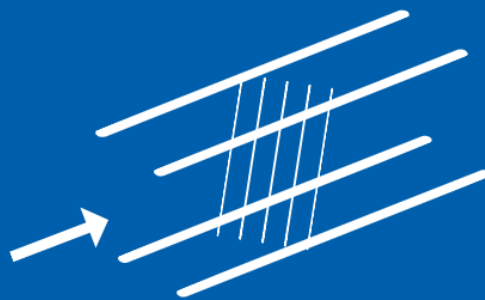
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ELABORADO POR:		Daniel Alejandro Guevara Guzman			8
PROYECTO:		Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector García Moreno de la parroquia Marcos Espinel, perteneciente al canton Santiago de Pillaro, de la provincia de Tungurahua.			HOJA DE 8
RUBRO:		8.00			Unidad: U
DETALLE:		Monitoreo del analisis fisico-quimico del efluente			
EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Herramienta manual 5% M.O.					1.82
SUBTOTAL M					1.82
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=A*B	RENDIMIENTO R	COSTO D=C*R
Laboratorista (EO, C1)	1.00	4.55	4.55	8.00	36.40
SUBTOTAL N					36.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=A*B	
Analisis fisico - quimico de agua residual	u	2.00	43.00	86.00	
SUBTOTAL O					86.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=A*B	
SUBTOTAL P					
TOTAL COSTO DIRECTO			M+N+O+P	124.22	
INDIRECTOS %			15.00	18.63	
UTILIDAD %			0.00	0.00	
COSTO TOTAL DEL RUBRO				142.85	
VALOR OFERTADO				142.85	
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
DANIEL ALEJANDRO GUEVARA GUZMAN OFERENTE					

ANEXO N°4 SEÑALÉTICA

**POZO
RECOLECTOR
DE
CAUDALES**



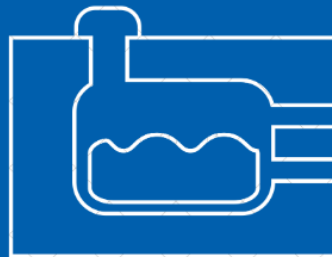
DESARENADOR



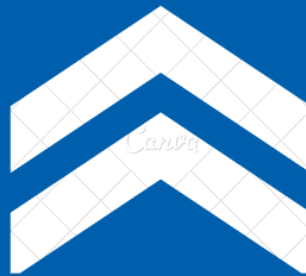
TRAMPA DE GRASAS



TANQUE SÉPTICO - SEDIMENTACIÓN PRIMARIA



**FILTRO ANAEROBIO
DE FLUJO
ASCENDENTE**



**LECHO DE SECADO
DE LODOS**



LECHO FILTRANTE DESCENDENTE



USO OBLIGATORIO DE E.P.P.



CASCO



GUANTES



AUDITIVA



GAFAS



BOTAS



MASCARILLA





**ANEXO N°5 CÁLCULO
ESTRUCTURA METÁLICA**

LECHO DE SECADO DE LODOS Y LECHO FILTRANTE DESCENDENTE

- CORREAS

CALCULOS			DESCRIPCION
Lv:	3.80	m	Viga.secundaria
Lt:	5.30	m	Viga.Principal (Trabe)
#Tubos o Correas	4	u	
at:	1.06	m	Ancho tributario (Espac.)
Cm:	0.04	T/m ²	Carga Muerta
Cv:	0.07	T/m ²	Carga Viva
Cu:	0.16	T/m ²	Carga Ultima
W:	0.68	T	Carga de la Viga
Wr:	0.18	T/m	Carga Repartida en la viga
Mu:	0.32	T*m	Diseñar la Viga para este Momento
Sx:	16	cm ³	Módulo de sección requerido
PERFILG			
G100X50X25X4			
Perfil G	7.02	kg/m	Peso del material

DATOS DEL PERFIL			DESCRIPCION
b	5	cm	Base
h	10	cm	Altura
e	0.4	cm	espesor
A	8.92	cm ²	Área
Ix	129.74	cm ⁴	Inercia X
Sx	25.95	cm ³	Módulo de sección elástico
rx	3.81	cm	Radio de giro
Iy	31.81	cm ⁴	Inercia Y
Sy	10.55	cm ³	Módulo de sección elástico
ry	1.89	cm	Radio de giro
X	1.99	cm	Distancia de eje menor y superficie
zx	18.064	cm ³	Módulo de sección plástico

CALCULOS			DESCRIPCION
Mp:	41129.56	Kg*cm	Momento plástico
Mp:	0.41	T*m	

Mr:	0.41	T*m	Resistencia Real
D/C:	78%		Demanda/Capacidad

- VIGA TRABE

VIGA TRABE			DESCRIPCION
Lt:	5.30	m	Longitud
L2:	0.00	m	Longitud
Num:	4	U	#Tubos
Pi:	0.34	T	Carga de las vigas secundarias
Mu:	0.72	T*m	Diseñar la Viga para este Momento
Mr:	1.21	T*m	Resistencia Real
D/C:	60%		Demanda/Capacidad
DATOS DE VIGA			DESCRIPCION
b:	6	cm	COMP
h:	12	cm	COMP
e:	0.4	cm	
PROPIEDADES MECANICAS			DESCRIPCION
A:	13.76	cm ²	Área
P:	10.80	kg/m	Peso
Ix:	255.20	cm ⁴	Inercia X
Iy:	84.77	cm ⁴	Inercia Y
Sx:	42.53	cm ³	Módulo de sección elástico
Sy:	28.26	cm ³	Módulo de sección elástico
Zx:	52.93	cm ³	Módulo de sección plástico
Zy:	31.33	cm ³	Módulo de sección plástico
rx	4.31	cm	Radio de giro
ry	2.48	cm	Radio de giro
CALCULOS VARIOS			DESCRIPCION
fy:	2530	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero
cte:	28.81		
cf1:	32.27		Control del flange (AISC 360)
cf2:	40.34		Control del flange (AISC 360)
cw1:	69.72		Control del web (AISC 360)
cw2:	164.22		Control del web (AISC 360)
Ry:	1.3		
Cv1:	70.87		Control a corte 1
Cv2:	88.26		Control a corte 2
Mpr:	2.00	T*m	Momento Probable (Fractura)
DISEÑO A CORTE			DESCRIPCION
Vu:	1.47	T	Fuerza de corte
h/tw:	30.00		Esbeltez
Cv:	1.00		Control a corte
Vn:	14.57	T	Resistencia de la viga

OK			Verificación
VER EN TABLAS			DESCRIPCION
Sx:	35	cm ³	Módulo de sección
VER EN ESTE APARTADO SI REQUIERE TRABAJAR CON VIGAS COMERCIALES			

- COLUMNAS

DATOS ARQUITECTONICOS			DESCRIPCION
L1:	3.80	m	Luz Izq.
L2:	3.80	m	Luz der.
L3:	5.30	m	Luz Sup.
L4:	0.00	m	Luz Inf.
PISOS:	1.00	u	#Pisos
CM:	0.04	T/m ²	Carga Muerta
CV:	0.07	T/m ²	Carga Viva
He:	2.90	m	Altura de entrepiso
DATOS ADICIONALES			
A:	36	Ksi	Tipo de Acero
E:	2100000	kg/cm ²	Modulo elástico
f'c:	0	kg/cm ²	Resistencia a la compresión
fy	2530	kg/cm ²	Fluencia del acero
c1	40.34		Compacto o no compacto
cte1	136		Constante AISC 360-10

DATOS DE COLUMNA			DESCRIPCION
b:	10	cm	COMP
h:	10	cm	COMP
e:	0.5	cm	
K:	1.2		Según el código LRFD K>1.2
PROPIEDADES MECANICAS			DESCRIPCION
A:	19.00	cm ²	Área
P:	14.92	kg/m	Peso
Ix:	286.58	cm ⁴	Inercia X
Iy:	286.58	cm ⁴	Inercia Y
Sx:	57.32	cm ³	Módulo de sección elástico
Sy:	57.32	cm ³	Módulo de sección elástico
Zx:	67.75	cm ³	Módulo de sección plástico
Zy:	67.75	cm ³	Módulo de sección plástico
rx	3.88	cm	Radio de giro
ry	3.88	cm	Radio de giro
Mp:	3.36	T*m	Momento Plástico

CALCULOS			DESCRIPCION
AT:	10.07	m ²	Área Tributaria
Cu:	0.16	T/m ²	Carga Ultima
Pu:	1.90	T	Carga Ultima
Pr:	28.70	T	Capacidad resistente
D/C	7%		Demanda vs Capacidad (Eficiencia)

- PLACA BASE

CALCULO DE PLACA BASE							
Pu:	1.6112	T	Carga Ultima	x:	7.5	cm	De la col. a la placa
Pu:		T	Carga Ultima Alternativa	xh:	5	cm	De la placa al filo del pedestal
Pu:	1.6112	T	Carga Ultima	A:	36		Acero
				f'c:	150	kg/cm ²	Resistencia a la compresión
				fs:	116.0	kg/cm ²	Resistencia al aplastamiento
				fy:	2530	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero
Sentido b				Sentido h			
Mu:	1611	kg*cm	Momento Ultimo	Mu:	1611	kg*cm	Momento Ultimo
Mu:		kg*cm	Momento Ultimo (Real)	Mu:		kg*cm	Momento Ultimo (Real)
Mu:	1611	kg*cm	Momento Ultimo	Mu:	1611	kg*cm	Momento Ultimo
B:	25	cm	Ancho de la placa	H:	25	cm	Ancho de la placa
q1:	3.20	kg*cm ²	OK	q1:	3.20	kg*cm ²	OK
m:	8	cm	Distancia donde se produce el momento	n:	8	cm	Distancia donde se produce el momento
q2:	1.96	kg*cm ²		q2:	1.96	kg*cm ²	
q3:	2.80	kg*cm ²		q3:	2.80	kg*cm ²	
Mpl:	2452	kg*cm	Momento que recibe la placa	Mpl:	2452	kg*cm	Momento que recibe la placa
Atiez :	0	U	Atiezadores	Atiez:	0	U	Atiezadores
Mu:	2452	kg*cm	Momento Ultimo def.	Mu:	2452	kg*cm	Momento Ultimo def.
e:	5	mm	Espesor de la placa	e:	5	mm	Espesor de la placa

DIMENSIONES DE LA PLACA			DESCRIPCION
B:	250	mm	Ancho
H:	250	mm	Largo
e:	5	mm	Espesor
Peso:	2.36	Kg	Peso (Kg)

ANEXO N°6 PLANOS

774400.000

774500.000

774600.000

774700.000

774800.000

9869500.000

9869400.000

9869300.000

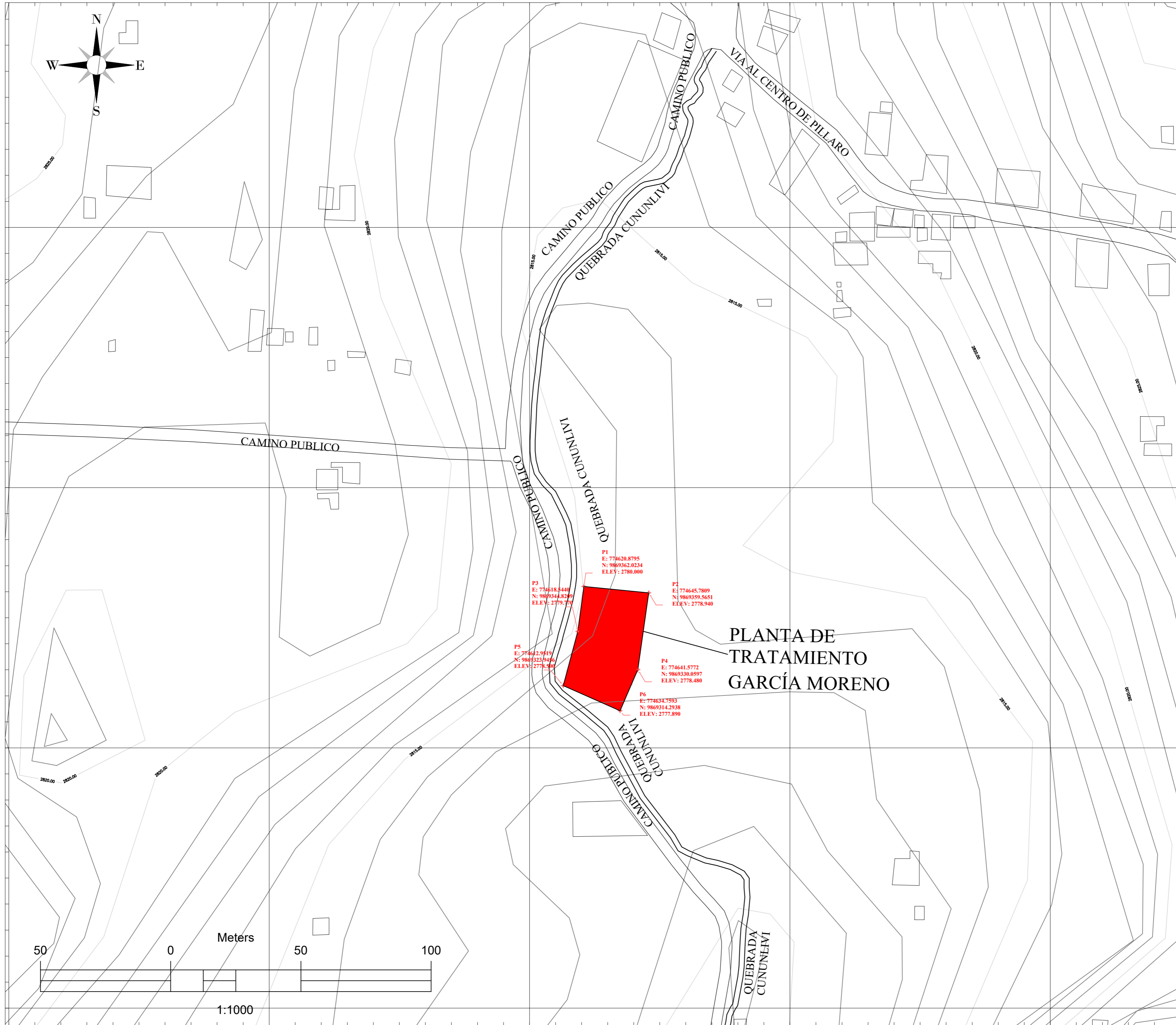
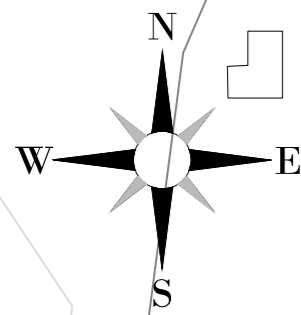
9869200.000

9869500.000

9869400.000

9869300.000

9869200.000



P1
E: 774620.8795
N: 9869362.0234
ELEV: 2780.000

P2
E: 774645.7809
N: 9869359.5651
ELEV: 2778.940

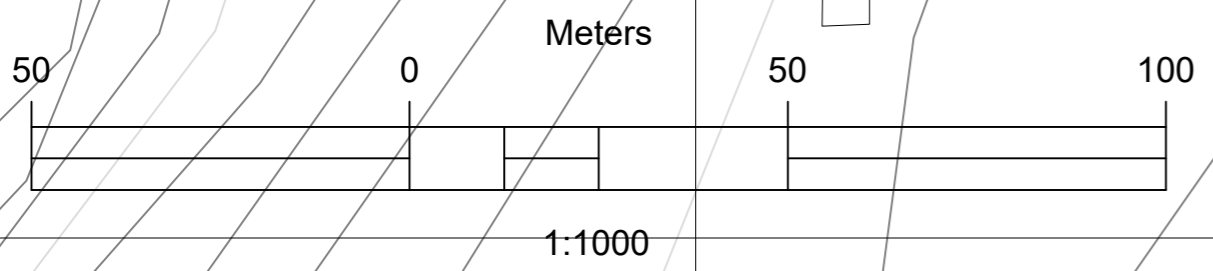
P3
E: 774618.5440
N: 9869344.8249
ELEV: 2779.777

P4
E: 774641.5772
N: 9869330.0597
ELEV: 2778.480

P5
E: 774612.9619
N: 9869323.9464
ELEV: 2778.500

P6
E: 774634.7593
N: 9869314.2938
ELEV: 2777.890

PLANTA DE TRATAMIENTO GARCÍA MORENO



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



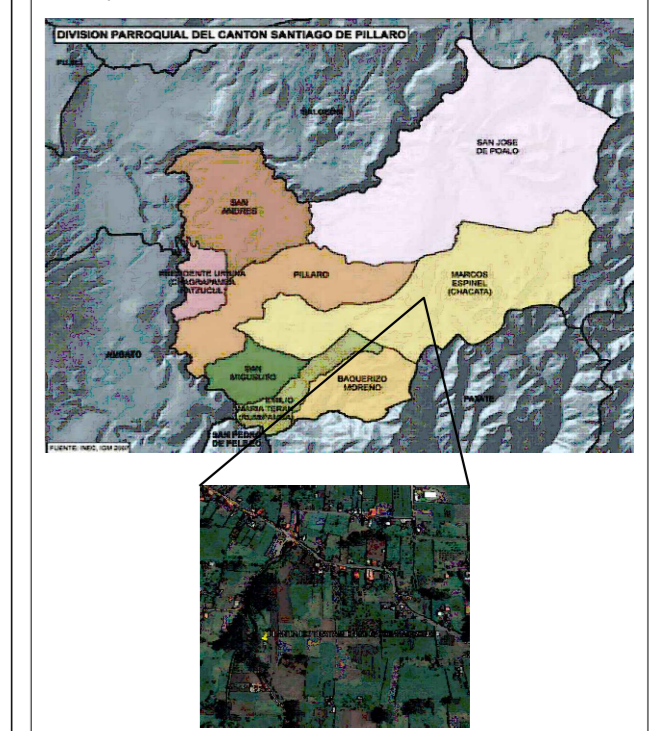
PROYECTO:
"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

PROVINCIA: TUNGURAHUA	CANTÓN: PILLARO	SECTOR: GARCÍA MORENO
---------------------------------	---------------------------	---------------------------------

CONTIENE:
TOPOGRAFÍA Y UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GARCIA MORENO

ESCALA: 1:1000	FECHA: MARZO/2023	LÁMINA: 1 DE 5
--------------------------	-----------------------------	--------------------------

REFERENCIA CARTOGRÁFICA - UBICACIÓN DE LA PTAR:

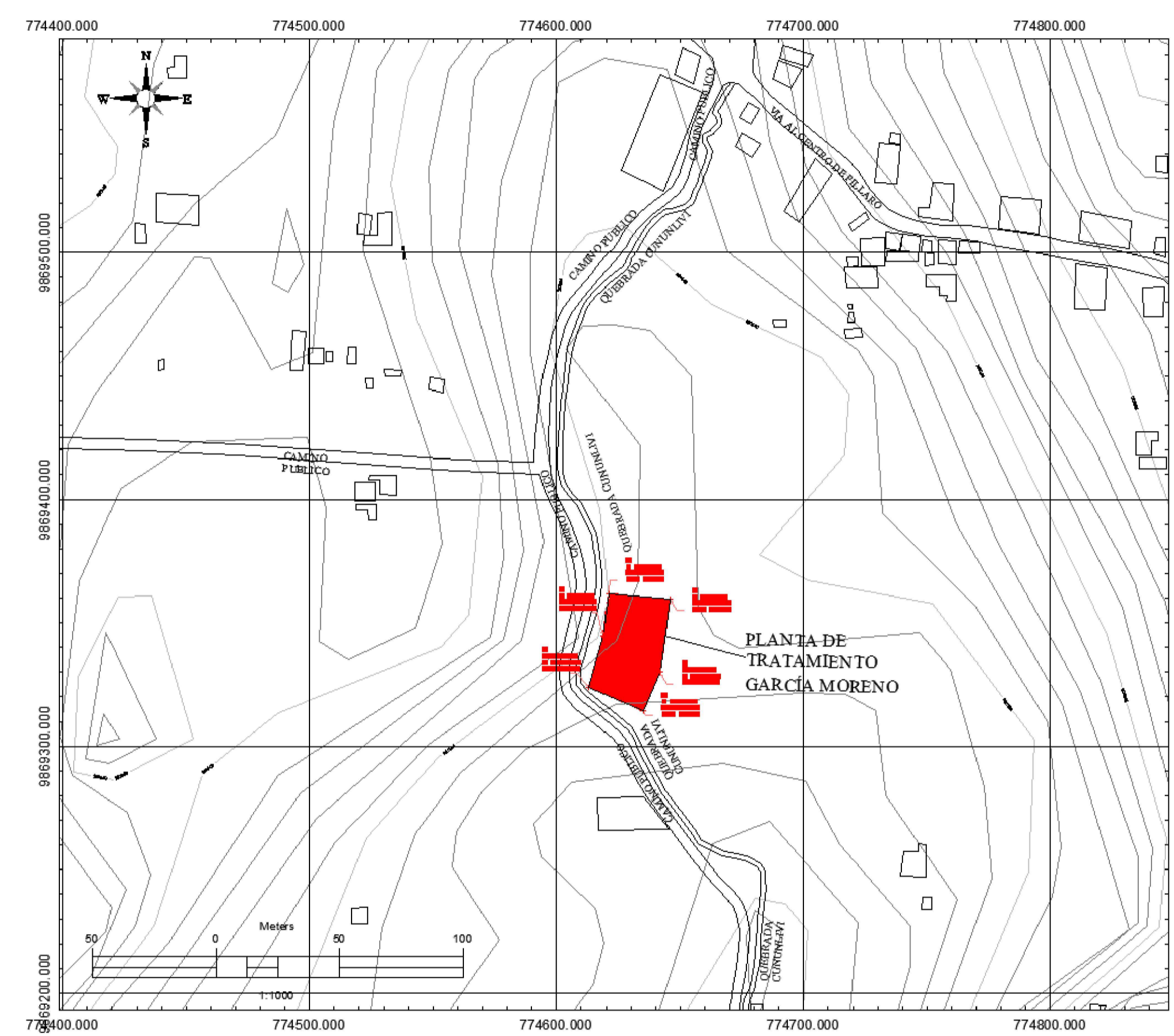
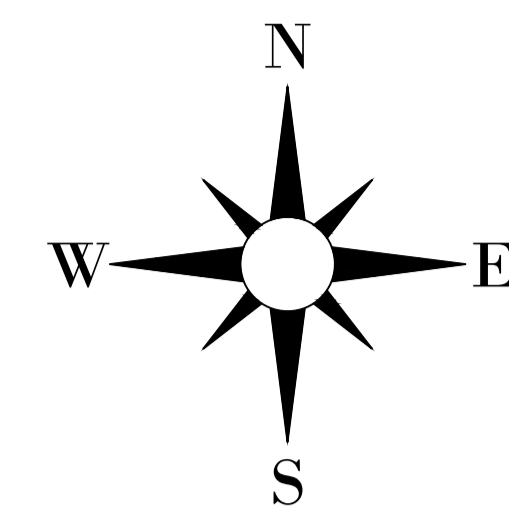
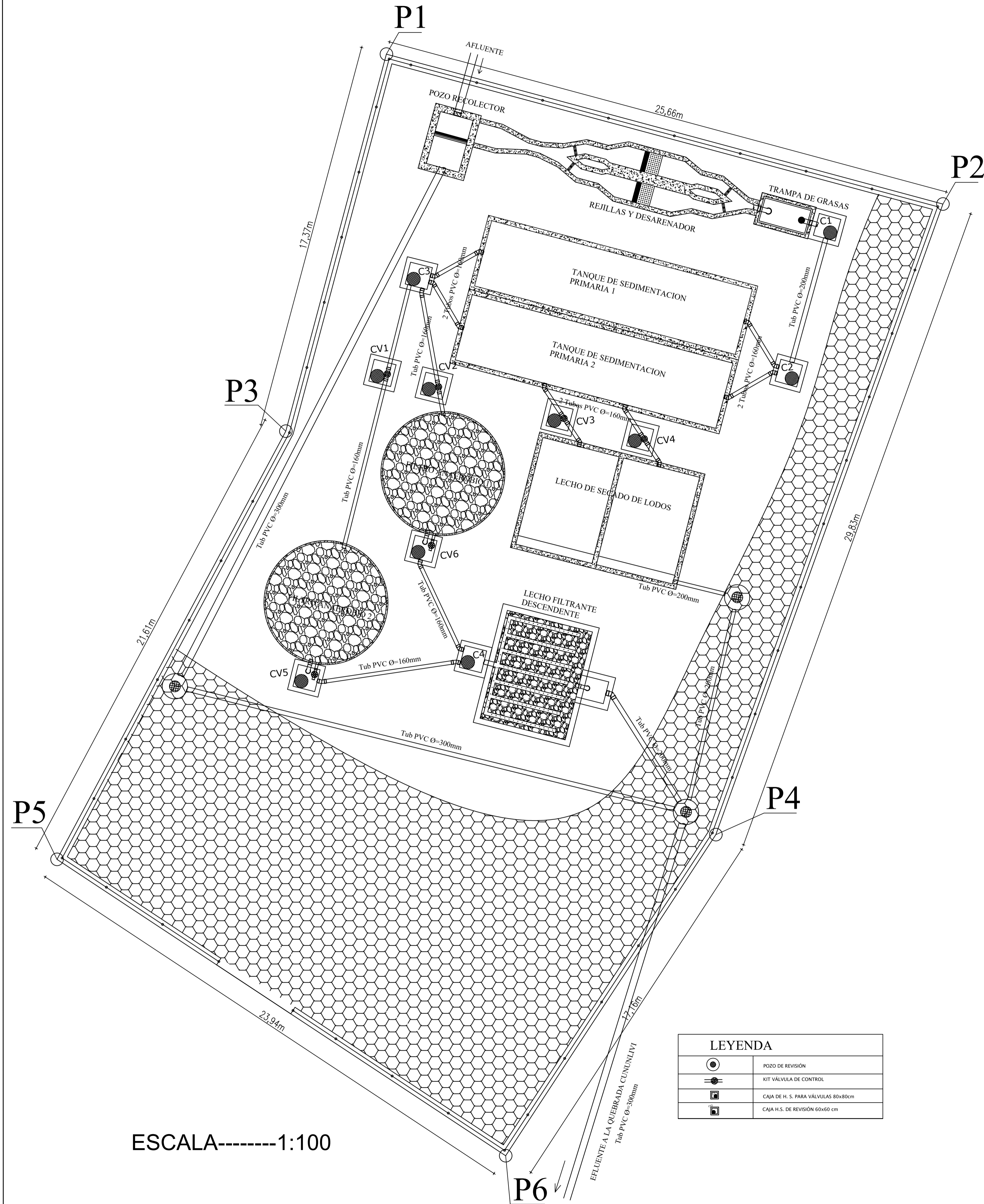


LEYENDA:

COORDENADAS DE LA PTAR			
PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
P1	774620.87	9869362.02	2780.00
P2	774645.78	9869359.56	2778.94
P3	774618.54	9869344.82	2779.77
P4	774641.57	9869330.05	2778.48
P5	774612.95	9869323.94	2778.50
P6	774634.75	9869314.29	2777.89

DIBUJO: DANIEL GUEVARA	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES TIALLOS
--------------------------------------	---

IMPLANTACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GARCÍA MORENO



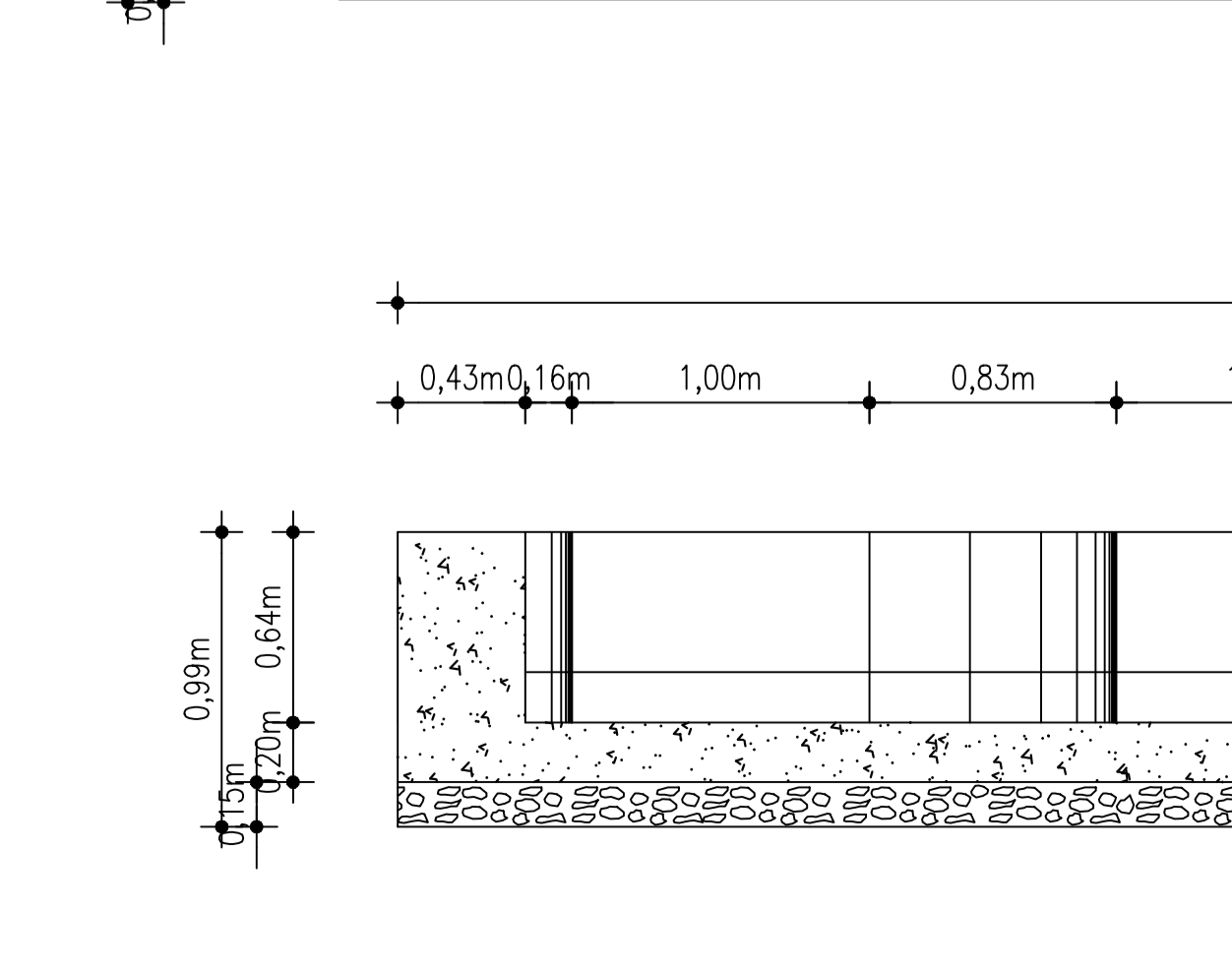
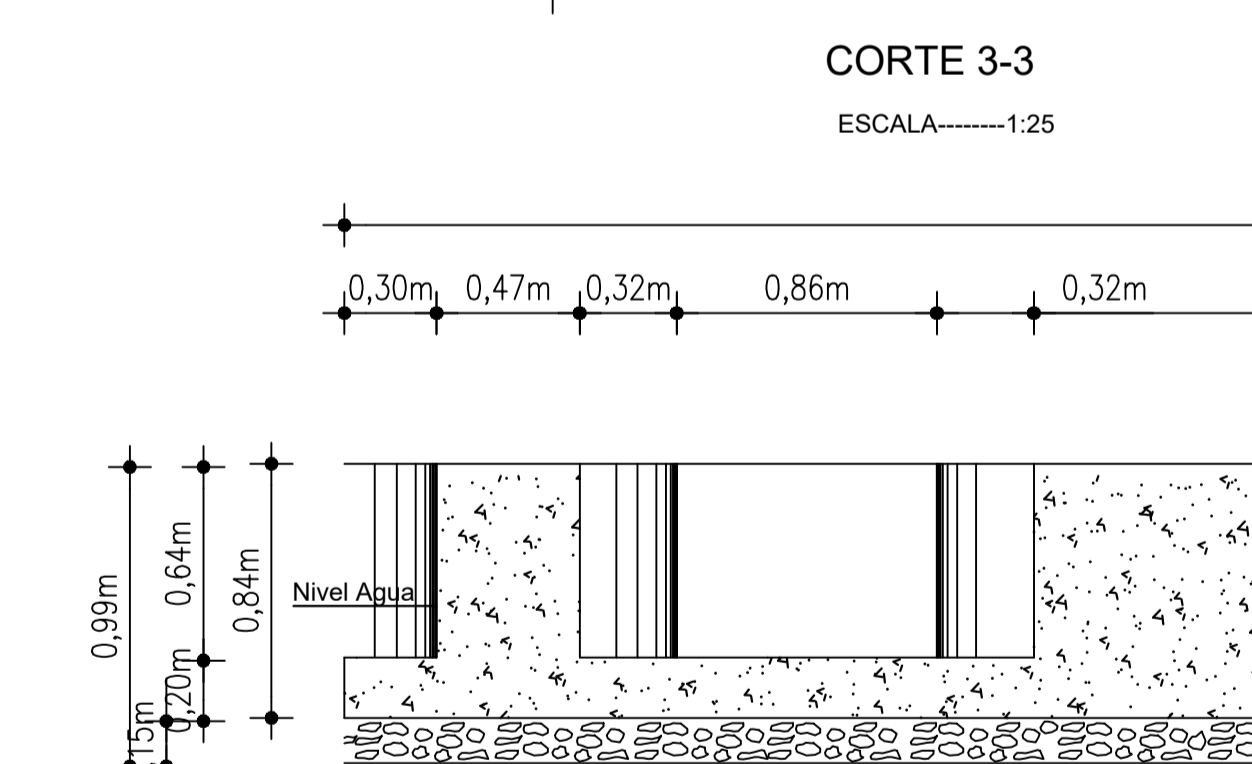
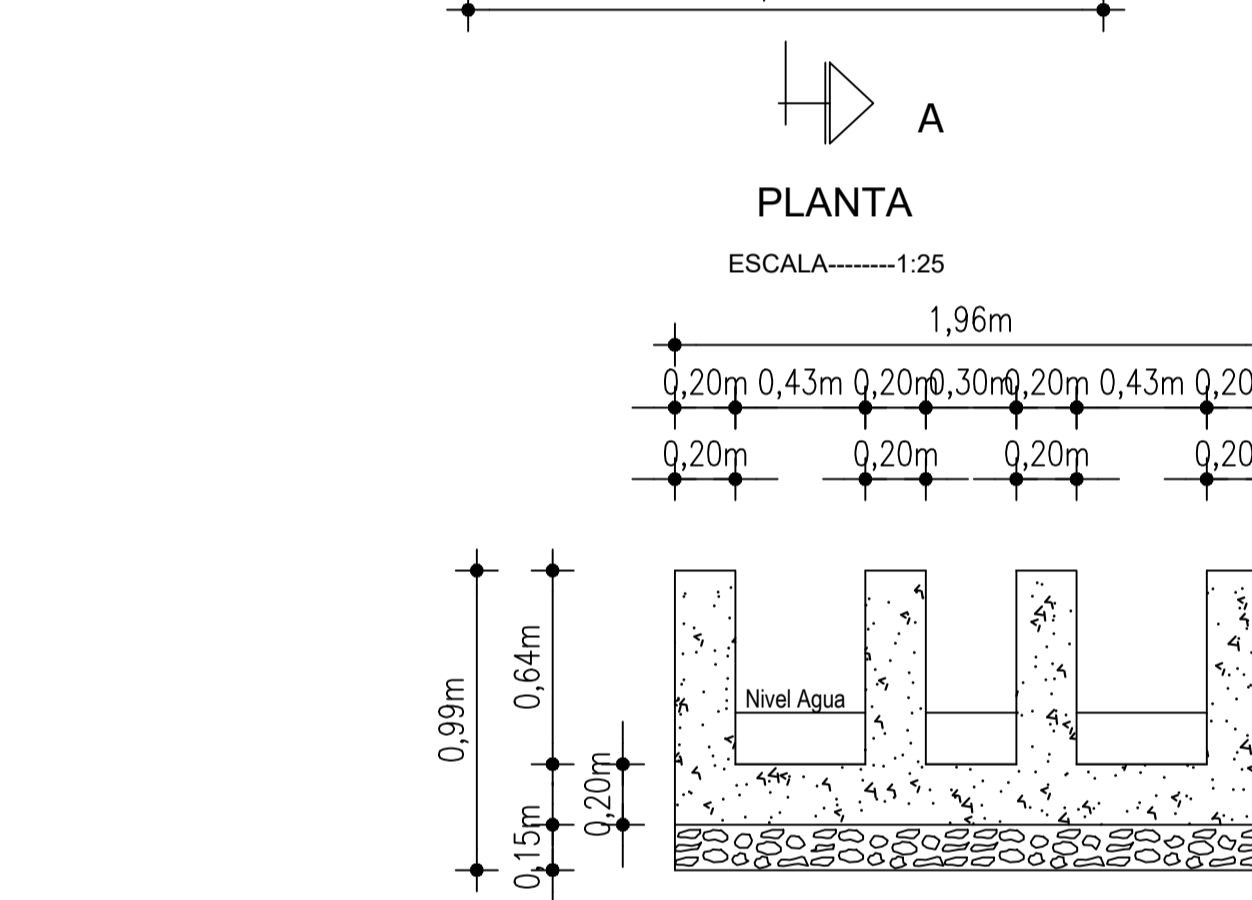
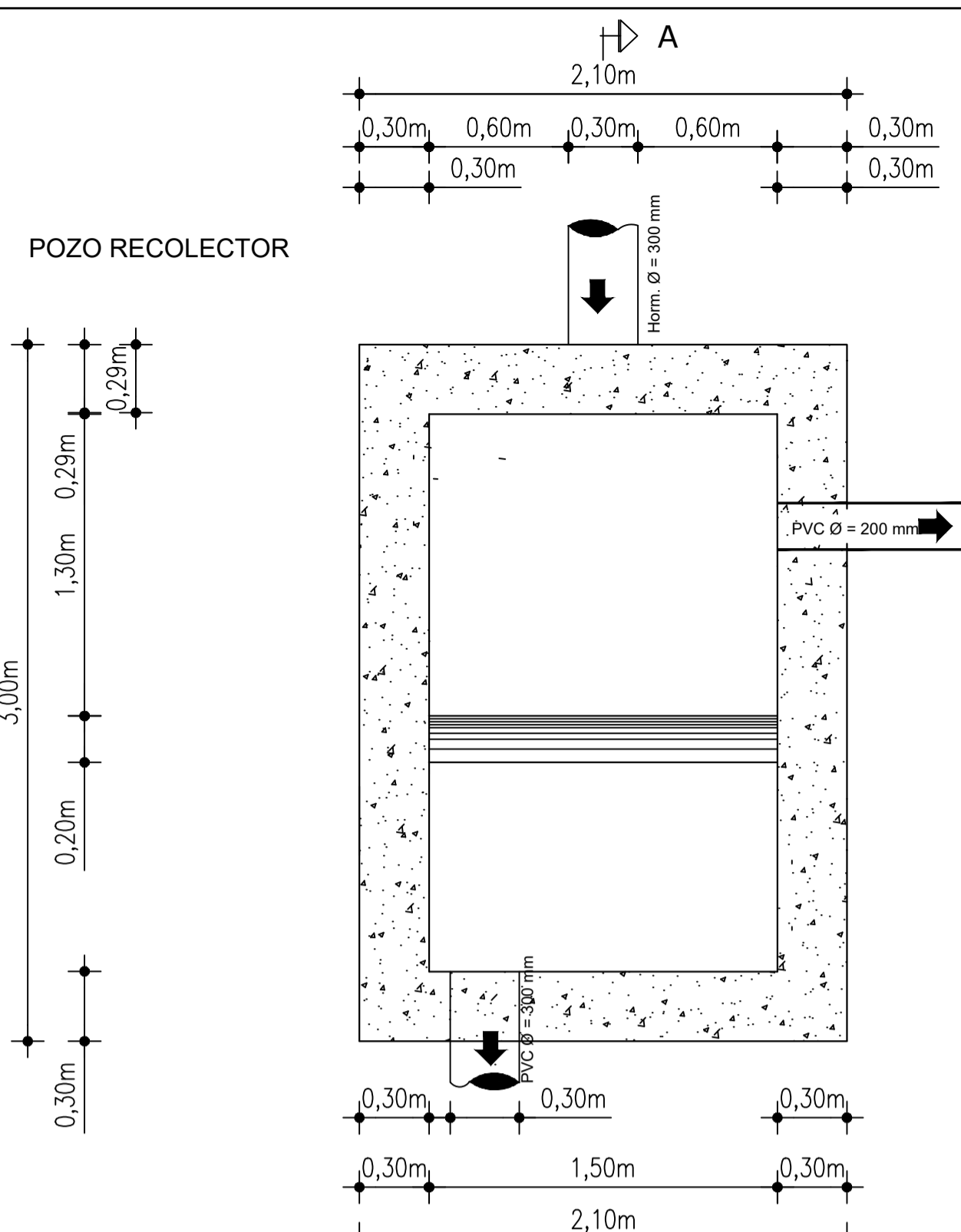
UBICACIÓN
ESCALA----- S/E

ESCALA-----1:100

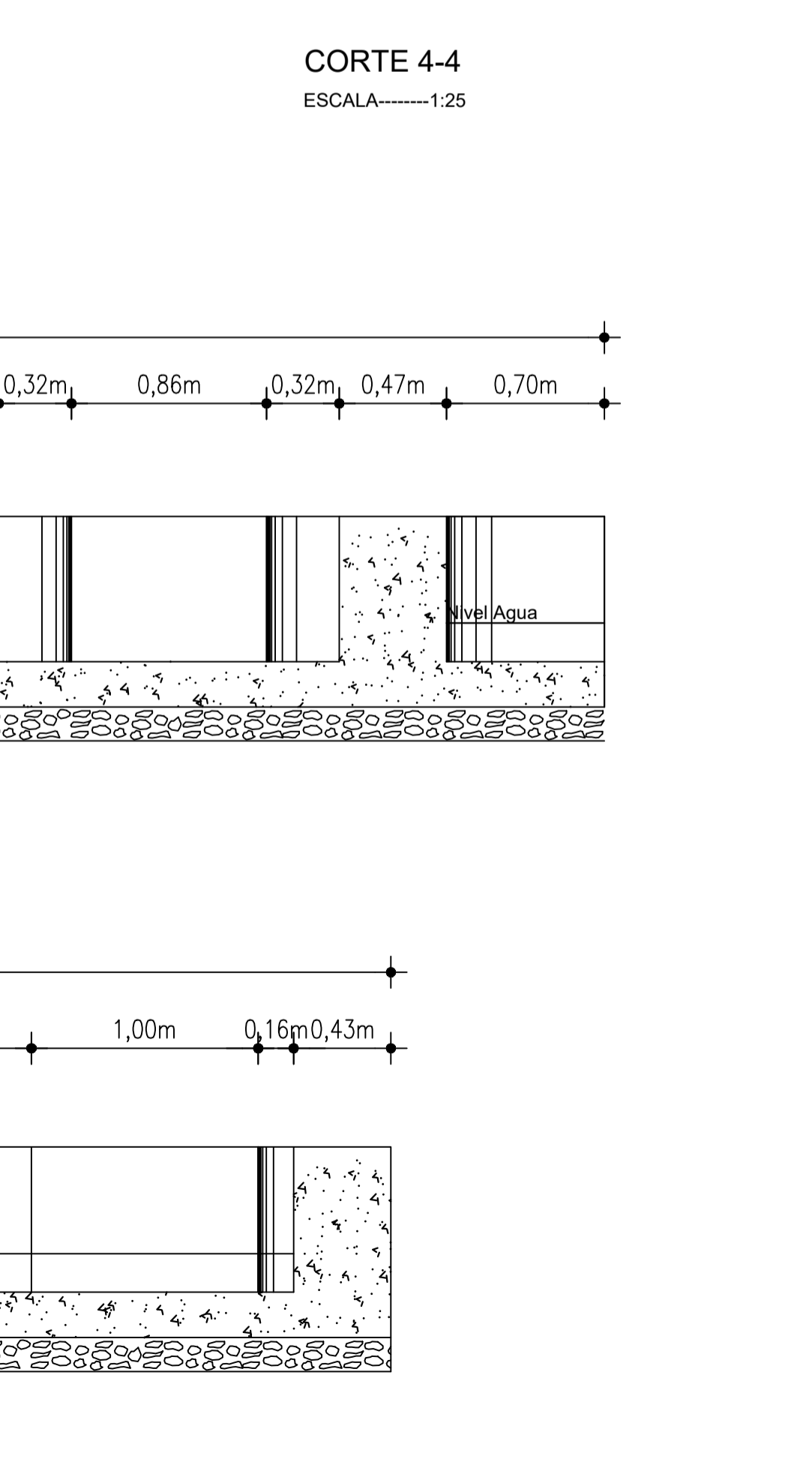
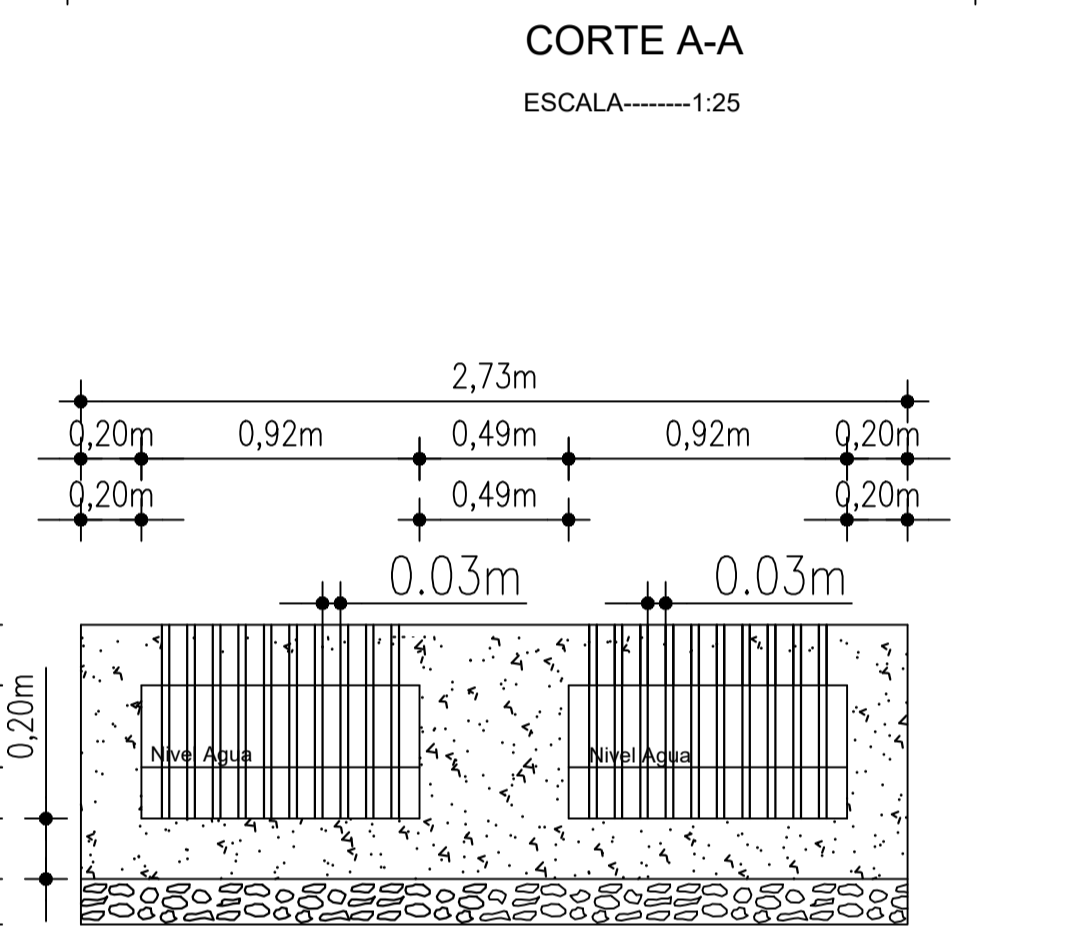
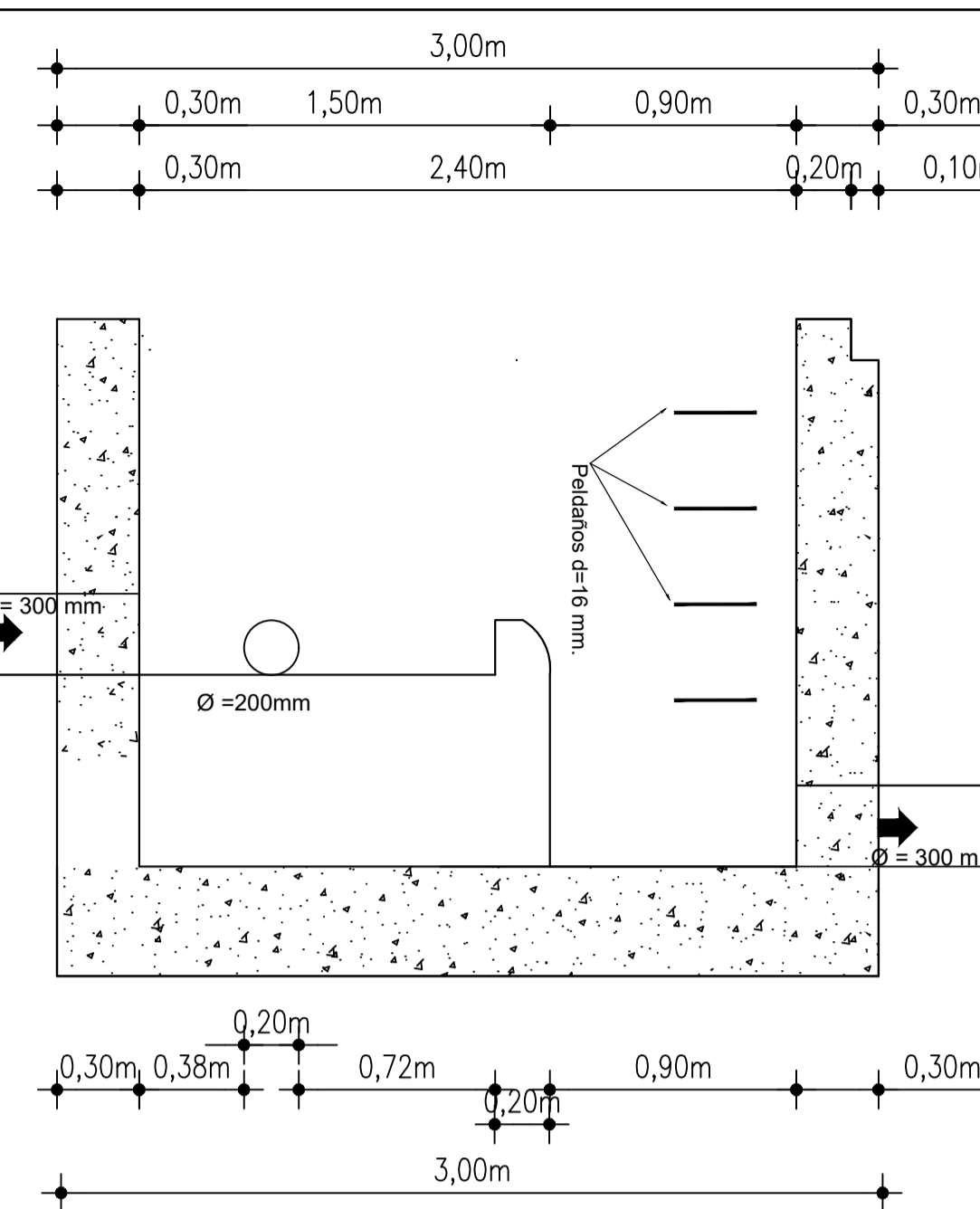
LEYENDA	
	POZO DE REVISIÓN
	KIT VÁLVULA DE CONTROL
	CAJA DE H. S. PARA VÁLVULAS 80x80cm
	CAJA H.S. DE REVISIÓN 60x60 cm

CUADRO DE COORDENADAS			
PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
P1	774620.87	9869362.02	2780.00
P2	774645.78	9869359.56	2778.94
P3	774618.54	9869344.82	2779.77
P4	774641.57	9869330.05	2778.48
P5	774612.95	9869323.94	2778.50
P6	774634.75	9869314.29	2777.89

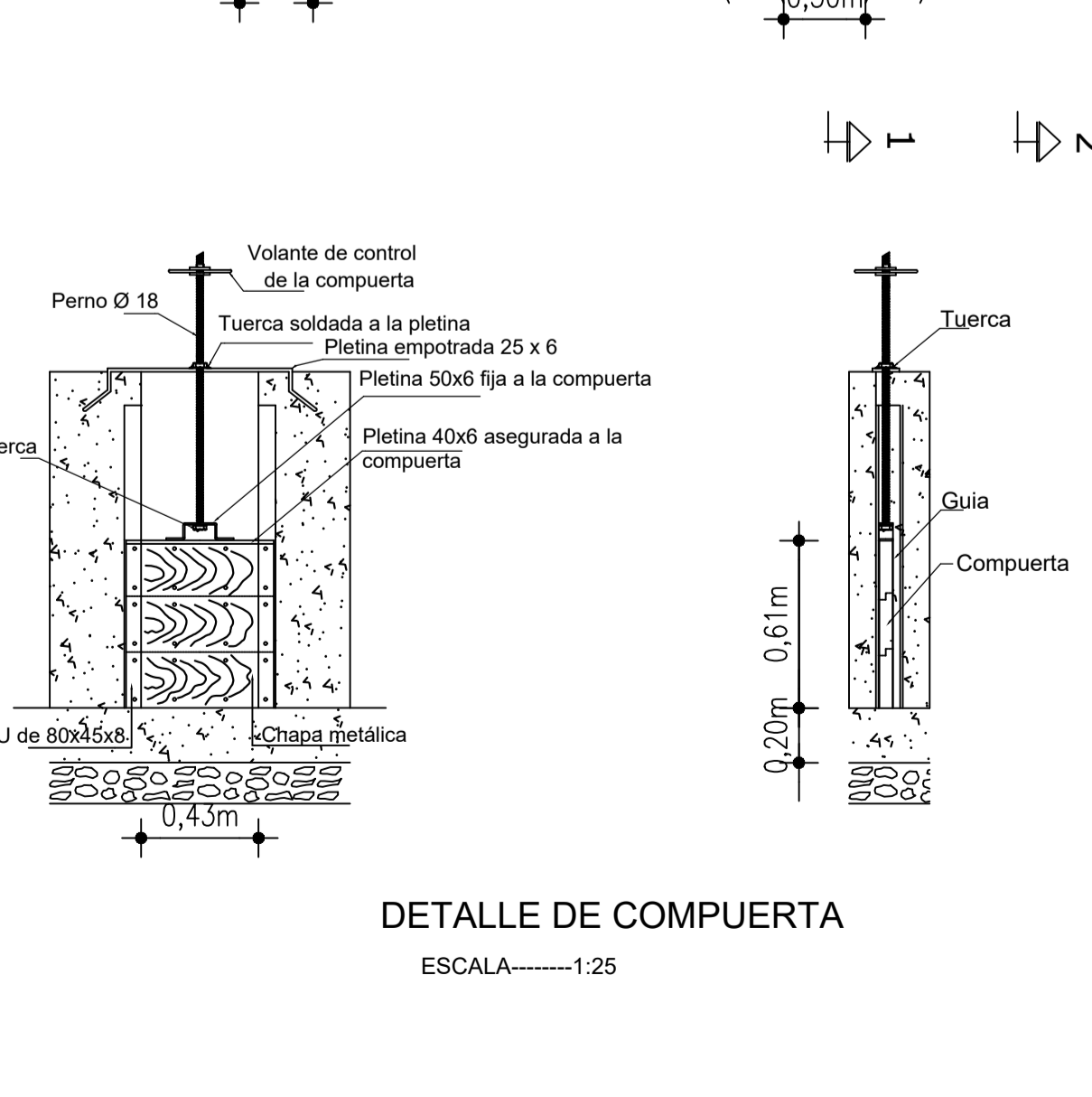
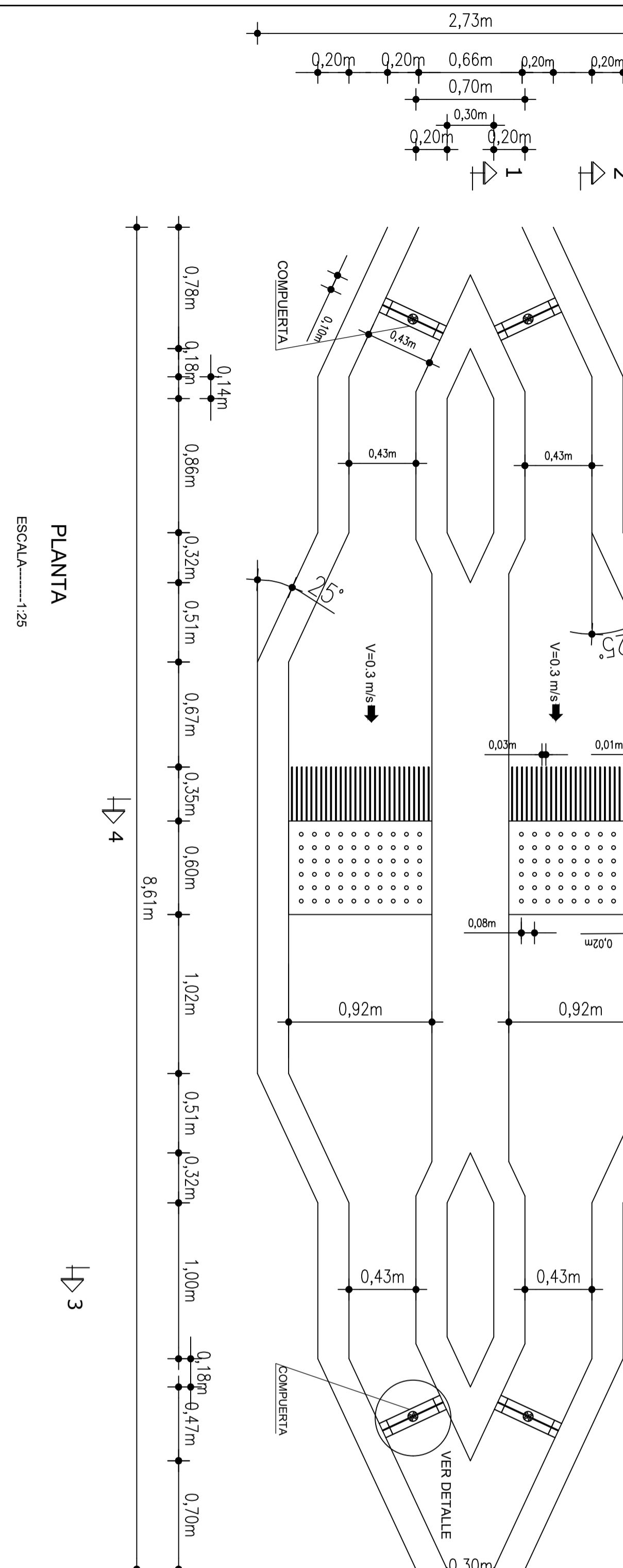
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
PROVINCIA: TUNGURAHUA	CANTÓN: PÍLLARO	SECTOR: GARCÍA MORENO
CONTIENE: IMPLANTACIÓN ACTUAL DE LA PTAR	ESCALA: LAS INDICADAS	FECHA: MARZO/2023
DIBUJO: DANIEL GUEVARA	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	LAMINA: 2 DE 5



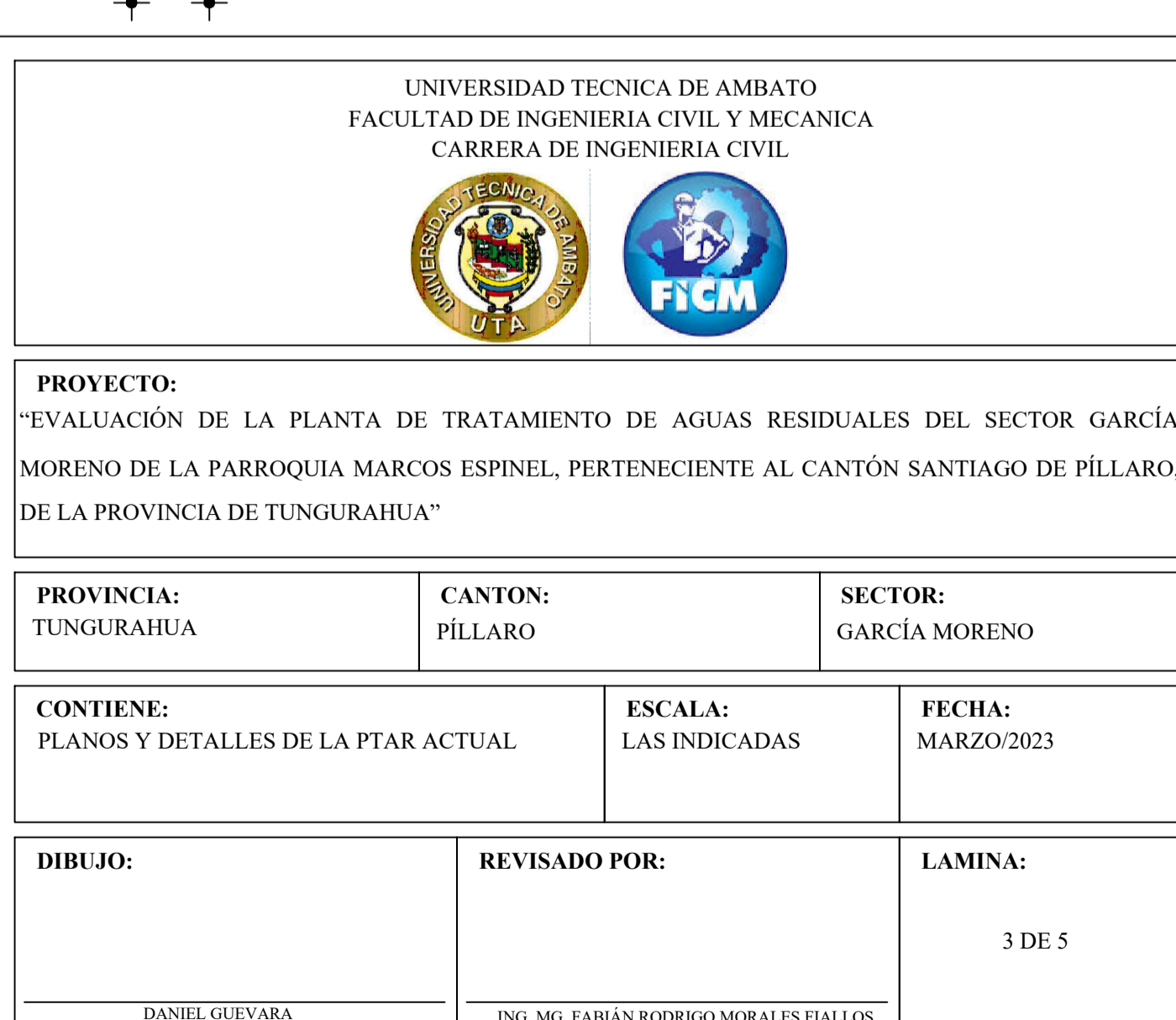
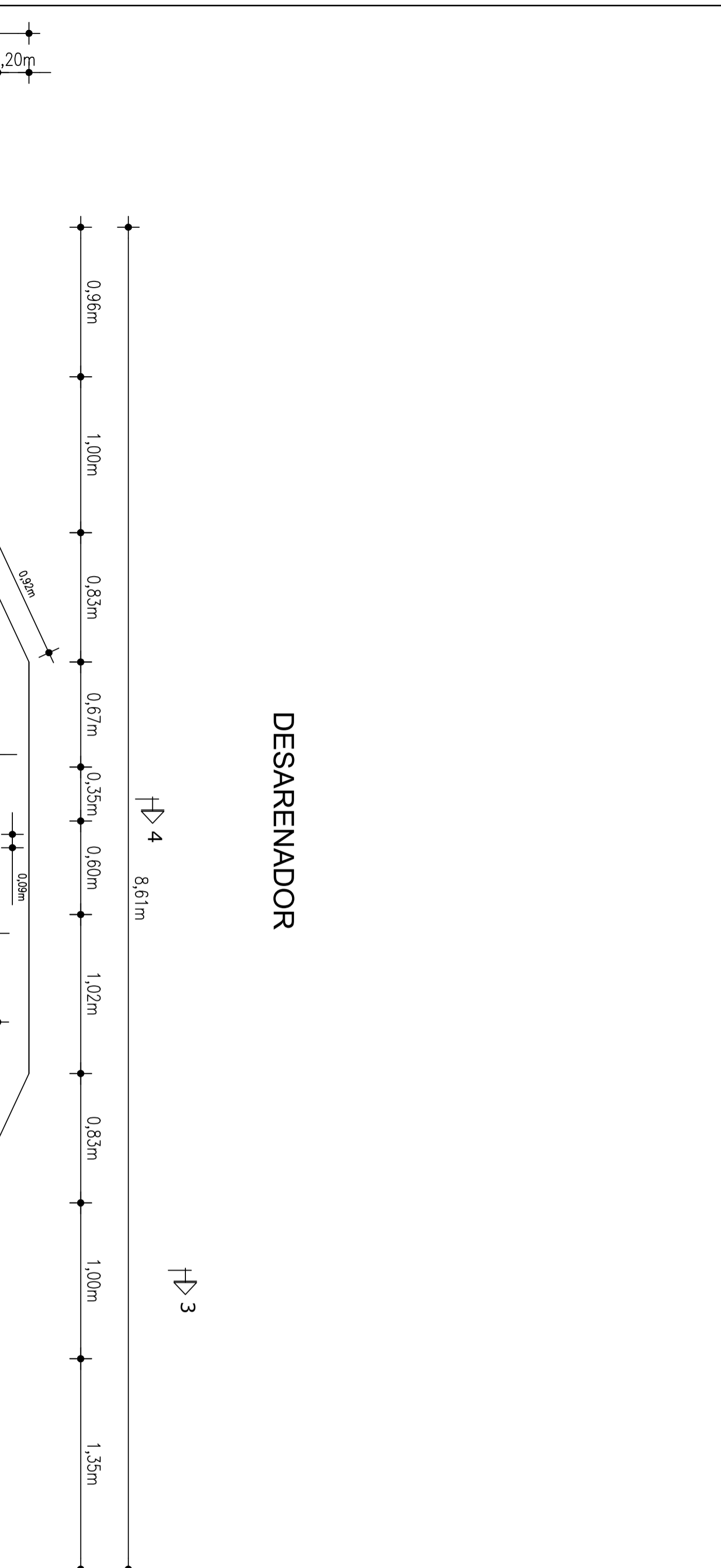
POZO RECOLECTOR
ESCALA: 1:25



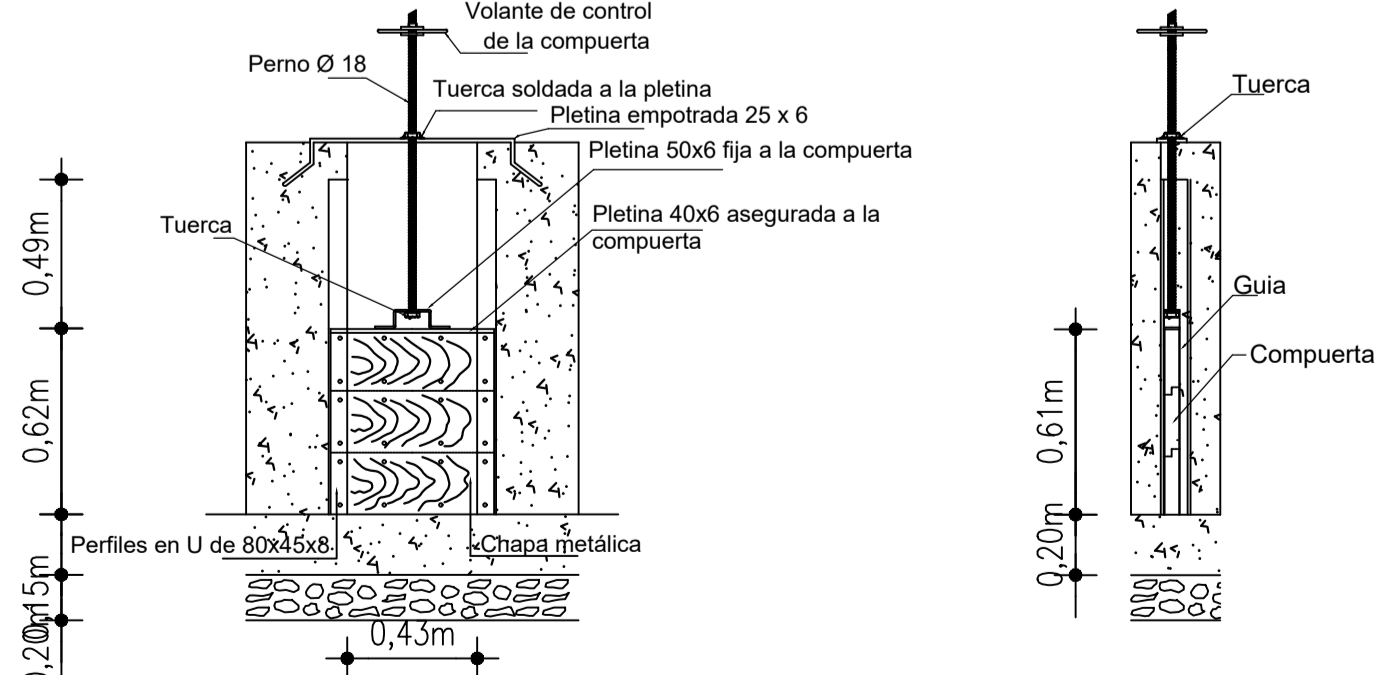
DESARENADOR
ESCALA: 1:25



DESARENADOR
ESCALA: 1:25



DESARENADOR
ESCALA: 1:25

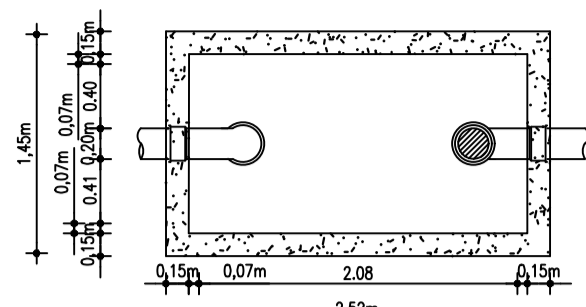


DETALLE DE COMPUERTA
ESCALA: 1:25

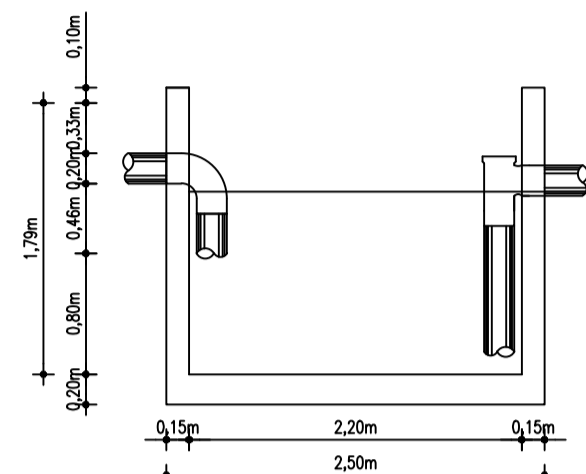
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		
		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
PROVINCIA: TUNGURAHUA	CANTON: PÍLLARO	SECTOR: GARCÍA MORENO
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL	ESCALA: LAS INDICADAS	FECHA: MARZO/2023
DIBUJO: DANIEL GUEVARA	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	LAMINA: 3 DE 5

TANQUE SEPTICO DE SEDIMENTACION PRIMARIA

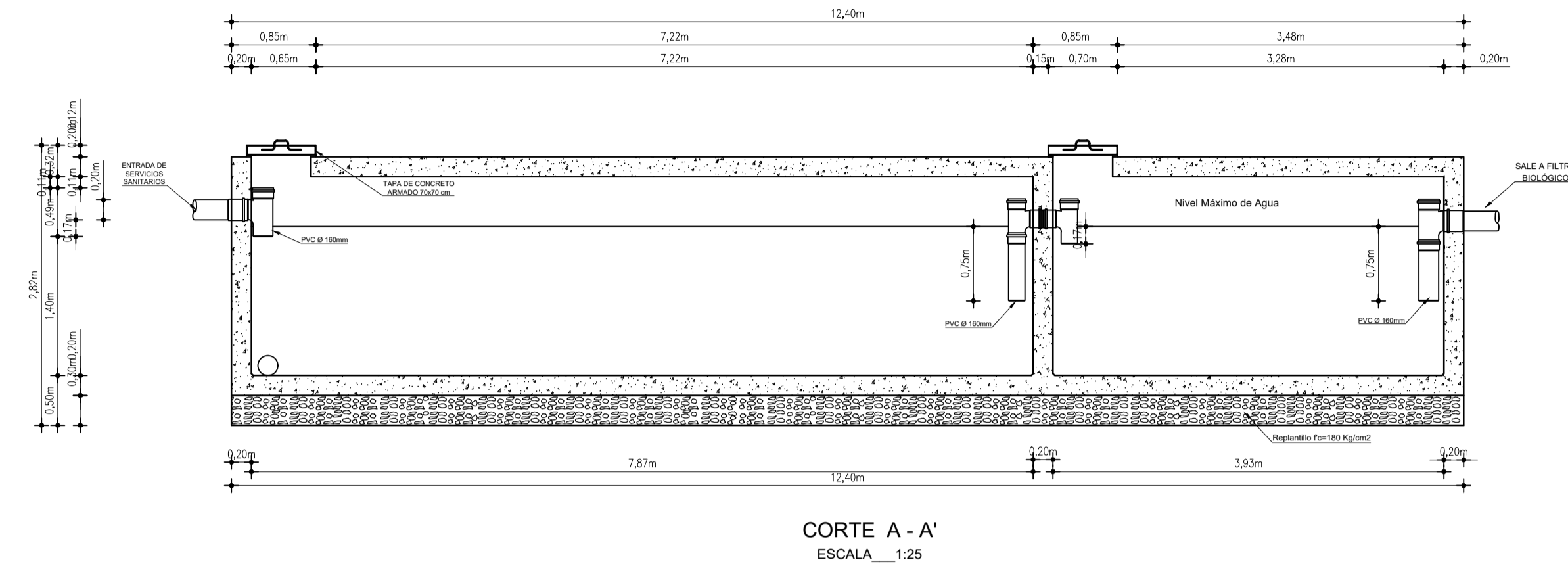
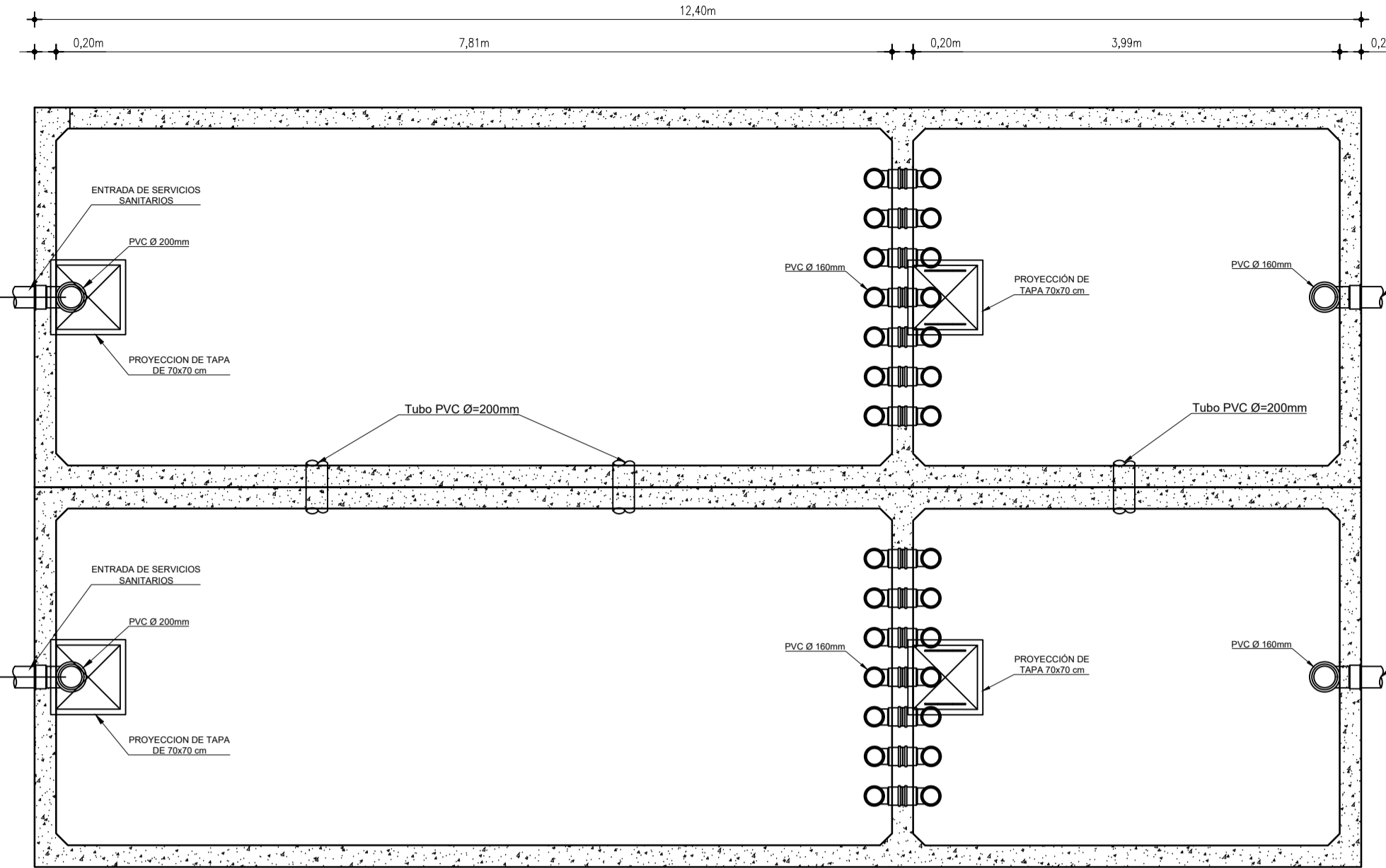
TRAMPA DE GRASAS



PLANTA ESCALA 1:50

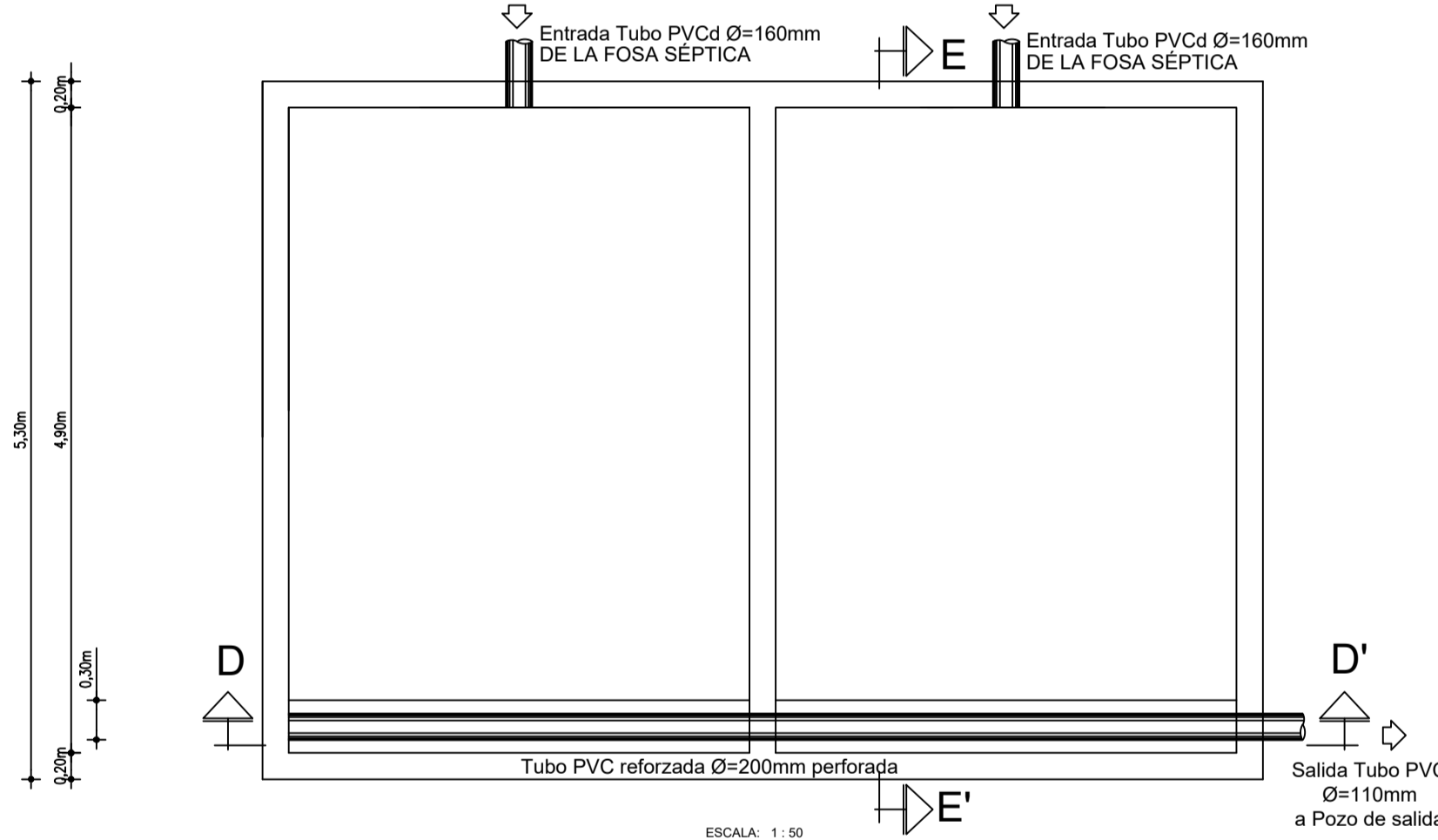
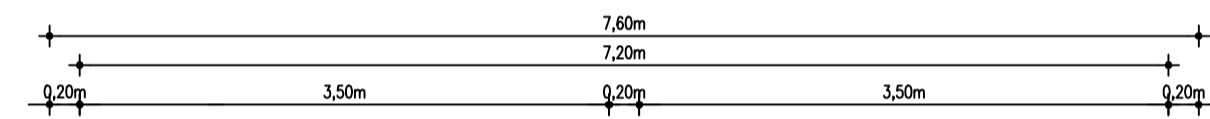


CORTE ESCALA 1:50

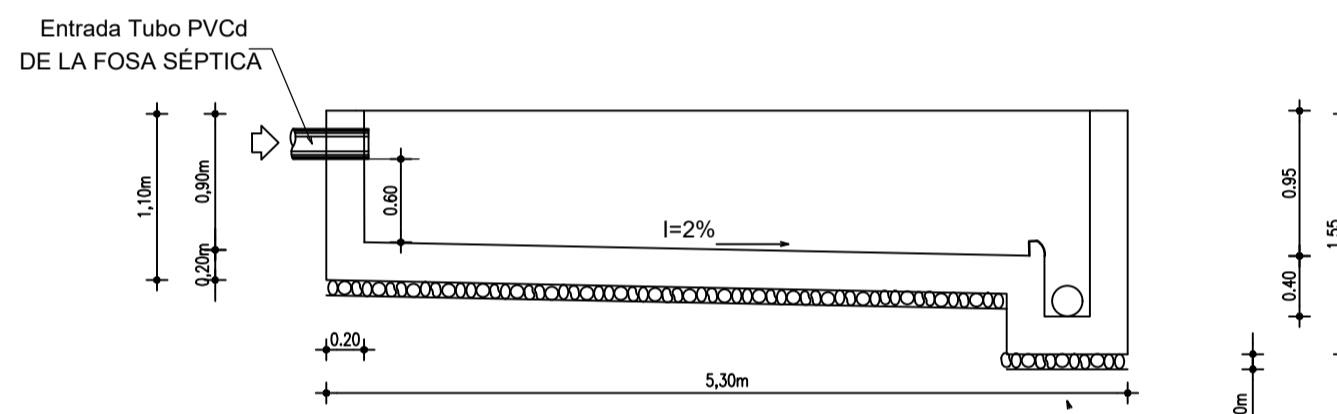


CORTE A - A' ESCALA 1:25

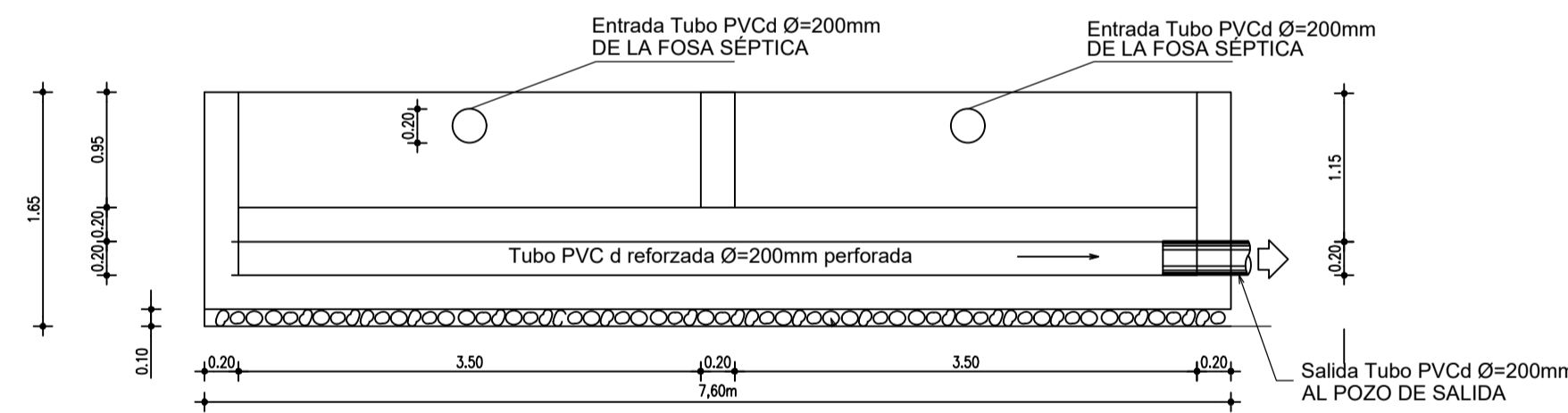
LECHO DE SECADO DE LODOS



ESCALA 1:50



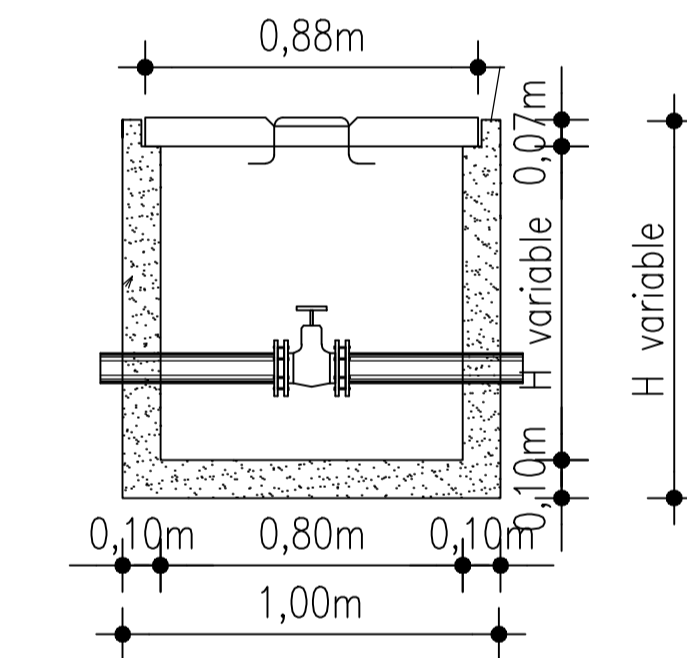
CORTE E - E' ESCALA 1:50



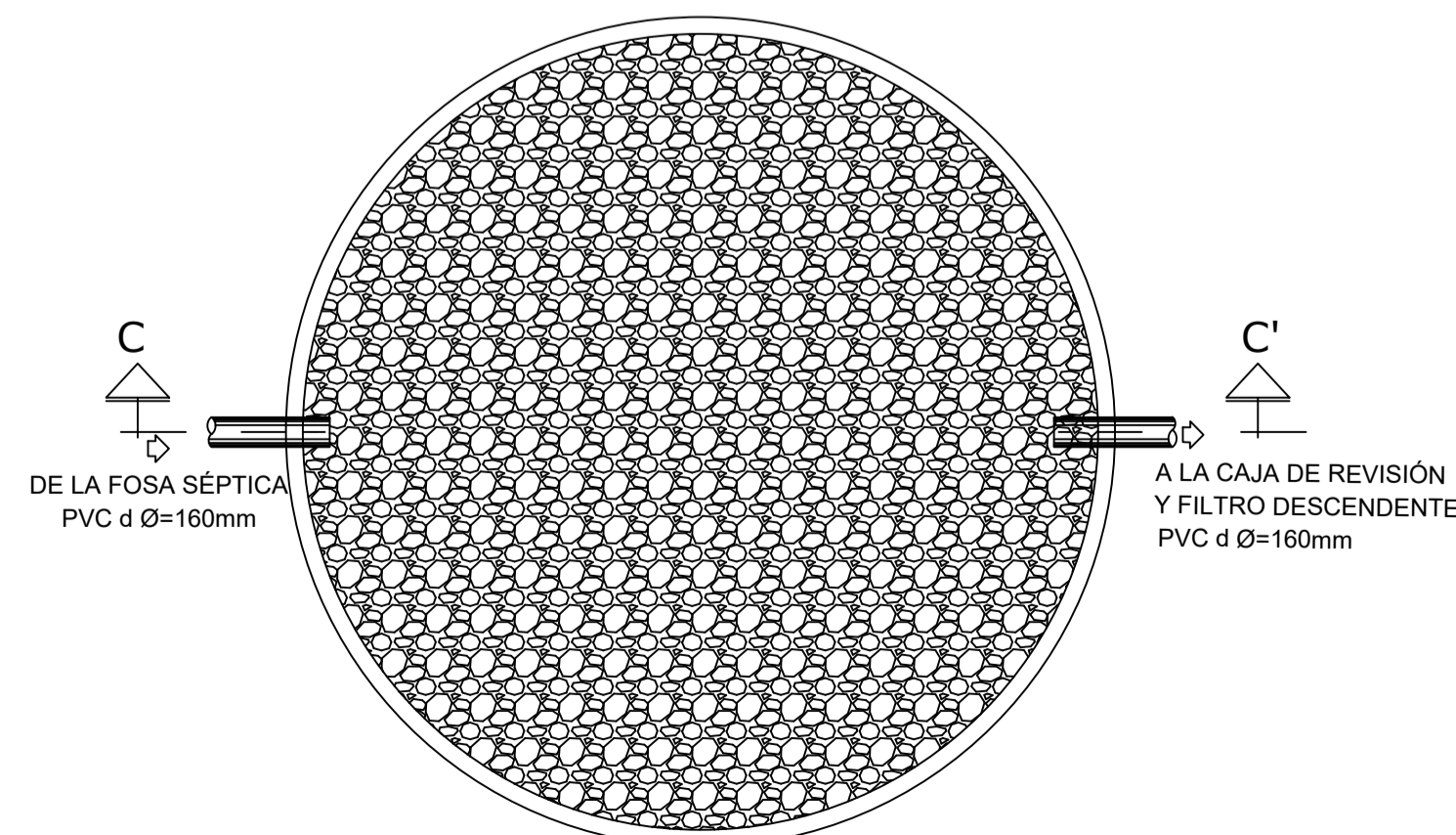
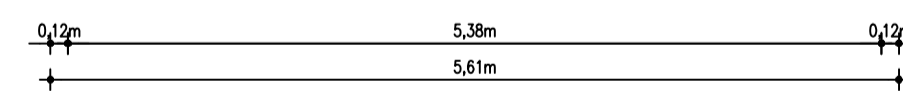
CORTE D - D' ESCALA 1:50

CAJA PARA VÁLVULAS

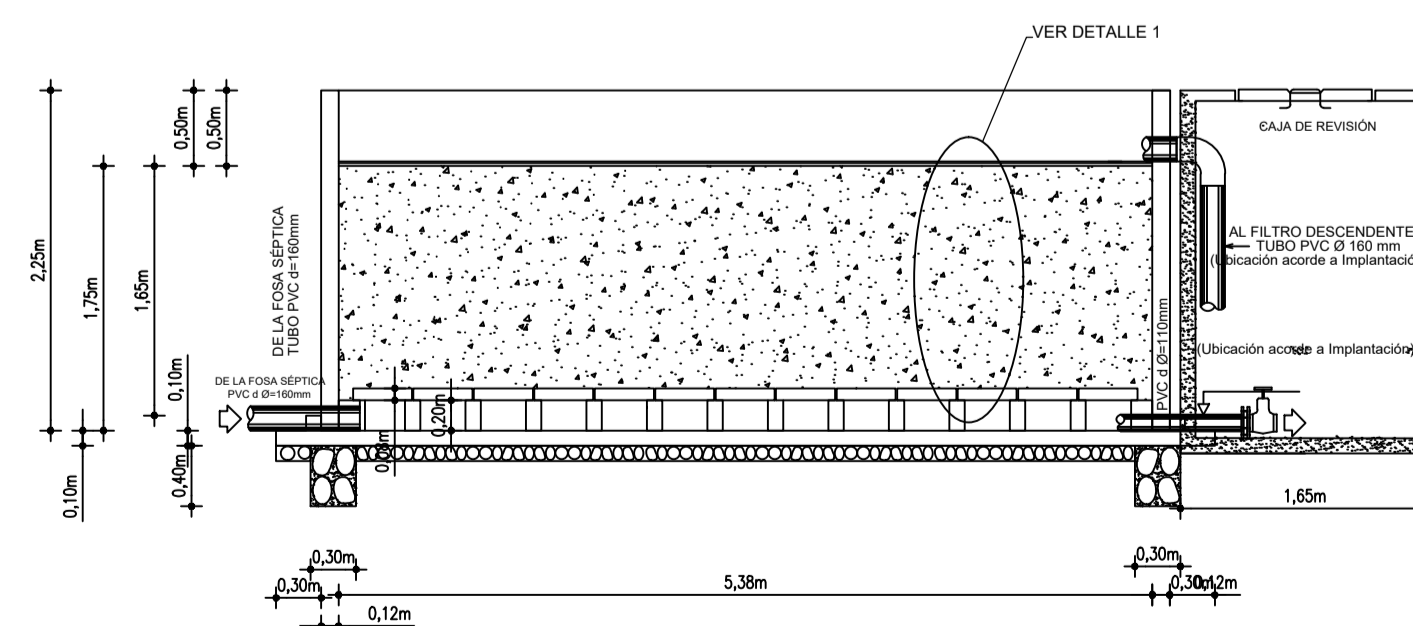
ESCALA 1:20



FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE 1 Y 2



PLANTA ESCALA 1:50

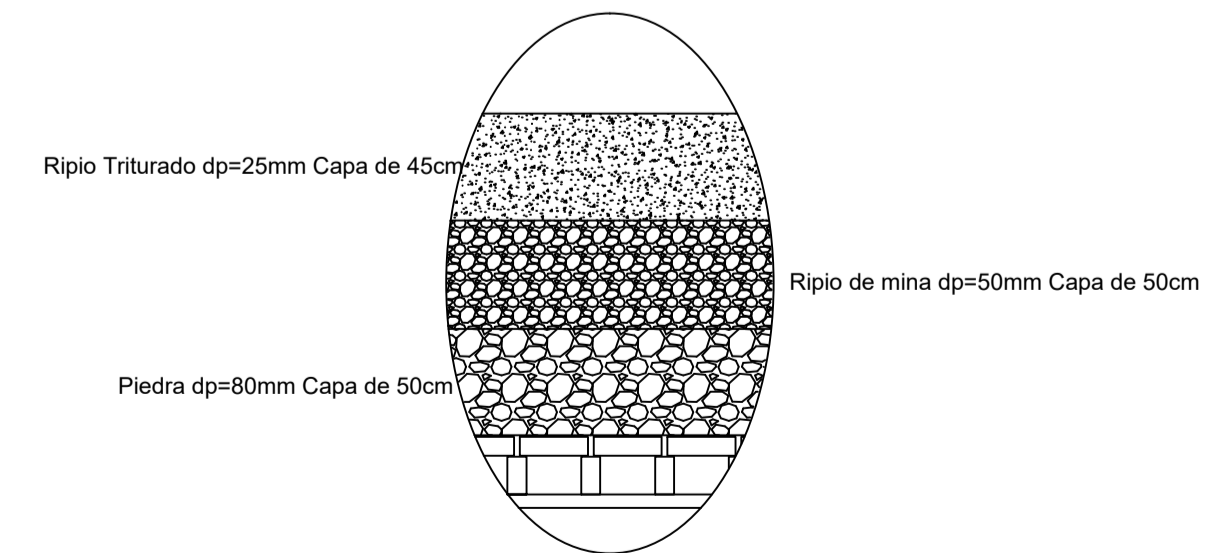


CORTE C-C' DEL FILTRO ANAEROBIO

ESCALA 1:50

Especificaciones del Material del Relleno del Filtro.

- LOS PÉTREOS SERÁN LIMPIOS DE TIERRAS, ARENAS, MATERIAL ORGÁNICO Y/O BASURAS
- PIEDRA dp=80mm: SUS DIÁMETROS PUEDEN VARIAR DESDE 100mm A LOS 60mm
- RIPIO DE MINA dp=50mm: SU DIÁMETRO PUEDE VARIAR DESDE 60mm A LOS 30mm
- RIPIO TRITURADO dp=25mm: SU DIÁMETRO PUEDE VARIAR DESDE 30mm A LOS 15mm
- PARA LOGRAR ESTA GRANULOMETRÍA SE TENDRÁ QUE TAMIZAR LOS MATERIALES Y DESECHAR LOS QUE NO ESTEN DENTRO DE LOS RANGOS



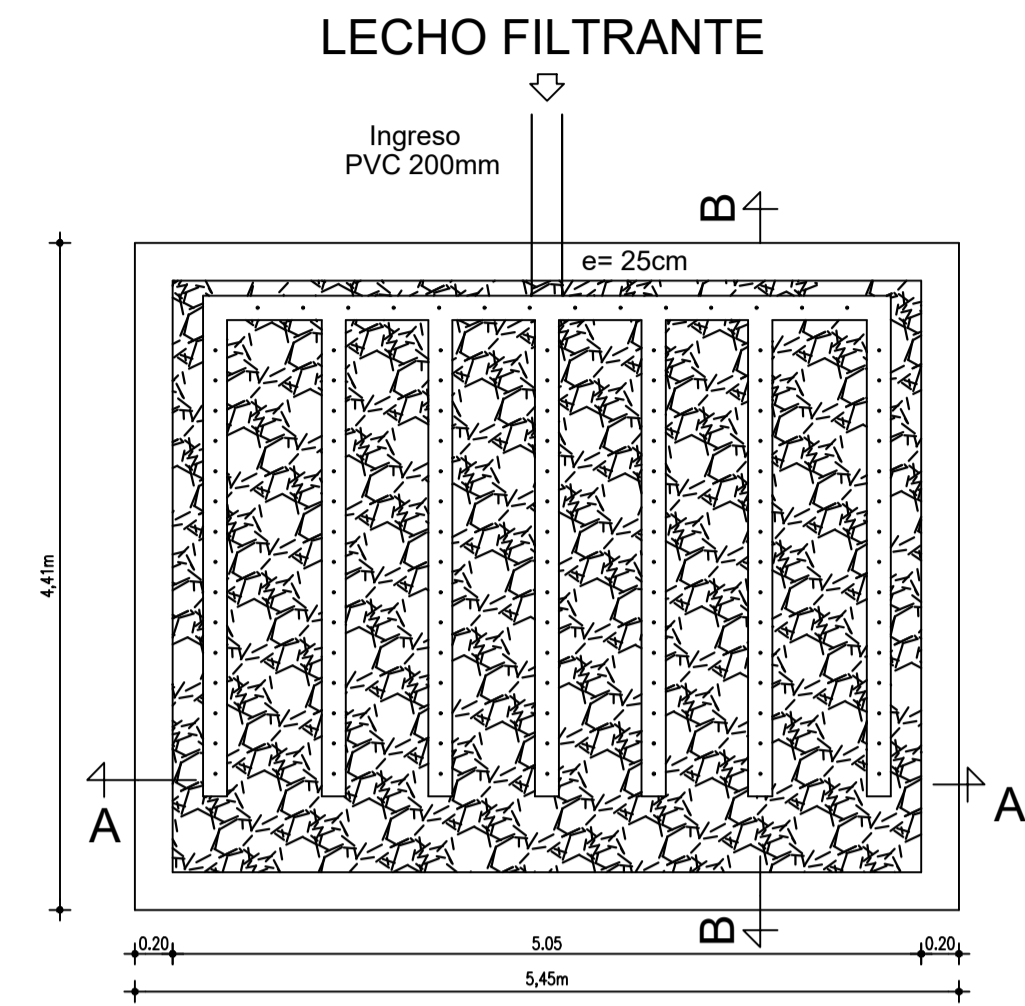
DETALLE 1

ESCALA S/E

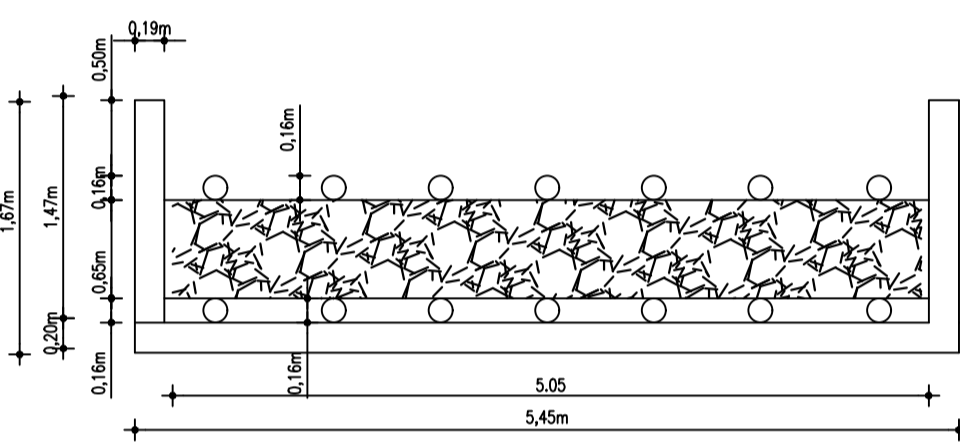
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"		
PROVINCIA: TUNGURAHUA	CANTÓN: PÍLLARO	SECTOR: GARCÍA MORENO
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL	ESCALA: LAS INDICADAS	FECHA: MARZO/2023
DIBUJO: DANIEL GUEVARA	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	LAMINA: 4 DE 5

IMPLEMENTACION DE CUBIERTA LECHO FILTRANTE

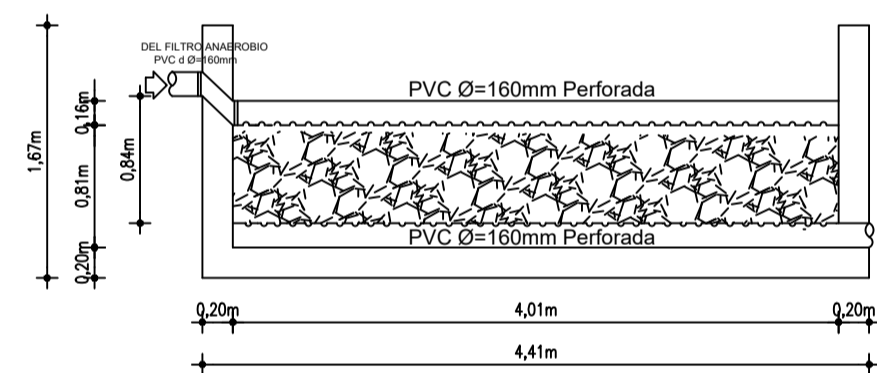
IMPLEMENTACION DE CUBIERTA LECHO DE SECADO DE LODOS



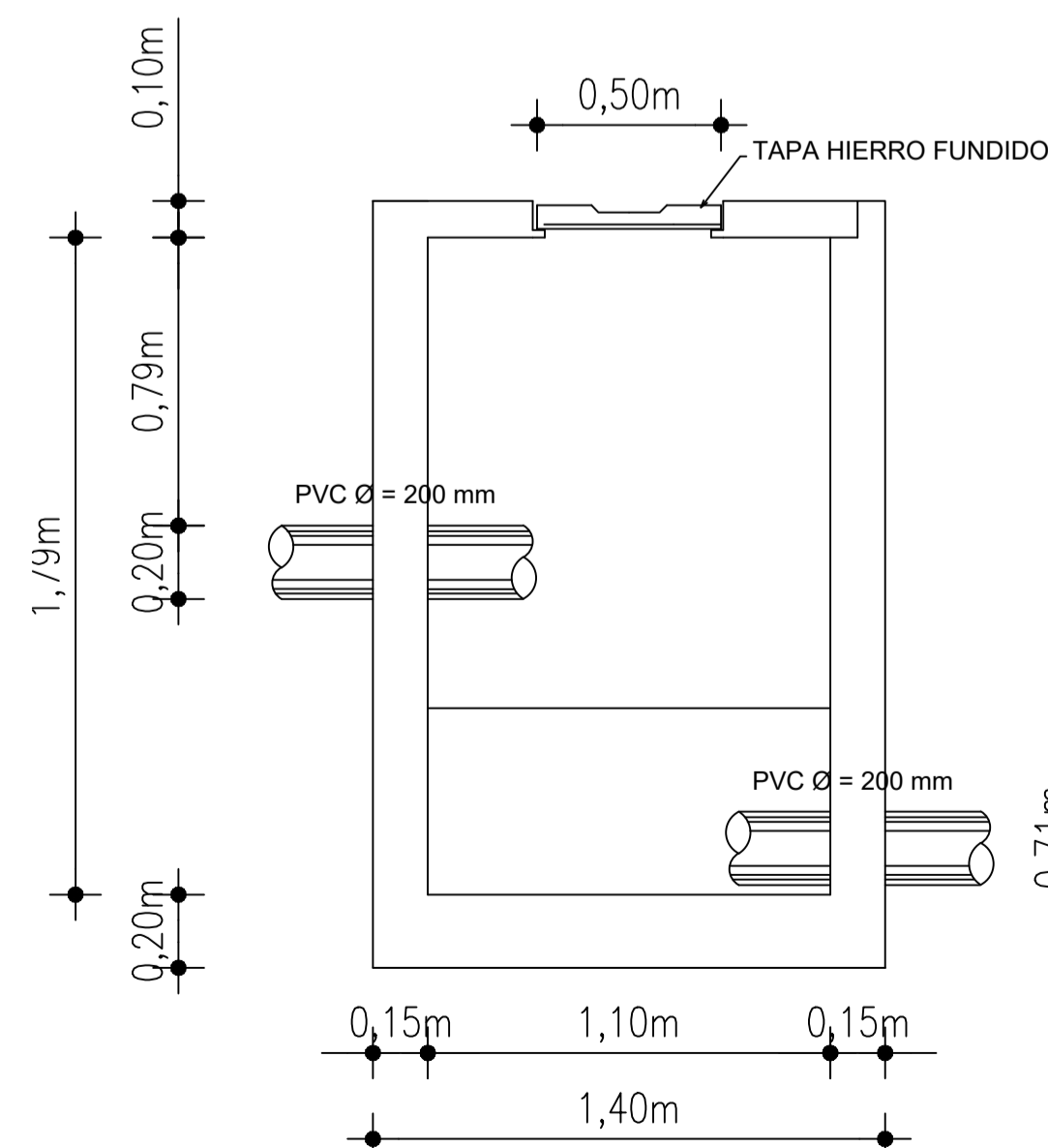
PLANTA
ESCALA: 1:50



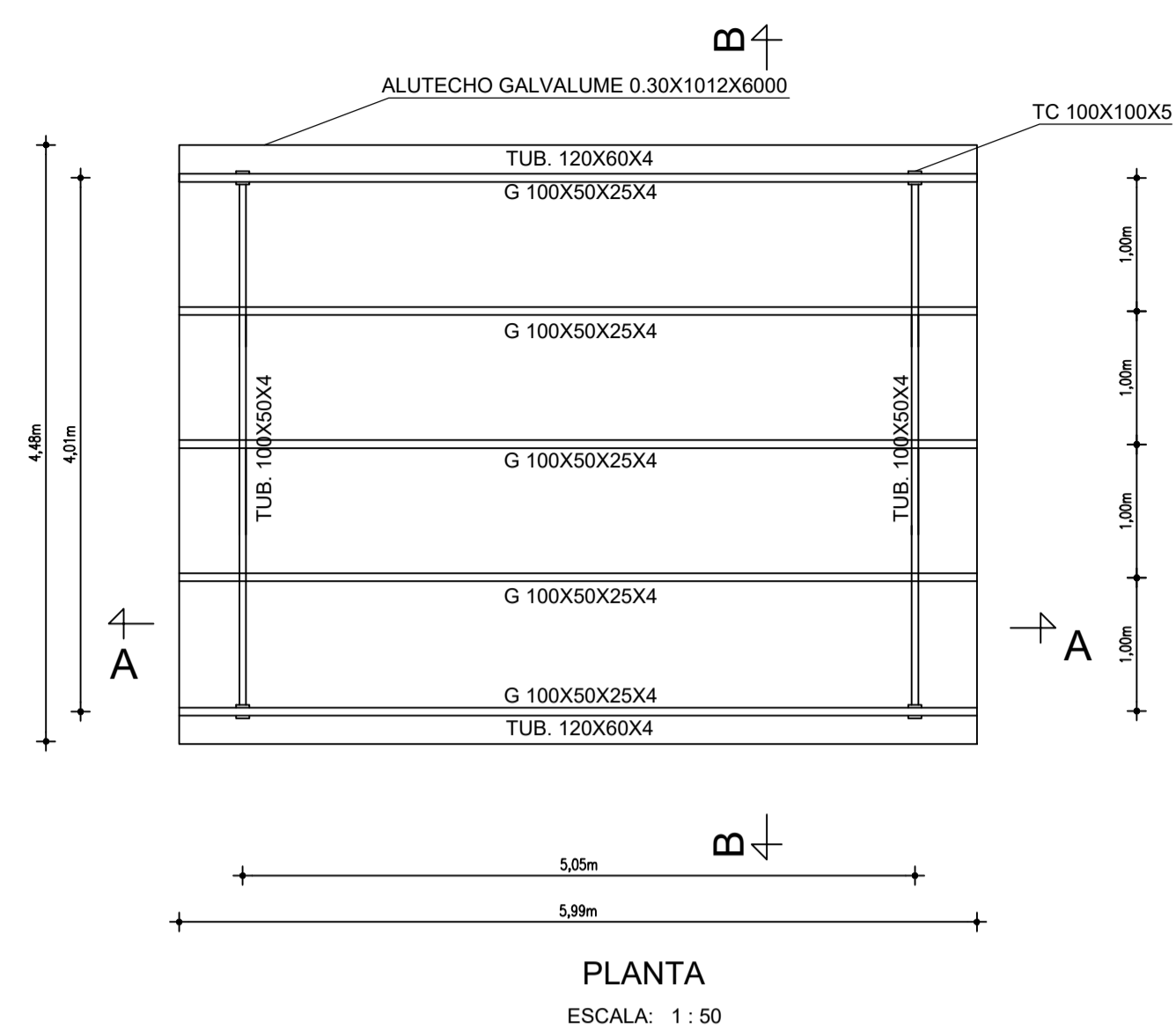
CORTE A - A'
ESCALA: 1:50



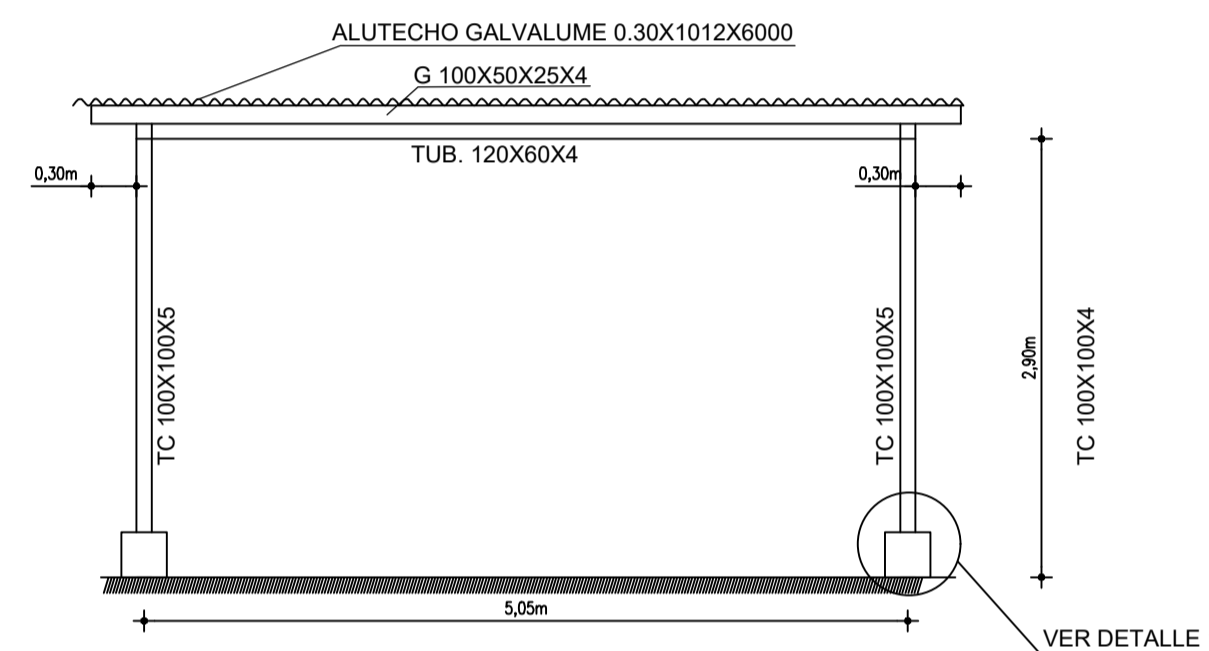
CORTE B - B'
ESCALA: 1:50



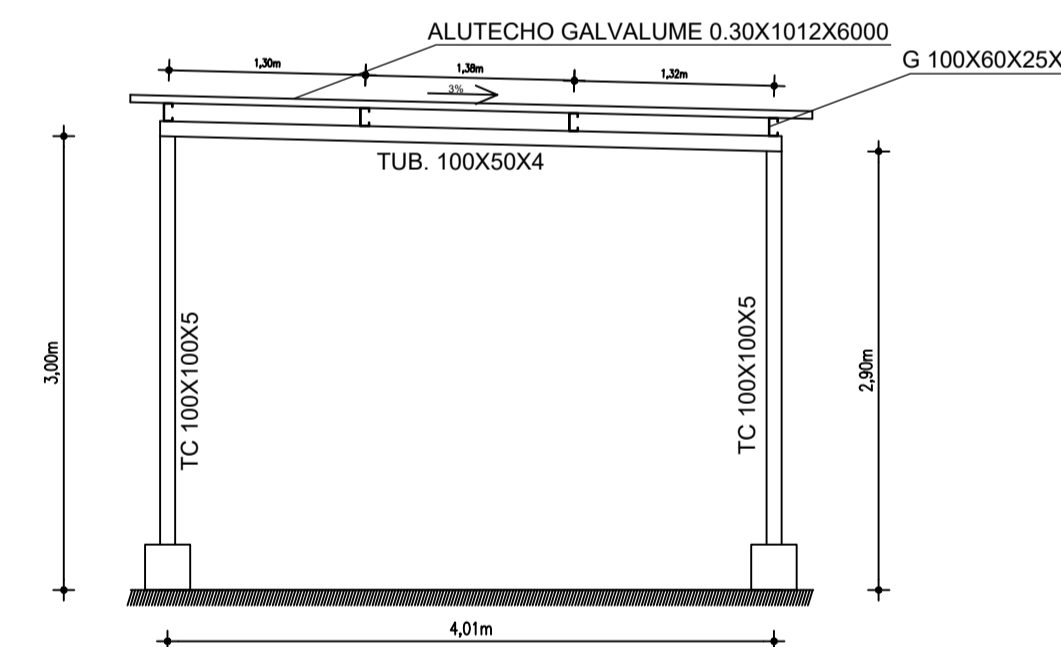
ESCALA: 1:50



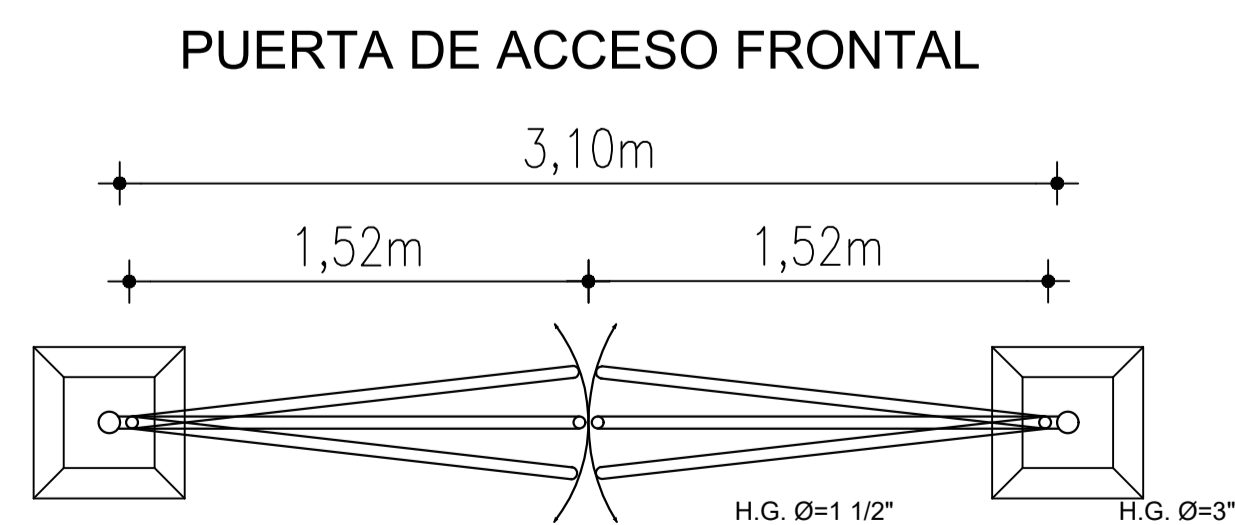
PLANTA
ESCALA: 1:50



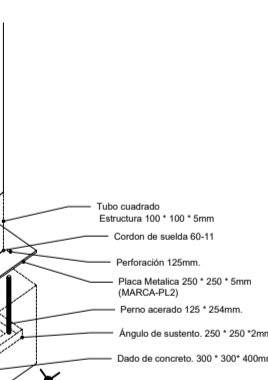
CORTE A-A'
ESCALA: 1:50



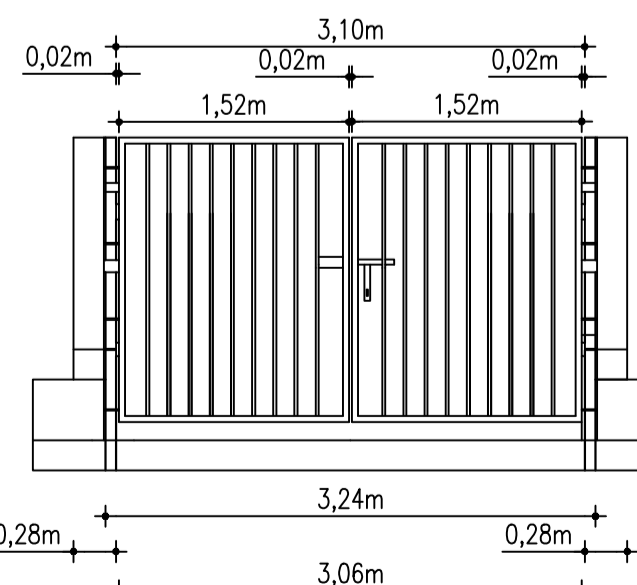
CORTE B-B'
ESCALA: 1:50



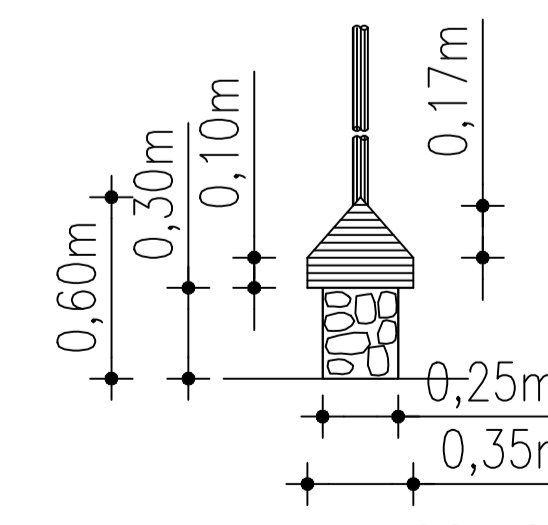
PLANTA
ESCALA: 1:25



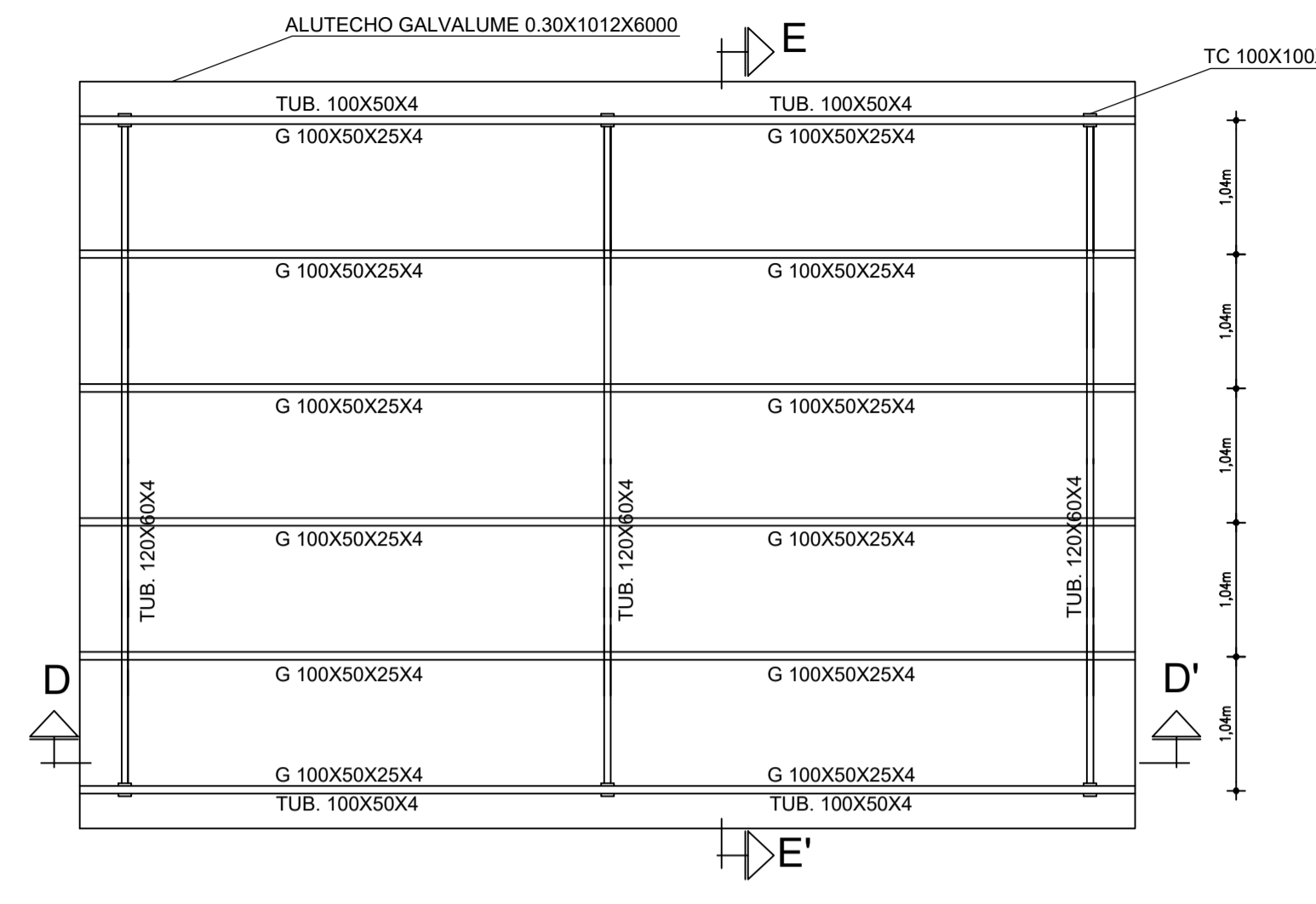
DETALLE 1
ESCALA: S/E



DETALLE DE PUERTA
ESCALA: 1:50

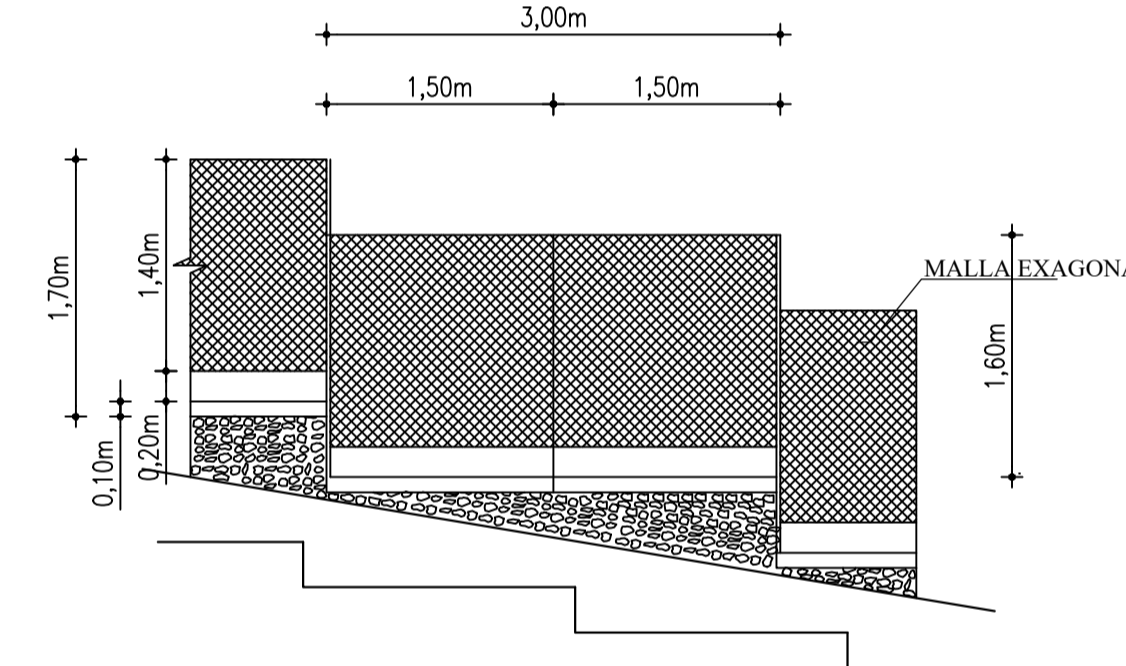


DETALLE DE ZOCALO
ESCALA: 1:25

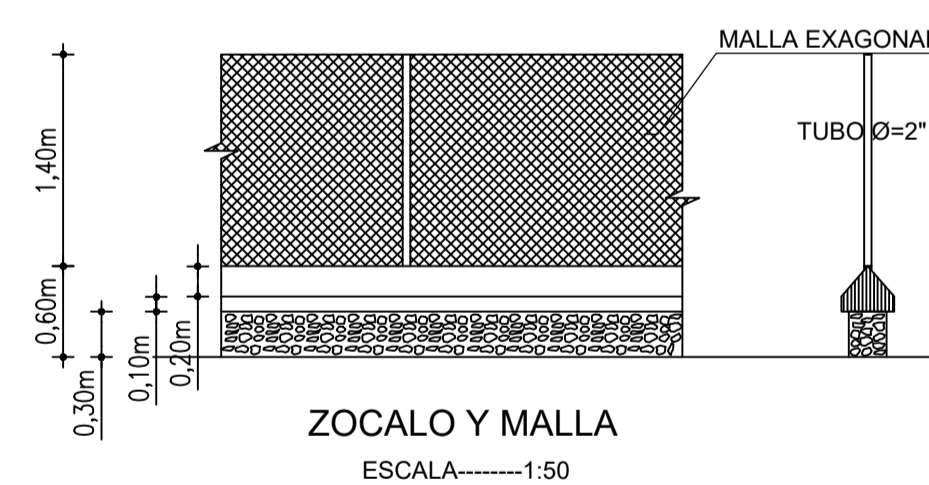


PLANTA
ESCALA: 1:50

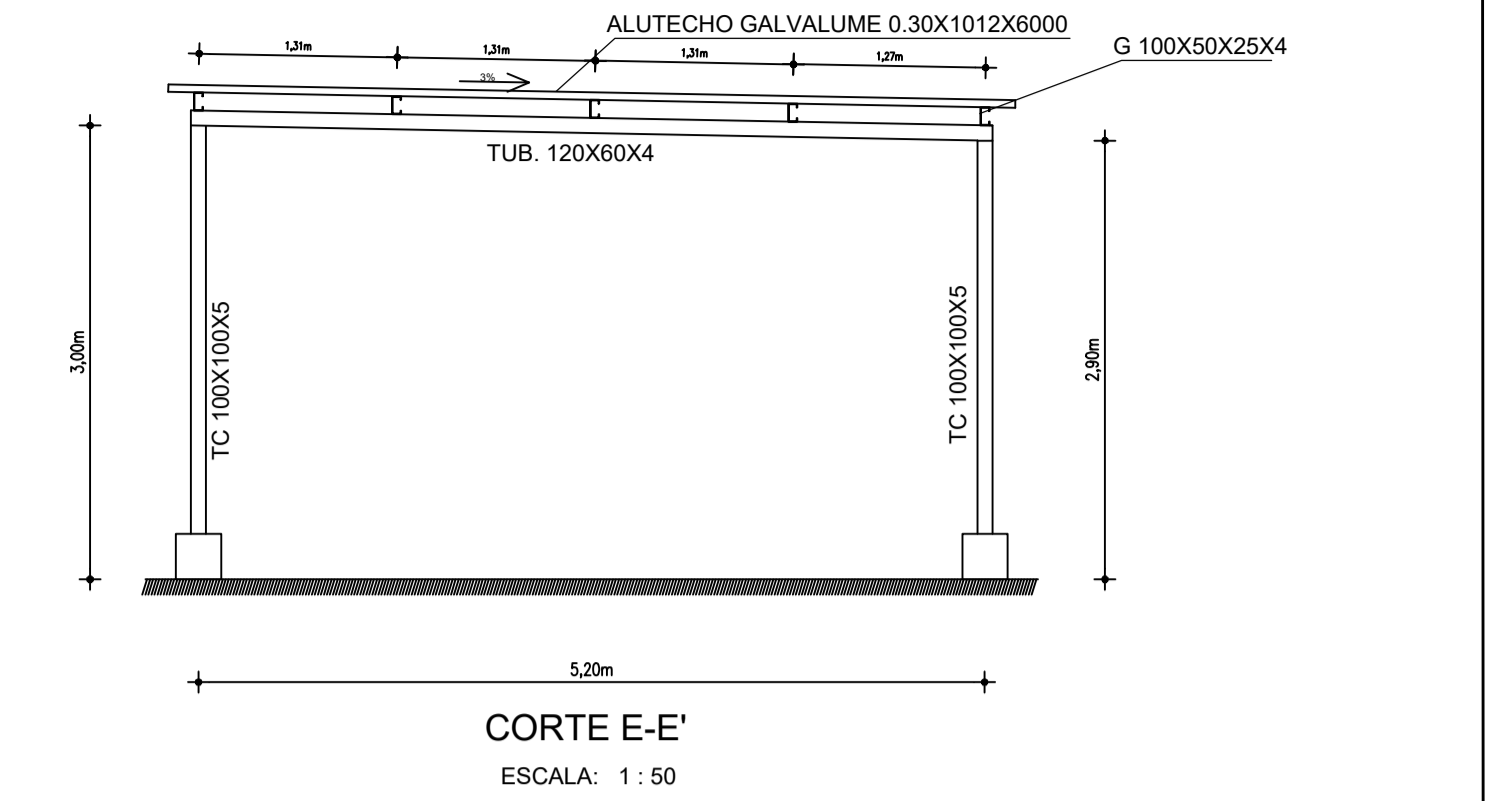
DETALLE DE CERRAMIENTO
EN TERRENO INCLINADO
ESCALA: 1:50



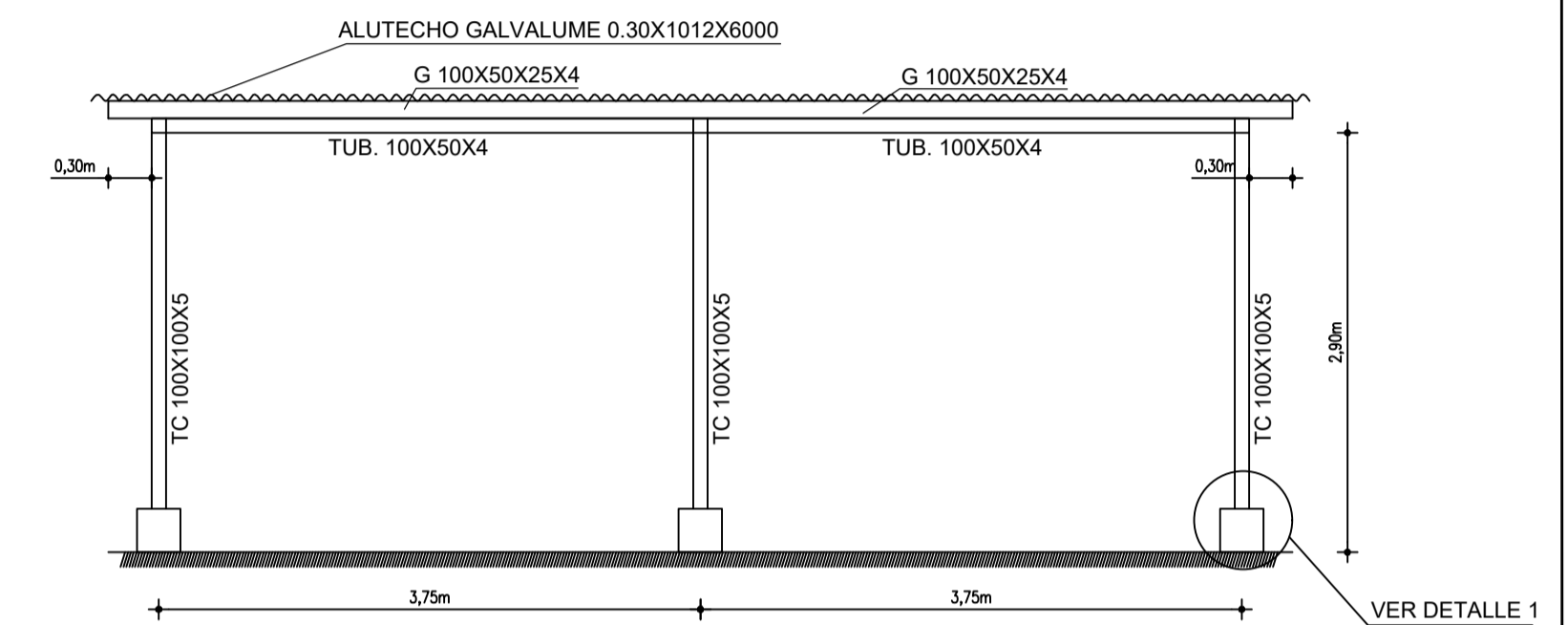
CERRAMIENTO TIPO 2



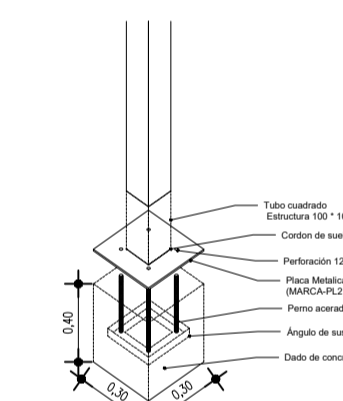
ZOCALO Y MALLA
ESCALA: 1:50



CORTE E-E'
ESCALA: 1:50



CORTE D-D'
ESCALA: 1:50



DETALLE 1
ESCALA: S/E

PLANILLA ESTRUCTURAL LECHO FILTRANTE					
	PESO KG/M	LONGITUD	TOTAL KG	CANTIDAD	PESO TOTAL KG
TUBO CUADRADO 100X100X5	14.4	6	86.4	2	172.8
TUBO RECTANGULAR 100X50X4	8.59	6	51.54	2	103.08
G 100X50X25X4	8.28	6	49.68	5	248.4
TUBO RECTANGULAR 120X60X4	10.48	6	62.88	2	125.76
					524.28
PLANILLA ESTRUCTURAL LECHO DE SECADO					
	PESO KG/M	LONGITUD	TOTAL KG	CANTIDAD	PESO TOTAL KG
TUBO CUADRADO 100X100X5	14.4	6	86.4	3	259.2
TUBO RECTANGULAR 100X50X4	8.59	6	51.54	8	412.32
G 100X50X25X4	8.28	6	49.68	8	397.44
TUBO RECTANGULAR 120X60X4	10.48	6	62.88	3	188.64
					1068.96

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL




PROYECTO:
"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR GARCÍA MORENO DE LA PARROQUIA MARCOS ESPINEL, PERTENECIENTE AL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO, DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA"

PROVINCIA: TUNGURAHUA	CANTON: PÍLLARO	SECTOR: GARCÍA MORENO
CONTIENE: PLANOS Y DETALLES DE LA PTAR ACTUAL PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN	ESCALA: LAS INDICADAS	FECHA: MARZO/2023
DIBUJO: DANIEL GUEVARA	REVISADO POR: ING. MG. FABIAN RODRIGO MORALES FIALLOS	LAMINA: 5 DE 5