



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 DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

AUTOR: Jaime Fabricio Altamirano Nuñez

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 DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”** elaborado por el Sr. **Jaime Fabricio Altamirano Nuñez** portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1805396494, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, marzo 2023



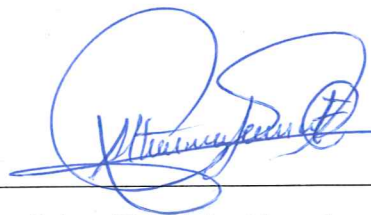
Ing. Mg. Fabián Rodrigo Morales Fiallos.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Jaime Fabricio Altamirano Nuñez**, con C.I. 1805396494, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también análisis, tablas, 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



Jaime Fabricio Altamirano Nuñez

C.I. 1805396494

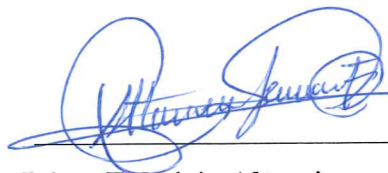
AUTOR

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



Jaime Fabricio Altamirano Nuñez

C.I. 1805396494

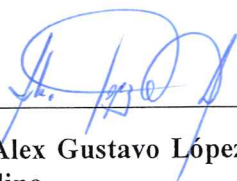
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Jaime Fabricio Altamirano Nuñez de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**.

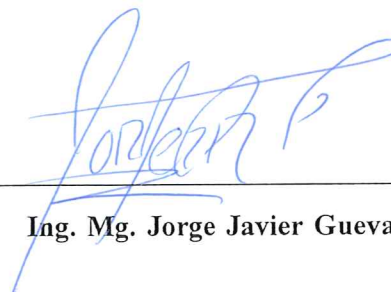
Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:



Ing. Alex Gustavo López Arboleda Mg.
Robalino

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mg. Jorge Javier Guevara

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Es con gran emoción y agradecimiento que dedico esta tesis a mi madre, por su constante aliento y confianza en mí. Desde el primer momento, has sido mi principal apoyo y motivación, mi ejemplo a seguir en todos los aspectos de la vida y me has enseñado el valor de la determinación y la perseverancia. Tu amor y apoyo han sido fundamentales para mí durante este proceso y faltan palabras para expresar lo agradecido que estoy por todo lo que has hecho por mí.

A mi hermana, por todo el amor y apoyo que me ha brindado a lo largo de los años, por ser una persona maravillosa que siempre está ahí para mí, un ejemplo a seguir una mujer excepcional estoy muy agradecido por tenerte en mi vida. Gracias por ser mi confidente, mi amiga, y mi cómplice en las aventuras de la vida.

Las quiero con todo mi corazón y espero poder hacerlas orgullosas con este logro.

Jaime Fabricio Altamirano Nuñez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado todo el conocimiento para poder culminar con mi formación académica, por haberme rodeado de una excelente familia y de personas extraordinarias.

Agradezco a mi madre Narcisa ya que, desde el primer día, ha sido mi guía, mi apoyo y mi ejemplo a seguir. Ha estado a mi lado desde inicio a fin de mi formación académica, en los momentos buenos y malos, y nunca ha dejado de creer en mí.

Agradezco a mi hermana Vanessa, por la confianza y apoyo recibido, por brindarme el sustento económico para este proyecto, al igual que su cariño y la motivación que necesitaba en cada momento.

A mis amigos: Ronald, Giovanna y Marcelo por el mejor grupo de trabajo que hayamos podido formar, por ser un apoyo incondicional de inicio a fin en mi etapa universitaria.

Esta tesis no habría sido posible sin su amor y su apoyo incondicional. Agradezco con todo mi corazón y agradezco a Dios por haberme dado esta vida.

Con todo mi amor y gratitud.

Jaime Fabricio Altamirano Nuñez

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	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3. Hipótesis	6
Hipótesis del trabajo	6
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	7
2.1 Materiales	7
2.2 Métodos.....	10
2.2.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR	12
2.2.2. Etapa II Investigación de campo	15
2.2.3. Etapa III Investigación de laboratorio.....	17
2.2.4. Etapa IV Análisis y verificación de funcionamiento de la PTAR.....	17
2.2.5. Etapa V mejoramiento de la PTAR	18
2.3. Levantamiento de información.....	18

2.3.1. Investigación de campo medición de caudales	22
2.3.2 Toma de muestras.....	35
2.3.3 Investigación de Laboratorio.....	38
2.3.4 Análisis y verificación del funcionamiento de la PTAR Callate.....	38
2.3.4.1 Desarenador	39
2.3.4.2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.....	39
2.3.4.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	40
2.3.4.4 Lecho de secado de lodos.....	41
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	42
3.1.1 Análisis de resultados de laboratorio	42
3.1.2 Análisis comparativos de los resultados de la PTAR con el TULSMA 2015.....	42
3.2 Evaluación de la PTAR Callate.....	45
3.2.1 Diagnostico Técnico.....	45
3.2.2 Procesos que conforman el tren de tratamiento de la PTAR Callate actualmente.	45
3.2.3 Dimensiones actuales de la PTAR Callate	46
3.2.3.1 Desarenador	46
3.2.3.2 Reactor Anaerobio de flujo ascendente.....	47
3.2.3.3 Filtro anaerobio de flujo ascendente	48
3.2.3.4 Lecho de secado de lodos.....	49
.....	50
3.2.4 Diagnostico teórico del funcionamiento actual de la PTAR Callate	50
3.2.4.1 Diagnostico teórico del funcionamiento del desarenador	50
3.2.4.2 Diagnostico teórico del funcionamiento del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).....	55
3.2.4.3 Diagnostico teórico del funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).	62
3.3 Verificación de hipótesis	69
3.4 Propuesta para el mejoramiento de la PTAR del sector Callate	71
3.4.1 Manual de mantenimiento del sistema.....	71
MEDIDA 1: Mantenimiento de canal y tubería de entrada.....	72
MEDIDA 2: Mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras	72
MEDIDA 3: Mantenimiento del desarenador	73

MEDIDA 4: Mantenimiento del Reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos.....	74
MEDIDA 5: Remoción de lodos del lecho de secado de lodos.....	74
MEDIDA 6: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).....	75
MEDIDA 7: Limpieza y poda de vegetación.....	76
MEDIDA 8: Pintura de unidades.....	76
MEDIDA 9: Implementación de señalética.....	77
MEDIDA 10: Monitoreo del análisis físico químico del efluente.....	78
MEDIDA 11: Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos.....	78
MEDIDA 12: Implantación de filtro anaerobio de flujo descendente.....	79
3.5 Presupuesto plan de mejoras de PTAR.....	85
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
4.1 Conclusiones.....	86
4.2 Recomendaciones.....	87
Referencias bibliográficas.....	89
Anexos.....	91
Anexo 1: Análisis de agua residual.....	91
Anexo 2: Análisis de agua residual GAD Píllaro.....	93
Anexo 3: Calculo de la cubierta.....	94
Anexo 4: Análisis de precios unitarios.....	95
Anexo 5: Planos.....	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos y herramientas de la etapa 2.....	7
Tabla 2. Materiales usados en la etapa 2.....	8
Tabla 3. Equipos de protección.	9
Tabla 4. Softwares usados.....	9
Tabla 5. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 1.....	10
Tabla 6. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 2.....	11
Tabla 7. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 3.....	11
Tabla 8. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 4.....	12
Tabla 9. Parámetros analizados en la muestra de agua residual.....	17
Tabla 10. medición de caudales semana 1.....	23
Tabla 11. Resumen de medición de caudales semana 2	23
Tabla 12. Resumen de medición de caudales semana 3	23
Tabla 13. Resumen de medición de caudales semana 4	24
Tabla 14. Resumen de medición de caudales semana 5	24
Tabla 15. Resumen de medición de caudales de entrada.....	25
Tabla 16. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) lunes	25
Tabla 17. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) martes	26
Tabla 18. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) miércoles.....	26
Tabla 19. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) jueves.....	26
Tabla 20. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) viernes.....	27
Tabla 21. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) sábado	27
Tabla 22. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) domingo	27
Tabla 23. Resumen de medias diarias de caudales de entrada PTAR Callate	28
Tabla 24. Estadística Descriptiva caudales de entrada PTAR Callate	28
Tabla 25. Medición de caudales de salida semana 1	29
Tabla 26. Medición de caudales de salida semana 2.....	29
Tabla 27. Medición de caudales de salida semana 3.....	29
Tabla 28. Medición de caudales de salida semana 4.....	30
Tabla 29. Medición de caudales de salida semana 1	30
Tabla 30. Resumen de medición de caudales de salida.....	31
Tabla 31. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Lunes	31

Tabla 32. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Martes	32
Tabla 33. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Miércoles	32
Tabla 34. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Jueves	32
Tabla 35. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Viernes.....	33
Tabla 36. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Sábado	33
Tabla 37. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Domingo	33
Tabla 38. Resumen de medias diarias de caudales de salida PTAR Callate	34
Tabla 39. Estadística Descriptiva caudales de salida PTAR Callate	34
Tabla 40. Resultados del análisis comparativo de las muestras de entrada y de salida de la PTAR Callate con la TULSMA 2015.....	43
Tabla 41. Eficiencia de la PTAR en la remoción de los parámetros evaluados.	43
Tabla 42. Resultados del análisis comparativo de la muestra de salida de la PTAR Callate con la TULSMA 2015	44
Tabla 43. Dimensiones del desarenador.....	46
Tabla 44. Dimensiones del reactor anaerobio de flujo ascendente.....	47
Tabla 45. Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	48
Tabla 46. Dimensiones del lecho de secado de lodos.....	49
Tabla 47. Criterios de diseño para desarenadores horizontales.....	51
Tabla 48. Datos para diagnóstico del desarenador.....	51
Tabla 49. Coeficiente “a” en función del diámetro de partículas	52
Tabla 50. Dimensiones del desarenador reales y teóricas.....	55
Tabla 51. Criterios de diseño para reactores anaerobios de flujo ascendente	55
Tabla 52. Resumen de los principales criterios hidráulicos para el diseño de reactores RAFA.....	56
Tabla 53. Información requerida para diagnóstico del RAFA.....	57
Tabla 54. Dimensiones del RAFA reales y teóricas.....	60
Tabla 55. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios.....	63
Tabla 56. Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio de flujo ascendente	63
Tabla 57. Dimensiones del FAFA reales y teóricas	66
Tabla 58. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos	66
Tabla 59. Tiempo requerido para digestión de lodos	67

Tabla 60. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales – Lecho de secado de lodos	68
Tabla 61. Funcionamiento actual de los componentes de la PTAR Callate	69
Tabla 62. Parámetros de funcionamiento de la PTAR.	70
Tabla 63. Actividades mantenimiento de canal y tubería de entrada.....	72
Tabla 64. Actividades mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras	73
Tabla 65. Actividades mantenimiento del desarenador	73
Tabla 66. Actividades mantenimiento del reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos	74
Tabla 67. Actividades remoción de lodos	75
Tabla 68. Actividades mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)	75
Tabla 69. Actividades limpieza y poda de vegetación	76
Tabla 70. Actividades pintura de unidades.....	77
Tabla 71. Actividades de implementación de señalética	77
Tabla 72. Actividades monitoreo del análisis físico-químico	78
Tabla 73. Actividades Implantación de cubierta de lecho de secado de lodos.....	79
Tabla 74. Valores de Infiltración.	81
Tabla 75. Dimensiones propuestas del filtro descendente.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Entrevista a moradores de la zona de la PTAR de la Quebrada Callate 14/09/2022.....	13
Figura 2. Entrevista a moradores de la zona de la PTAR de la Quebrada Callate 14/09/2022.....	14
Figura 3. Componentes de la PTAR	14
Figura 4. Medición de unidades	15
Figura 5. Toma de caudales de entrada.....	16
Figura 6. Toma de caudales de salida	16
Figura 7 Ubicación del proyecto	19
Figura 8. Sector Barrio Callate, Parroquia Presidente Urbina	19
Figura 9. Vegetación presente en las unidades de tratamiento.	20
Figura 10. PTAR Callate	21
Figura 11. Medición de caudal de entrada	35
Figura 12. Medición de caudal de salida.....	35
Figura 13. Toma de muestras de agua residual de entrada de la PTAR Callate.	36
Figura 14. Toma de muestras de agua residual de salida de la PTAR Callate.	36
Figura 15. Transporte de muestras obtenidas de la PTAR Callate.....	37
Figura 16. Conservación de muestras obtenidas de la PTAR Callate.....	37
Figura 17. Proceso de funcionamiento de la PTAR Callate	38
Figura 18. Desarenador.....	39
Figura 19. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente	40
Figura 20. Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente	40
Figura 21. Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente 2.....	41
Figura 22. Proceso de funcionamiento de la PTAR Callate	45
Figura 23. Vista en planta del desarenador de la PTAR Callate	46
Figura 24. Corte longitudinal del reactor anaerobio de flujo ascendente	47
Figura 25. Vista en planta del filtro anaerobio de flujos ascendente.....	48
Figura 26. Corte C-C´ del filtro anaerobio de flujo ascendente	49
Figura 27. Lecho de secado de lodos.....	50

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el estado de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Callate de la parroquia Presidente Urbina en el cantón Píllaro, inaugurada hace 6 años, y conocer si sigue cumpliendo con los parámetros de remoción de contaminantes y patógenos.

Se realizó la evaluación de la PTAR mediante 5 etapas donde se recolecto información empleando un método documental para obtener información sobre la ubicación, actividad social y económica del sector, las dimensiones de las unidades de tratamiento existentes, una medición volumétrica del caudal de entrada y salida durante un periodo de 30 días y un análisis químico que evaluó las características del agua residual. De acuerdo con los datos obtenidos, se diagnosticó que la PTAR del sector Quebrada Callate recibe un caudal de entrada de 4.67 lts/s actualmente, además todas sus unidades del tren de tratamiento se encuentran bien dimensionadas. Se evaluó que la planta no se encuentra trabajando de manera óptima pues los parámetros de DQO y solidos suspendidos sobrepasan los límites establecidos por la norma TULSMA.

Es por eso que se establecieron medidas para que la PTAR pueda operar efectivamente para lo cual se implementó un plan de mejora, donde se encuentra detallado un manual para el mantenimiento y operación, así como la implantación de una unidad adicional para el tratamiento de las aguas residuales y una cubierta para el lecho de secado de lodos. Se obtuvo un presupuesto referencial de \$20582.60 de las medidas implantadas.

Palabras clave: Planta de tratamiento, PTAR, Aguas residuales, Plan de mejora, DQO, Diagnostico.

ABSTRACT

In order to evaluate the state of operation of the Callate wastewater treatment plant in the Presidente Urbina parish in the Píllaro canton, inaugurated 6 years ago, it continues to comply with the parameters for the removal of contaminants and pathogens.

The evaluation of the WWTP was carried out in 5 stages where information was collected using a documentary method to obtain information on the location, social and economic activity of the sector, the dimensions of the existing treatment units, a volumetric measurement of the inflow and outflow during a period of 30 days and a chemical analysis that evaluated the characteristics of the wastewater. Based on the data obtained, it was diagnosed that the Quebrada Callate sector WWTP currently receives an inflow of 4.67 lts/s, and that all of its treatment train units are well sized. It was evaluated that the plant is not working optimally because the COD and suspended solids parameters exceed the limits established by the TULSMA standard. For this reason, measures were established so that the WWTP can operate effectively. An improvement plan was implemented, including a detailed manual for maintenance and operation, as well as the implementation of an additional wastewater treatment unit and a cover for the sludge drying bed. A reference budget of \$20582.60 was obtained for the measures implemented.

Keywords: Treatment plant, WWTP, Wastewater, Improvement plan, COD, Diagnosis.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Las plantas de tratamiento son instalaciones que se utilizan para tratar y purificar agua residual y de alcantarillado antes de su descarga en cuerpos de agua naturales. La investigación sobre plantas de tratamiento se remonta a los siglos XIX y XX, cuando se hizo evidente la importancia de proteger la salud pública y el medio ambiente a través del tratamiento adecuado de aguas residuales.

A lo largo del tiempo, la investigación ha mejorado y optimizado los procesos y tecnologías utilizados en plantas de tratamiento, incluyendo la sedimentación, la filtración, la oxidación y la eliminación de sustancias tóxicas. Además, los avances en biotecnología y la investigación sobre procesos biológicos han permitido el desarrollo de sistemas de tratamiento más eficientes y sostenibles.[1]

En tal sentido, la dotación de servicios como, las plantas de tratamiento de aguas residuales que intentan mejorar la calidad de vida de las personas y a su vez preservar la calidad del agua vertida a los cuerpos hídricos. Si bien estos sistemas facilitan una serie de beneficios a la población estos a su vez llegan a generar potenciales riesgos conocidos como impactos ambientales, Es por esto por lo que nace la obligación de un medio de tratamiento de aguas residuales usando procesos que certifiquen la calidad bajo normativas vigentes.[1], [2]

De acuerdo con los datos de la UNESCO los países más desarrollados con altos ingresos tratan el 70% de las aguas residuales sean estas de origen domestico o industrial. Por otra parte, los países considerados en vías de desarrollo con ingresos medios tratan el 38% de estas aguas, la tasa baja a un 28% para países subdesarrollados y para países con pocos ingresos alcanzan un 8% el tratamiento de aguas residuales. A nivel global se estima que más del 80% de aguas residuales no tienen ningún proceso de tratamiento y son vertidas directamente a los cuerpos de agua.[3]

Como aspecto relevante, en los países latinoamericanos se estima que solo el 20 % de aguas residuales siguen con un proceso de tratamiento, aunque la infraestructura que

posee la región tiene la capacidad de tratar al menos el 30%. En América latina las principales urbes invierten en programas para el manejo y tratamiento de aguas residuales tal es el caso de Bogotá, México DF, Caracas, Lima, Buenos Aires y Santiago de Chile que han plantado una iniciativa para el cuidado de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneos.[4]

De la misma manera, en las zonas rurales de Latinoamérica el uso de tecnologías anticuadas para el tratamiento de aguas residuales tales como las fosas sépticas no toleran los índices de degradación los cuales han generado una alta tasa de contaminación a los afluentes que por consecuencia llegan a contaminar grandes volúmenes de agua.[3]

Alrededor del mundo se han realizado varios estudios y evaluaciones de las plantas de tratamiento de aguas servidas, tal es el caso de México donde se revisó el funcionamiento de las cinco plantas más grandes del sureste de país. El agua residual provenía del 52% de los habitantes de las localidades cercanas de manera que se las catalogo como aguas de origen doméstico. Todas estas plantas cumplen con la calidad solicitado por la normativa del país, aunque trabajan a un 70% de su capacidad y se espera alcanzar una eficiencia optima del 90%, para lo cual se propone un cambio en la operación para que no afecte en la eficiencia de las mismas.[5]

A su vez, en Ecuador apenas un 10% de las aguas residuales generadas por la población llevan un proceso de tratamiento el cual se considera casi inexistente, las PTAR de muchas de las ciudades subdesarrolladas están diseñadas para tratar aguas residuales domésticas, comerciales e industriales, excluyendo las aguas pluviales generadas por las lluvias. El agua atraviesa varios procesos alterando su composición física, química y biológica dando el como resultado aguas con un alto contenido de materia orgánica e inorgánica llenas de sustancias toxicas, así como de nutrientes. Es por eso por lo que la reutilización de las aguas residuales habiéndose aplicado un correcto tratamiento físico como químico ayudaran al aprovechamiento de este recurso hídrico para satisfacer ciertas actividades económicas aportando un gran ahorro a las mismas además de aportar un sistema ecológico, sustentable y que cumpla los parámetros de la norma vigente. [4]

Por tal razón, en la actualidad los problemas de escasez de agua se han vuelto más frecuentes en varios lugares alrededor del mundo, debido al crecimiento poblacional, contaminación y cambio climático. Se estima que las siguientes décadas, la escasez de agua será la consecuencia para que se genere un mercado muy costoso alrededor de este recurso y que conllevara a posibles guerras por el elemento vital, esto a menos que se encuentre alternativas para la obtención y suministro de agua limpia. Aunque existen métodos de descontaminación y desalinización que pueden ayudar a la obtención de este recurso son tratamientos que demandan un alto costo económico pues por lo general son químicos e intensivamente energéticos.[6]

Es por eso, que se deben implementar las plantas de tratamiento de Aguas residuales (PTAR) ya que éstas son diseñadas con el fin de eliminar agentes contaminantes de las aguas residuales, con el fin de producir efluentes que puedan ser vertidos hacia los cuerpos de agua con un mínimo impacto ambiental y cumpliendo con las normas establecidas de cada país.[7]

Por lo tanto, el uso de fuentes alternativas de agua, como el de aguas lluvia y aguas residuales tratadas son las opciones más viables, con esto nace la preocupación sobre la calidad y seguridad del agua debido a que se encuentran expuestas a una alta tasa de contaminantes microbiológicos y químicos. En este contexto, es que se debería buscar desarrollar tecnologías para el tratamiento del agua y aplicar las normas que satisfagan los requerimientos de calidad y cuidado del medio ambiente.[8]

Por tal razón, han surgido nuevas tecnologías como es el uso de la biofiltración una tecnología usada para el tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con una investigación realizada por un grupo de ingenieros de la Universidad Técnica de Ambato en la cual se pretende verificar el uso de un filtro construido a base de una cama de turba, arena de río lavada y piedra pómez, intentando comprobar su eficacia en la depuración de los siguientes parámetros: Demanda Biológica de Oxígeno DBO₅, Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Totales ST y Biodegradabilidad, todo esto para dar tratamiento a las aguas residuales provenientes del lavado de jeans, obteniendo resultados muy satisfactorios.[9]

Así mismo, se puso a prueba un filtro construido de manera artesanal, basado en el principal residuo obtenido de la industria azucarera que es el bagazo de caña y otros elementos como ladrillo triturado y piedra pómez esto con el fin de comprobar la eficiencia y las limitaciones que pueda aportar al tratamiento de aguas residuales provenientes de una lavadora de autos ligeros. De acuerdo con el estudio realizado en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se pudo evidencia resultados que arrojan una evidente mejora en el control del efluente tratado especialmente en la turbiedad, TPH, sólidos totales suspendidos y pH.[10]

En otro estudio realizado en el Ecuador, se ha puesto a prueba las características físicas de varios materiales de origen ecuatoriano con el fin de ser empleados en el tratamiento de aguas residuales siendo estos: la turba, la caliza, los piroclastos volcánicos, la zeolita clinoptilolita y la zeolita modernita. Basados en normas nacionales e internacionales se realizaron varias pruebas para probar su eficacia, y de acuerdo con los resultados de las características físicas analizadas han arrojado valores que se enmarcan en los valores recomendados para el tratamiento de aguas residuales.[11]

De acuerdo con un trabajo realizado en el cantón de Rumiñahui – Quito, se destaca la importancia de implementar una PTAR previa la descarga de aguas servidas en los 6 ríos, específicamente las producidas por el programa porcino del IASA que son destinadas directamente en el río Santa Clara. Con el fin de evitar incrementos en la contaminación de las zonas cercanas se planteó la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales a partir de un tanque séptico y tanques de fitorremediación empleando microalgas (reducción de hasta un 90% en concentraciones de Nitrógeno y 85% en niveles de Fósforo). Esta fue una alternativa adaptable por su efectividad y bajo costo.[12]

Por otra parte, en una investigación se ponía a prueba un proceso de tratamiento de aguas residuales en la cual se creaba un proceso que incluía: un pozo de recepción, tamiz artesanal, tanque de homogenización, sistema de coagulación, sistema de floculación un sistema de sedimentación y por último un filtro de intercambio iónico.

El cual comprendía de procesos químicos, físicos y biológicos para el agua a tratar, los cuales evitaran la descarga directa a las fuentes de agua cercanas y su contaminación directa. Al final de la investigación se concluyó que al no implementar un plan para el tratamiento de aguas servidas este pudiese afectar directamente a la salud de los pobladores cercanos.[13]

Actualmente, la investigación en este ámbito se centra en el desarrollo de tecnologías más ecológicas y eficientes en términos energéticos, así como en la identificación y control de contaminantes emergentes que pueden representar un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. [13]

De esta manera, es que se ha podido evidenciar que las plantas de tratamiento de aguas servidas son de gran importancia para la comunidad, debido a que mejoran la calidad de vida de los pobladores, además que contribuyen a la reducción de sustancias perjudiciales para el medio ambiente. Sin embargo, es importante que su sistema sea controlado y sometido a constantes evaluaciones y monitoreos para garantizar su eficacia en el manejo de estos residuos y dar una solución oportuna a los posibles problemas que pudiesen manifestar.[14]

Por lo antes expuesto, se realiza el estudio del funcionamiento en la Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Quebrada Callate en el cantón Píllaro, provincia de Tungurahua. De acuerdo con el Plan de Desarrollo Y Ordenamiento Territorial de esta parroquia, habla acerca de la falta del mantenimiento de las Plantas de Tratamiento y que varias de estas están dañadas o colapsadas y por consiguiente las aguas residuales están siendo vertidas directamente hacia la quebradas y ríos, lo cual conduce a una contaminación ambiental. Actualmente, refiriéndose al estado de la planta Callate esta se encuentra en funcionamiento con un estado de infraestructura bueno, pero solo el 66,7% de las aguas que llegan a la planta está siendo tratada el 26,6% se descargan directamente a los cuerpos hídricos o alcantarillado sin ningún tratamiento.[15]

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, provincia de Tungurahua.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Santiago de Píllaro para el dimensionamiento de las unidades existentes.
- Analizar el afluente 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 plan para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.

1.3. Hipótesis

Hipótesis del trabajo

¿La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate, del cantón Píllaro provincia de Tungurahua, se encuentra operando correctamente en las condiciones actuales?



CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales utilizados en las distintas etapas de la investigación se presentan en las tablas mostradas a continuación, donde se detalla sus características principales y el uso que se le dio a cada uno.

En la Tabla 1 se muestran los materiales usados en la etapa 2 la investigación de campo, usados para la recolección de datos e información de la PTAR.

Tabla 1. Equipos y herramientas de la etapa 2

<p>Equipo: GPS Marca: Garmin Modelo: Etrex 10</p>  <p>Uso: Obtención de coordenadas UTM de la PTAR.</p>	<p>Equipo: Drone Marca: Dji Modelo: Maviv 10</p>  <p>Uso: Obtención de fotografías y tomas aéreas de la PTAR.</p>
<p>Herramienta: Cinta métrica Marca: Stanley Modelo: 30m</p>  <p>Uso: Toma de medidas de los componentes de la PTAR.</p>	<p>Herramienta: Libreta Marca: S/M Modelo: 30 hojas</p>  <p>Uso: Toma de apuntes de los datos recolectados.</p>

Fuente: Autor

En la Tabla 2 se muestran materiales utilizados en la etapa 2 y para complementar la etapa 1 el levantamiento de información, que fueron las entrevistas a moradores de la zona, además de herramientas usadas para la medición de caudales y toma de muestras.





Tabla 2. Materiales usados en la etapa 2

<p>Herramienta: Balde de 5 litros Marca: Pycca Modelo: S/M</p>	<p>Equipo: Cronometro Celular Marca: Samsung Modelo: J7</p>
 <p>Uso: Captación del caudal de entrada y salida de la PTAR.</p>	 <p>Uso: Medición del tiempo para cálculo de caudal de entrada y salida.</p>
<p>Equipo: Laptop Marca: Dell Modelo: R15</p>	<p>Equipo: Cámara Marca: Canon Modelo: EDS 4000</p>
 <p>Uso: Tabulación de datos para la realización de cálculos.</p>	 <p>Uso: Obtención de anexos fotográficos de la toma de datos y entrevistas.</p>
<p>Herramienta: Botella Ambar Marca: S/M Modelo: 1 Litro</p>	<p>Herramienta: Hielera de espuma flex Marca: S/M Modelo: S/M</p>
	
<p>Uso: Recolección de las muestras de aguas residuales de entrada y salida de la PTAR, para el análisis de laboratorio.</p>	<p>Uso: Transportar las botellas con las muestras obtenidas y mantener su temperatura de origen para evitar proliferación de bacterias.</p>

Fuente: Autor

De la misma manera en la tabla 3 se exponen los elementos de protección para llevar a cabo el desarrollo de la etapa 2, la recolección de datos.

Tabla 3. Equipos de protección.

<p>Herramienta: Botas de Caucho Marca: Venus Modelo: Llanera Negra</p>	<p>Herramienta: Guantes de Caucho Marca: Master Modelo: Multiuso Negro</p>
<p></p> <p>Uso: Protección para evitar contacto con las aguas residuales en captación de caudales.</p>	<p></p> <p>Uso: Protección para la captación de caudales.</p>
<p>Herramienta: Mandil Marca: S/M Modelo: S/M</p>	<p>Herramienta: Mascarilla Marca: Swiss Mask Modelo: KN 95</p>
<p></p> <p>Uso: Protección para evitar contacto con las aguas residuales de la PTAR.</p>	<p></p> <p>Uso: Protección para evitar malos olores y contacto con virus de la PTAR.</p>

Fuente: Autor

En la tabla 4 se muestra los softwares usados como herramientas en la recolección y tabulación de datos.

Tabla 4. Softwares usados

<p>SOFTWARE CIVIL 3D</p>	<p>SOFTWARE GOOGLE EARTH</p>
<p></p>	<p></p>

Fuente: Autor

2.2 Métodos

La investigación tiene como propósito principal evaluar y optimizar la planta de tratamiento de aguas residuales en el sector Callate del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua. Los métodos y resultados se presentan en tablas según cada objetivo específico establecido.

Tabla 5. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 1.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1			
Realizar el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Santiago de Píllaro para el dimensionamiento de las unidades existentes.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Recolección de datos teóricos y bibliográficos sobre el área de estudio y la planta de tratamiento de aguas residuales en cuestión.	Empleo del método documental basado en fuentes confiables para investigar el plan de ordenamiento territorial de la Parroquia.	- Información sobre la Parroquia Presidente Urbina indicando límites, coordenadas y actividad social y económica de la población. - Ubicación de la PTAR.
		Se lleva a cabo una visita para obtener información directa y personal a través de entrevistas con la población.	- Años de funcionamiento PTAR - Mantenimiento realizado - Malestares que genera a la población cercana.
		A través de la observación directa, se examina el sitio de la planta de tratamiento de aguas residuales y las condiciones de sus componentes de descontaminación.	- Inspección visual de la condición de las unidades de tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales.
2	Determinación de las dimensiones de las unidades de tratamiento existentes.	En el estudio de campo, se utiliza el método de medición para recopilar datos sobre las dimensiones (largo, ancho, altura y espesor) de las unidades de tratamiento.	- Plano de las dimensiones actuales de las unidades de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, - Vistas en planta y corte longitudinal.
3	Determinación del volumen de flujo de la planta de tratamiento de aguas residuales.	A través de inspecciones en el sitio, se miden el volumen de entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales con el método volumétrico. La cantidad de mediciones se realiza con una muestra probabilística.	- Establecimiento del volumen máximo por hora de la planta de tratamiento de aguas residuales. - Identificación del día con el mayor flujo de la planta de tratamiento.

Fuente: Autor

Tabla 6. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 2.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2			
Analizar el influente y efluente de la planta de tratamiento en cuestión. En base a la norma actual TULSMA 2015.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Toma de muestra representativa y transporte del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales.	Utilizando la metodología experimental, se toma una muestra representativa de agua residual y se lleva al Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH para su análisis, siguiendo las normas NTE INEN 2176:98 y NTE INEN 2169:98.	- Resultados de las mediciones de los parámetros físicos y químicos del agua residual en la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales.
2	Análisis de las muestras de agua residual de la entrada y descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales enviadas al laboratorio para su análisis.	Se evalúan y comparan los resultados obtenidos por el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH mediante la aplicación de un enfoque analítico, de acuerdo a las normas ambientales actuales TULSMA 2015 y otros estudios relevantes.	- Análisis de los resultados obtenidos de las muestras de agua residual del afluyente y efluente de la PTAR.

Fuente: Autor

Tabla 7. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 3.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3			
Examinar el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en base a la norma actual TULSMA 2015.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Análisis de las muestras de agua residual de la entrada y descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales enviadas al laboratorio para su análisis.	Se evalúan y comparan los resultados obtenidos por el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH mediante la aplicación de un enfoque analítico, de acuerdo con las normas ambientales actuales TULSMA 2015 y otros estudios relevantes.	- Análisis de los resultados obtenidos de las muestras de agua residual del afluyente y efluente de la PTAR.

Fuente: Autor

Tabla 8. Metodología empleada para el cumplimiento del objetivo específico 4.

OBJETIVO ESPECÍFICO 4			
Proponer un plan para el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales según el análisis realizado con sus respectivos planos y presupuesto.			
Ítem	Actividad	Metodología	Resultado
1	Mejora de la PTAR Callate	Utilización del <i>método deductivo</i> basado en los resultados obtenidos y condiciones de la PTAR se propone un plan de mantenimiento para las unidades y componentes.	- Manual de operación y mantenimiento.

Fuente: Autor

La evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR del sector de la quebrada Callate se realizó en 5 etapas, partiendo de un levantamiento de la información de la PTAR donde se realizó un estudio de campo para levantar la información, con un conjunto de datos básicos. Además, se midió el flujo de entrada y salida de la planta para determinar los picos de flujo máximo. La segunda etapa, se realizó el levantamiento de la zona de estudio tomando mediciones de los componentes de la planta de tratamiento. En la etapa 3, se realizó una toma de muestras para ser analizadas en laboratorio, con el fin de conocer las características que predominen a estas. En la etapa cuarta se presentó un análisis acerca del funcionamiento de cada componente de la PTAR y se compararon los resultados con la norma de la Unidad de Derecho Ambiental Secundario del Ministerio de Medio Ambiente (TULSMA). Para la etapa 5 previo a los datos recolectados y el análisis de las aguas residuales se evaluará y dará un diagnóstico si requiere un rediseño o un plan de mantenimiento de la PTAR.

2.2.1. Etapa I Levantamiento de información de la PTAR

En esta sección se aplicó el método documental, ya que se recogió toda la información teórica y literaria que describe el lugar de estudio, incluida la ubicación, los límites y las principales actividades sociales y económicas de los residentes de los alrededores. Del mismo modo, se analizaron los datos detallados relativos a la planta de tratamiento

de aguas residuales, como el tiempo de funcionamiento, la supervisión y los trabajos de mantenimiento de la planta.

Debido a las circunstancias que preceden a la zona, entre ellas, el esparcimiento poblacional comunitario (típica en zonas rurales), se aplicó una visita a los moradores cercanos al lugar como herramienta de recolección de información por ser de carácter personal y directo con la problemática del lugar como se muestra en la (figura 1 y 2). Las entrevistas realizadas el día 14 de septiembre de 2022 dieron datos de mucha relevancia para conocer los motivos por los que la PTAR empezó a trabajar las condiciones y para conocer los picos de funcionamiento en las que la comunidad genera un mayor flujo de ingresos a la PTAR debido a sus actividades comunes.



Figura 1. Entrevista a moradores de la zona de la PTAR de la Quebrada Callate 14/09/2022.
Fuente: Autor



Figura 2. Entrevista a moradores de la zona de la PTAR de la Quebrada Callate 14/09/2022.
Fuente: Autor

La visita en campo nos permitió ver detalles importantes del lugar, características del estado en que se encuentra la PTAR como se muestra en la figura 3. Se identificaron problemas evidentes en el mantenimiento la planta de tratamiento de aguas residuales pues emana malos olores a ciertas horas del día además los moradores supieron manifestar la presencia de roedores en las instalaciones que afectan los cultivos.



Figura 3. Componentes de la PTAR
Fuente: Autor

2.2.2. Etapa II Investigación de campo

Como se muestra en la figura 4, se realizó el dimensionamiento (longitud, anchura, altura y espesor) de los componentes que forman parte del tren de tratamiento de aguas residuales de la misma manera se contó el número de unidades, la planta dispone de un pozo recolector aliviadero, canal Parshall y desarenador, 2 reactores anaerobios de flujo ascendente, 3 filtros anaerobios de flujo ascendente, lecho de secado de lodos, bypass, válvulas de control, compuerta metálica con volante y vástago de acero, tuberías de 300, 200, 160, 110 y 90 mm, muro de hormigón armado y cerramiento. Esta etapa es importante ya que debido a la recolección de datos que se realizó permitió realizar el diagnóstico del funcionamiento de la PTAR y poder determinar la propuesta final.

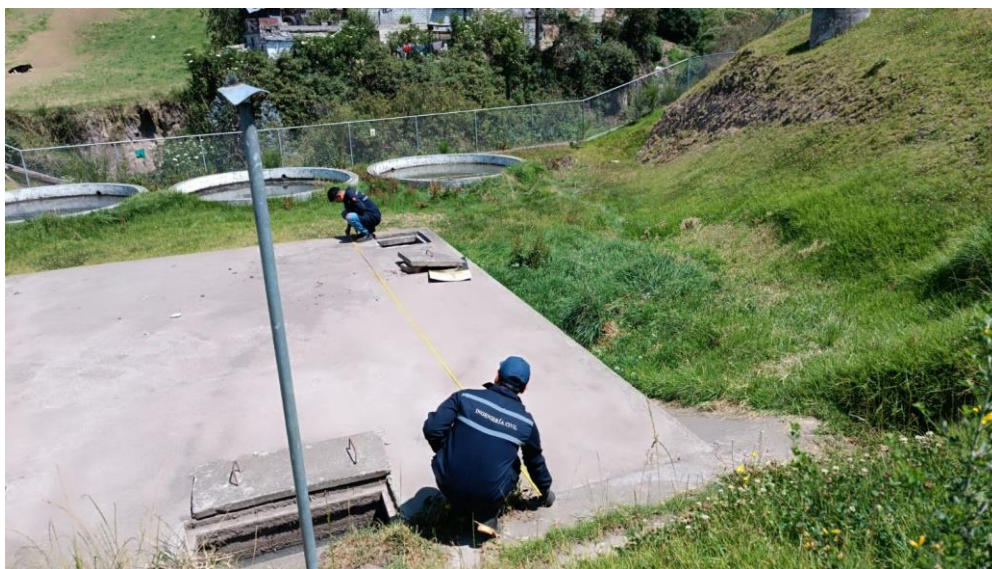


Figura 4. Medición de unidades
Fuente: Autor

A continuación, se realizó la medición del caudal de entrada y salida de la PTAR como se muestra en las figuras 5 y 6. Para lo cual se utilizó un método de medición volumen/tiempo, el cual consistía en medir el tiempo en el que un recipiente de 5 litros previamente fijado se llenaba.



Figura 5. Toma de caudales de entrada
Fuente: Autor

Para la recolección de datos se tomó un mes de mediciones, con esta recopilación de datos se identificó el día con mayor trabajo de la planta de tratamiento obteniendo así una muestra significativa del agua residual para la metodología experimental usada en el trabajo, esto de acuerdo con la mención realizada por Metcalf & Eddy donde mencionan que *”el grado de variación del caudal condiciona el tiempo de muestreo”*; esto nos dice que de acuerdo a las características de demanda de trabajo de la PTAR, determinara el momento adecuado en el cual se tomara una muestra que represente las particularidades en las que se encuentra esta.



Figura 6. Toma de caudales de salida
Fuente: Autor

2.2.3. Etapa III Investigación de laboratorio

Una vez establecido el día de mayor demanda de la PTAR se realizó la toma de agua residual tanto de entrada como de salida y se envió a un laboratorio certificado y especializado (Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo) para ser analizadas y poder identificar las características más elevadas. Metcalf & Eddy en el capítulo 3 de las características de las aguas residuales señalan, que los sólidos en suspensión son los contaminantes más importantes para tratar en aguas residuales, ya que pueden causar la formación de sedimentos al descargarse el líquido en el medio ambiente. También es importante medir la materia orgánica biodegradable basado en DBO y DQO para evitar condiciones sépticas en la descarga, ya que la falta de tratamiento puede agotar el oxígeno durante la estabilización biológica.[16]

Con lo antes mencionado, se han identificado los siguientes parámetros clave para evaluar el rendimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de acuerdo con la Tabla 3-17 del capítulo 3 de ingeniería de agua residuales Vol.1 de Metcalf & Eddy[16]

Tabla 9. Parámetros analizados en la muestra de agua residual

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
pH	-	PE-LSA-01
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO5	mgO ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 – B
Sólidos suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D
Sólidos totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - B

Fuente: Laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

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

En esta etapa del estudio, se llevó a cabo un diagnóstico del funcionamiento de cada componente hidráulico en la PTAR utilizando un enfoque descriptivo. Se evaluó su

estado actual y se determinó si estaban operando correctamente. A continuación, en los resultados se usó una metodología analítica para comparar y analizar los resultados obtenidos de las muestras de agua residual con los límites de descarga establecidos por la normativa TULSMA en el libro VI, Anexo 1-Tabla 9. Se evaluó el cumplimiento de estos límites y se calculó el porcentaje de eficiencia de eliminación de los parámetros analizados utilizando la ecuación 1.[17]

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

Donde:

E = eficiencia del parámetro (%)

Co = Valor inicial del parámetro

Cf = Valor final del parámetro

2.2.5. Etapa V mejoramiento de la PTAR

Por último, en esta etapa se utilizó el método deductivo para proponer la adecuación de un tratamiento terciario como rediseño y un plan de mantenimiento para el mejoramiento de la PTAR Callate del cantón Píllaro. Esto se basó en los resultados obtenidos y en el diagnóstico actual de las unidades hidráulicas. Donde se incluyó la selección adecuada del sistema de tratamiento terciario en función de los resultados de laboratorio y , manual de operación y mantenimiento. Se consideró un caudal de diseño y una población futura para garantizar la durabilidad de las unidades propuestas.

2.3. Levantamiento de información

La parroquia Presidente Urbina se encuentra ubicada en el Cantón Santiago de Píllaro provincia de Tungurahua, posee una superficie territorial de 1263.1 ha con las coordenadas UTM X: 772091 – Y 9873189, limita al norte con San Andrés, al sur con Píllaro e Izamba, este con San Andrés y Píllaro y al oeste con Cunchibamba y Unamuncho posee una población total 3500 personas aproximadamente.

Las principales actividades económicas de la parroquia son la agrícola esto debido a las características del territorio, y la actividad pecuaria ya que el cantón Píllaro se caracteriza por ser un territorio ganadero.[18]



Figura 7 Ubicación del proyecto
Fuente: Autor

En la Parroquia Presidente Urbina, la zona urbana representa el 0,39% de la parroquia, la mayor parte son coberturas vegetales dedicadas a cultivos, representando un 70,65% de la parroquia como se muestra en la figura 8, debido a que es una zona netamente dedicada a la agricultura y ganadería. Gran parte de esta producción es destinada a al comercio dentro del cantón y la provincia por la alta demanda de productos.[18]



Figura 8. Sector Barrio Callate, Parroquia Presidente Urbina
Fuente: Autor

La accesibilidad a servicios básicos en el sector es muy buena, la cobertura de agua alcanza alrededor del 75% con una dotación de 200 l/h/día. En cuanto a saneamiento, un 75% está conectado a las redes de alcantarillado que descargan en las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en los alrededores de la parroquia, mientras que el resto direcciona sus aguas residuales a pozos sépticos o incluso a ríos o quebradas cercanos. La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Callate ha estado en funcionamiento desde 2016 esto debido a que en años posteriores las descargas del alcantarillado de la zona urbana se lo realizaban directamente sin ningún tratamiento hacia la quebrada. Sin embargo, no se cuenta con planes sobre el diseño de cada componente de la planta ni un plan de mantenimiento adecuado. La falta de mantenimiento se puede ver en la crecida de la vegetación alrededor de las unidades (figura 9) y la falta de capacitación de los operadores.



Figura 9. Vegetación presente en las unidades de tratamiento.

Fuente: Autor

La planta de tratamiento de aguas residuales del sector Callate abarca un área de 1200 m², en la figura 10 se observa la disposición de sus componentes. La planta dispone de un pozo recolector aliviadero, canal Parshall y desarenador, 2 reactores anaerobios de flujo ascendente, 3 filtros anaerobios de flujo ascendente, lecho de secado de lodos, bypass, válvulas de control, compuerta metálica con volante, tuberías de 300, 200, 160, 110 y 90 mm, muro de hormigón armado y cerramiento. El afluente es descargado hacia la quebrada Callate una vez concluido su paso por la PTAR.



Figura 10. PTAR Callate

Fuente: Autor

2.3.1. Investigación de campo medición de caudales

Según el libro "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse" de Metcalf & Eddy, es comúnmente recomendado tomar un mínimo de 30 días de muestras para la evaluación de aguas residuales. La razón de esta recomendación es que la calidad del agua residual puede variar a lo largo del tiempo debido a factores como la estacionalidad, las actividades humanas y las variaciones en el funcionamiento de la planta de tratamiento. Tomar muestras durante un período de 30 días permite obtener una representación más precisa y completa de la calidad del agua residual y ayuda a identificar tendencias y patrones que pueden ser importantes para la toma de decisiones en cuanto a la gestión y el tratamiento del agua residual.[16]

Esto respalda el resultado obtenido, dándole mayor credibilidad. Además, según la información recopilada, se ha identificado que la población comienza sus actividades diarias a partir de las 8:00 am, para realizar labores domésticas, agrícolas y ganaderas, y regresa al medio día para llevar a cabo su hora de almuerzo y otras actividades en casa. Finalizando su jornada en horas de la tarde cuando cenan, se asean y posteriormente descansan. Por lo tanto, se dedujo que cerca del mediodía se generan valores de caudal altos y significativos al considerar actividades de alimentación y aseo personal de los pobladores. De esta manera, el procedimiento de medición de caudal de este proyecto se realizó durante 30 días consecutivos, del Lunes 22 de agosto al Martes 20 de septiembre de 2022.

El proceso consistió en medir la cantidad de agua que entra a la planta de tratamiento cada hora, desde las 8:00 am hasta las 16:00 pm, con el fin de recolectar un total de 9 valores diarios como se muestra en las siguientes tablas. Esta metodología fue elegida ya que brinda datos precisos y coherentes con la situación de la zona.

Tabla 10. medición de caudales semana 1

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta domingo 28 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	2.273	3.623	4.202	4.386	2.463	2.538	3.937
9:00	2.174	4.167	5.051	4.032	2.809	2.604	2.841
10:00	2.212	4.310	4.717	4.348	3.012	2.604	3.247
11:00	2.075	4.762	4.673	4.854	4.032	2.874	3.086
12:00	2.024	4.587	3.759	4.464	4.000	3.268	3.289
13:00	2.049	4.132	3.623	4.310	3.759	3.205	3.067
14:00	2.083	4.065	3.676	2.825	3.247	3.106	2.924
15:00	1.661	4.032	3.268	2.591	2.841	2.890	2.809
16:00	2.058	3.731	3.030	3.226	2.315	2.427	2.475

Fuente: Autor

Tabla 11. Resumen de medición de caudales semana 2

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 29 de agosto hasta domingo 04 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	3.030	2.427	3.067	2.058	2.525	2.137	2.591
9:00	3.106	2.924	3.311	2.381	2.890	2.304	2.632
10:00	2.976	3.788	3.289	2.525	3.472	2.475	2.674
11:00	3.030	4.587	4.464	2.809	3.521	3.205	2.874
12:00	3.401	3.497	4.505	3.378	3.676	3.086	3.067
13:00	2.976	4.065	4.032	3.049	3.497	3.145	2.857
14:00	2.890	3.788	3.876	3.086	3.731	2.994	2.747
15:00	2.857	3.289	3.846	2.924	3.268	3.030	2.976
16:00	2.415	2.688	3.012	3.759	2.591	2.525	2.604

Fuente: Autor

Tabla 12. Resumen de medición de caudales semana 3

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 05 de septiembre hasta domingo 11 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4.274	4.065	3.788	3.030	2.717	3.704	2.146
9:00	3.676	3.448	3.472	2.857	2.591	3.597	2.358

10:00	3.472	4.386	3.268	3.704	3.205	3.937	2.513
11:00	4.545	4.545	4.587	4.065	3.472	4.310	2.660
12:00	4.098	4.386	4.386	4.464	3.817	4.000	2.551
13:00	3.731	4.065	4.505	4.545	3.937	3.788	2.513
14:00	3.205	3.497	3.731	4.352	3.226	3.876	2.415
15:00	3.125	3.247	4.000	3.030	3.759	3.731	2.242
16:00	2.604	2.660	3.106	2.688	2.890	2.994	2.024

Fuente: Autor

Tabla 13. Resumen de medición de caudales semana 4

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 12 de septiembre hasta domingo 18 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	4.464	2.427	3.067	2.058	2.525	2.538	3.937
9:00	3.759	2.924	3.311	2.381	2.890	2.604	2.841
10:00	4.673	3.788	3.289	2.525	3.472	2.604	3.247
11:00	4.032	4.587	4.464	2.809	3.521	2.874	3.086
12:00	3.731	3.497	4.505	3.378	3.676	3.268	3.289
13:00	4.464	4.065	4.032	3.049	3.497	3.205	3.067
14:00	3.759	3.788	3.876	3.086	3.731	3.106	2.924
15:00	3.571	3.289	3.846	2.924	3.268	2.890	2.809
16:00	2.907	2.688	3.012	3.759	2.591	2.427	2.475

Fuente: Autor

Tabla 14. Resumen de medición de caudales semana 5

MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 19 de septiembre hasta martes 20 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	3.345	3.743	-	-	-	-	-
9:00	3.213	3.234	-	-	-	-	-
10:00	3.531	4.325	-	-	-	-	-
11:00	3.634	4.023	-	-	-	-	-
12:00	3.561	4.035	-	-	-	-	-
13:00	3.432	4.235	-	-	-	-	-
14:00	2.654	4.064	-	-	-	-	-
15:00	2.624	3.275	-	-	-	-	-
16:00	2.647	2.754	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

A continuación, se muestra la tabla 15 que resume el promedio de la medición de caudales de entrada realizada durante 30 días del 22 de agosto al 20 de septiembre.

Tabla 15. Resumen de medición de caudales de entrada

PROMEDIO DE MEDICIÓN DE CAUDALES INGRESO PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta martes 20 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	3.247	3.521	3.876	3.205	2.924	2.994	3.067
9:00	3.030	3.731	4.032	3.289	3.106	3.086	2.941
10:00	3.106	4.310	3.906	3.650	3.521	3.226	3.125
11:00	3.125	4.617	4.673	4.065	3.906	3.650	3.205
12:00	3.067	4.274	4.348	4.237	4.065	3.704	3.268
13:00	3.030	4.274	4.237	3.788	3.968	3.650	3.145
14:00	2.841	4.045	4.000	3.311	3.676	3.597	3.030
15:00	2.577	3.759	3.937	3.067	3.546	3.497	2.994
16:00	2.212	2.994	3.067	3.030	2.762	2.841	2.618

Fuente: Autor

De acuerdo con la tabla 6, los datos recolectados muestran que los caudales más altos se registran cerca del mediodía, entre las 10:00 y 11:00. Además, se observa que el miércoles presentan mayores caudales en comparación con los demás días de la semana, esto debido a que existe un mayor número de actividades dentro del sector. De la misma manera se muestra una estadística descriptiva de los datos recolectados.

Tabla 16. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) lunes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Lunes	
Media	2.9151
Mediana	3.0303
Desviación estándar	0.3266
Mínimo	2.2124
Máximo	3.2468
Suma	26.2361
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 17. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) martes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Martes	
Media	3.9534
Mediana	4.0000
Desviación estándar	0.5138
Mínimo	2.9940
Máximo	4.6170
Suma	35.5802
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 18. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) miercoles

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Miércoles	
Media	4.0086
Mediana	4.0000
Desviación estándar	0.4371
Mínimo	3.0675
Máximo	4.6729
Suma	36.0770
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 19. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) jueves

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Jueves	
Media	3.6237
Mediana	3.6496
Desviación estándar	0.4234
Mínimo	3.0675
Máximo	4.2373
Suma	32.6132
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 20. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) viernes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Viernes	
Media	3.4972
Mediana	3.5461
Desviación estándar	0.4702
Mínimo	2.7624
Máximo	4.0650
Suma	31.4752
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 21. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) sábado

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Sábado	
Media	3.3604
Mediana	3.4965
Desviación estándar	0.3273
Mínimo	2.8409
Máximo	3.7037
Suma	30.2437
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 22. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) domingo

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO (LTS/SEG)	
Domingo	
Media	3.0437
Mediana	3.0675
Desviación estándar	0.1898
Mínimo	2.6178
Máximo	3.2680
Suma	27.3935
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 23. Resumen de medias diarias de caudales de entrada PTAR Callate

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES DE INGRESO	
DÍA	MEDIA (LTS/SEG)
Lunes	2.9151
Martes	3.9534
Miércoles	4.0086
Jueves	3.6237
Viernes	3.4972
Sábado	3.3604
Domingo	3.0437

Fuente: Autor

Tabla 24. Estadística Descriptiva caudales de entrada PTAR Callate

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES INGRESO PTAR (LTS/SEG)	
Media	3.4860
Error típico	0.0234
Desviación estándar	0.4179
Mínimo	2.9151
Máximo	4.6730
Suma	24.4021
Cuenta	7

Fuente: Autor

Los resultados de la investigación de campo y los datos registrados indican que el caudal máximo se da en miércoles, con un valor de 4.673 lts/seg. Además, se determina que el promedio de la muestra es de 3.4860 lts/seg. Estas cifras son utilizadas para evaluar las unidades de la planta de tratamiento y comprobar el funcionamiento óptimo de estas.

Los valores de la desviación estándar son notables por ser muy reducidos, lo que proporciona una garantía sólida de la precisión en la recopilación de los datos. Esto se debe a la falta de variación significativa entre ellos, lo que indica que los datos fueron registrados con un alto nivel de precisión.

Así mismo se procede a realizar la tabulación de los datos de caudal de salida, registrados durante los 30 días de estudio de la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) del sector Callate, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 25. Medición de caudales de salida semana 1

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 1							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta domingo 28 de agosto de 2022						
Hora de Medición	Agosto 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	2.427	3.676	5.556	4.545	2.809	2.717	4.098
9:00	2.404	4.464	6.250	4.505	3.226	2.747	3.521
10:00	2.392	5.376	5.435	4.854	3.788	2.688	3.311
11:00	2.262	6.024	5.000	5.376	4.545	3.030	3.521
12:00	2.232	5.435	5.000	4.762	4.386	3.788	3.521
13:00	2.203	5.051	5.000	4.587	4.065	3.289	3.497
14:00	2.358	4.425	71.429	3.759	3.521	3.333	3.425
15:00	1.730	4.505	4.425	3.012	3.205	3.086	3.165
16:00	1.558	4.000	4.348	2.717	2.688	2.717	2.907

Fuente: Autor

Tabla 26. Medición de caudales de salida semana 2

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 2							
PERÍODO:	Desde lunes 29 de agosto hasta domingo 04 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	3.356	2.525	3.472	2.155	2.747	2.262	2.660
9:00	3.311	3.049	3.356	2.488	3.067	2.439	2.717
10:00	3.378	4.098	3.472	2.717	3.650	2.591	1.901
11:00	3.333	4.950	4.902	3.268	3.759	3.378	3.067
12:00	3.546	3.788	4.762	3.497	4.000	3.165	3.145
13:00	3.247	4.464	4.348	3.448	3.906	3.546	2.994
14:00	3.030	3.876	4.132	3.268	4.202	3.226	2.959
15:00	3.086	3.425	4.065	3.205	3.472	3.205	3.067
16:00	2.577	3.125	3.597	2.874	2.874	2.809	2.825

Fuente: Autor

Tabla 27. Medición de caudales de salida semana 3

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 3							
PERÍODO:	Desde lunes 05 de septiembre hasta domingo 11 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	5.376	4.464	4.098	3.497	3.205	4.098	2.463
9:00	4.464	3.937	3.788	3.597	3.049	3.846	2.591

10:00	4.065	5.102	4.032	4.545	4.098	4.167	2.674
11:00	4.854	5.263	5.155	5.051	3.788	4.464	2.809
12:00	4.464	5.155	5.814	5.747	4.464	4.202	2.674
13:00	4.348	4.464	5.435	4.310	4.202	4.000	2.717
14:00	4.065	4.167	4.673	3.472	3.497	4.098	2.604
15:00	3.472	3.731	4.717	3.247	4.630	4.310	2.463
16:00	2.841	3.378	4.098	2.907	3.623	3.623	2.304

Fuente: Autor

Tabla 28. Medición de caudales de salida semana 4

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 4							
PERÍODO:	Desde lunes 12 de septiembre hasta domingo 18 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	5.274	2.584	3.683	2.683	2.265	2.742	3.346
9:00	5.225	3.254	3.863	2.486	3.686	2.233	2.136
10:00	4.902	4.452	3.752	2.736	3.563	2.137	3.854
11:00	4.464	4.758	4.245	3.236	3.865	3.741	3.347
12:00	3.937	3.235	4.686	3.965	4.865	3.413	3.147
13:00	5.102	4.682	4.525	3.356	3.864	3.641	3.845
14:00	4.386	3.186	4.572	3.268	4.356	3.743	2.234
15:00	3.817	3.418	4.245	3.368	3.568	3.134	2.473
16:00	3.067	3.125	3.754	2.865	2.548	2.474	2.273

Fuente: Autor

Tabla 29. Medición de caudales de salida semana 1

MEDICIÓN DE CAUDALES SALIDA PTAR - (LTS/SEG) SEMANA 5							
PERÍODO:	Desde lunes 19 de septiembre hasta martes 20 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	5.373	4.436	-	-	-	-	-
9:00	4.235	3.134	-	-	-	-	-
10:00	4.763	5.724	-	-	-	-	-
11:00	4.346	5.247	-	-	-	-	-
12:00	4.743	5.142	-	-	-	-	-
13:00	4.376	4.236	-	-	-	-	-
14:00	4.043	4.275	-	-	-	-	-
15:00	3.364	3.247	-	-	-	-	-
16:00	2.228	3.234	-	-	-	-	-

Fuente: Autor

En la tabla 30 se expone el resumen mensual realizado en las mismas características que el caudal de salida del lunes 22 de agosto al martes 20 de septiembre del 2022 medido durante las 9 horas cada día de estudio.

Tabla 30. Resumen de medición de caudales de salida

RESUMEN DE MEDICIÓN DE CAUDALES PTAR - (LTS/SEG)							
PERÍODO:	Desde lunes 22 de agosto hasta martes 20 de septiembre de 2022						
Hora de Medición	Agosto - Septiembre 2022						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8:00	3.676	3.650	4.386	3.425	3.247	3.185	3.268
9:00	3.521	3.968	4.348	3.623	3.425	3.247	3.247
10:00	3.425	4.854	4.762	4.032	4.065	3.333	2.857
11:00	3.401	5.051	5.263	4.505	4.202	3.817	3.425
12:00	3.311	4.762	5.102	4.587	4.425	3.937	3.401
13:00	3.356	4.717	4.808	4.237	4.237	3.846	3.356
14:00	3.247	4.425	4.545	3.759	3.968	3.788	3.289
15:00	2.762	4.065	4.505	3.472	3.937	3.731	3.205
16:00	2.347	3.650	3.937	3.086	3.185	3.205	2.941

Fuente: Autor

La tabla 30 muestra los datos de caudal obtenidos en la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales, y se observa que el valor máximo es de 5.263 l/s, el cual se da en miércoles. Este dato coincide con la información de flujos de entrada mostrada en la tabla 6. Por lo tanto, se puede concluir que el tiempo de retención en los componentes hidráulicos de la PTAR es casi similar, ya que los datos promedio de flujos de entrada y salida son muy parecidos para cada día de la semana.

Así mismo, se presenta una descripción estadística de los datos recolectados.

Tabla 31. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Lunes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG)	
Lunes	
Media	3.2275
Mediana	3.3557
Desviación estándar	0.4141
Mínimo	2.347
Máximo	3.676
Suma	29.047
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 32. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Martes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG)	
Martes	
Media	4.3490
Mediana	4.4248
Desviación estándar	0.5319
Mínimo	3.6496
Máximo	5.0505
Suma	39.1411
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 33. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Miércoles

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG)	
Miércoles	
Media	4.6284
Mediana	4.5455
Desviación estándar	0.4054
Mínimo	3.9370
Máximo	5.2632
Suma	41.6556
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 34. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Jueves

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG)	
Jueves	
Media	3.8586
Mediana	3.7594
Desviación estándar	0.5149
Mínimo	3.0864
Máximo	4.5872
Suma	34.7271
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 35. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Viernes

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG) Viernes	
Media	3.8545
Mediana	3.9683
Desviación estándar	0.4554
Mínimo	3.1847
Máximo	4.4248
Suma	34.6902
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 36. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Sábado

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG) Sábado	
Media	3.5655
Mediana	3.7313
Desviación estándar	0.3137
Mínimo	3.1847
Máximo	3.9370
Suma	32.0891
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 37. Estadística descriptiva caudales (lts/seg) Domingo

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES SALIDA (LTS/SEG) Domingo	
Media	3.2210
Mediana	3.2680
Desviación estándar	0.1971
Mínimo	2.8571
Máximo	3.4247
Suma	28.9894
Cuenta	9

Fuente: Autor

Tabla 38. Resumen de medias diarias de caudales de salida PTAR Callate

RESUMEN DE MEDIAS DIARIAS DE CAUDALES PTAR	
DÍA	MEDIA (LTS/SEG)
Lunes	3.2275
Martes	4.3490
Miércoles	4.6284
Jueves	3.8586
Viernes	3.8545
Sábado	3.5655
Domingo	3.2210

Fuente: Autor

Tabla 39. Estadística Descriptiva caudales de salida PTAR Callate

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA CAUDALES PTAR (LTS/SEG)	
Media	3.8149
Error típico	0.0165
Desviación estándar	0.5339
Mínimo	3.2210
Máximo	4.6284
Suma	26.7044
Cuenta	7

Fuente: Autor

Los resultados de la investigación de campo y los datos registrados indican que el caudal máximo de salida se da el mismo día que el caudal de entrada el miércoles, con un valor de 4.6284 lts/seg. Además, se determina que el promedio de la muestra es de 3.8149 lts/seg. Estas cifras se usarán para comprobar el funcionamiento óptimo de las unidades de la PTAR.

A continuación, se indican las mediciones de caudales:



Figura 11. Medición de caudal de entrada

Fuente: Autor

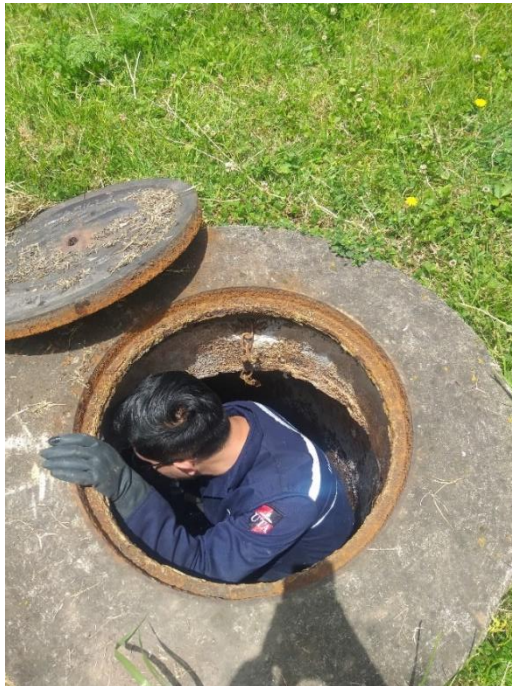


Figura 12. Medición de caudal de salida

Fuente: Autor

2.3.2 Toma de muestras

Se utilizó un enfoque experimental para recolectar las muestras de agua residual en el día con el mayor volumen de agua, que se determinó que eran los miércoles. Esta

información se obtuvo analizando los datos y se encontró que el pico más alto en el caudal del agua ocurría a las 10 AM de ese día. Por lo tanto, las muestras se recolectaron el miércoles 30 de noviembre de 2022 a las 10:00 AM, cumpliendo con los principios establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización en su norma NTE INEN 2176:98 para la calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo.



Figura 13. Toma de muestras de agua residual de entrada de la PTAR Callate.
Fuente: Autor



Figura 14. Toma de muestras de agua residual de salida de la PTAR Callate.
Fuente: Autor

A continuación, las muestras recolectadas se llevaron al Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo UNACH para analizarlos y determinar sus características más importantes, cumpliendo con lo establecido en la

normativa NTE INEN 2169:98 sobre calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de las muestras.



Figura 15. Transporte de muestras obtenidas de la PTAR Callate.
Fuente: Autor



Figura 16. Conservación de muestras obtenidas de la PTAR Callate.
Fuente: Autor

2.3.3 Investigación de Laboratorio

El informe de los análisis realizados en el Laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo UNACH, se establecen en los anexos finales, y serán analizados y discutidos en el capítulo III del presente trabajo.

2.3.4 Análisis y verificación del funcionamiento de la PTAR Callate

En la actualidad, la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR Callate es operada y tiene un mantenimiento a cargo de la Dirección de Obras Públicas, Mantenimiento y Fiscalización del GADMS Píllaro. Recibe las aguas servidas provenientes del sistema de alcantarillado del sector Callate. La planta se encuentra en un buen estado regularmente se realiza limpieza de la vegetación dentro del perímetro de la PTAR y periódicamente los operarios realizan limpieza únicamente de las rejillas de la misma.

La planta dispone de un pozo recolector aliviadero, canal Parshall y desarenador, 2 Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente, 3 filtros Anaerobios de Flujo Ascendente, lecho de secado de lodos, bypass, compuerta metálica con volante, tuberías de 300, 200, 160, 110 y 90 mm, muro de hormigón armado y cerramiento.

Se presenta el esquema grafico del medio de funcionamiento de la planta de tratamiento.

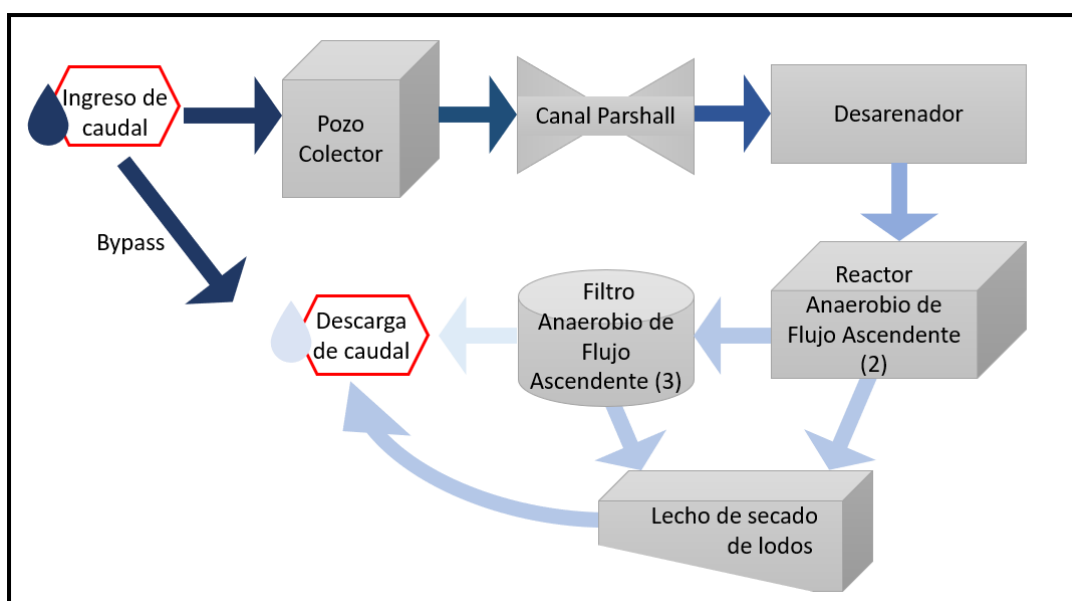


Figura 17. Proceso de funcionamiento de la PTAR Callate
Fuente: Autor

2.3.4.1 Desarenador

El caudal de entrada de aguas servidas proveniente de la red de alcantarillado sanitario previo a el ingreso a la planta llega a un pozo colector aliviadero después pasa por un canal Parshall y a continuación hace paso por el desarenador la cual es una estructura de hormigón armado, que recibe el caudal a través de una tubería de PVC de 250 mm de diámetro. El estado de la estructura es muy bueno y cumple con el objetivo para el cual fue diseñado.



Figura 18. Desarenador

Fuente: Autor

2.3.4.2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

El reactor recibe el caudal después del paso por el desarenador, donde cumple la función de descomponer los residuos orgánicos con el uso de microorganismos anaerobios. Es una estructura de hormigón armado la cual se encuentra en un estado excelente exceptuando algunas de las tapas de las diferentes cámaras del reactor que

se encuentran parcialmente destruidas. Consta con una conexión con válvula hacia los tres filtros de flujo ascendente y de igual manera otra conexión directa hacia el lecho de secado de lodos con su respectiva válvula de paso.



Figura 19. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

Fuente: Autor

2.3.4.3 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Es un sistema de tratamiento de aguas residuales, en este caso tiene forma cilíndrica y está construido de hormigón armado. El filtro anaerobio de flujo ascendente utiliza bacterias anaerobias para degradar compuestos orgánicos. Compuesto por compartimentos con medios filtrantes, el agua residual fluye a través del filtro y se degrada a medida que avanza. Este tipo de filtro es eficiente en la eliminación de compuestos orgánicos y es adecuado para aplicaciones de bajo costo y con un impacto ambiental reducido, pero requiere un mantenimiento regular.



Figura 20. Filtros Anaeróbicos de Flujo Ascendente

Fuente: Autor

El estado estructural de las FAFAS es bueno, aunque las paredes externas se encuentran un poco deterioradas por acción del clima y las tuberías de PVC presentan un deterioro en sus conexiones, aunque no se detectó filtraciones evidentes.



Figura 21. Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente 2

Fuente: Autor

2.3.4.4 Lecho de secado de lodos

Es un sistema de tratamiento de aguas residuales construido en hormigón armado, que recibe los lodos acumulados, al realizar el mantenimiento del reactor anaerobio de flujo ascendente y de los filtros anaerobios de flujo ascendente, se utiliza para reducir la humedad en los lodos residuales y convertirlos en material seco y manejable. Consiste en una superficie inclinada donde se depositan los lodos húmedos y se secan bajo condiciones naturales. Es una opción eficiente y económica para la gestión de lodos residuales, pero requiere una adecuada gestión ambiental y monitorización.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Análisis de resultados de laboratorio

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del sector Callate recibe agua residual de origen doméstico y pluvial, por lo que fue necesario llevar a cabo la toma de muestras para ser analizadas y comprobar la eficiencia de la PTAR. Estos muestreos fueron llevados a cabo el día de mayor caudal y la hora pico de ese día que se estableció en la tabla 14 y enviados al laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, donde se preservaron siguiendo las normas NTE INEN 2 176 y NTE INEN 2 169. El proceso de muestreo se realizó así:

- El miércoles 30 de noviembre de 2022 en el horario de 11:00 AM se realizó la toma de muestras de entrada y salida de la PTAR Callate ya que fue el día y la hora que mayor caudal se registró.

3.1.2 Análisis comparativos de los resultados de la PTAR con el TULSMA 2015

De acuerdo con los análisis realizados luego de la toma de muestras de las aguas residuales de entrada y salida se ha tabulado la siguiente tabla que muestra la información correspondiente de cada uno de los parámetros evaluados para conocer la eficiencia de la PTAR Callate.

La tabla 40 nos muestra el parámetro evaluado y su comparativa entre la toma de muestras de entrada y de salida, y la compara con los límites establecidos para descarga de la TULSMA, por consecuente se realiza la verificación si cumple o no cumple dichos límites.

Tabla 40. Resultados del análisis comparativo de las muestras de entrada y de salida de la PTAR Callate con la TULSMA 2015

Parámetro	Unidad	Procedimiento	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	PE-LSA-01	7.14	6.66	6 - 9	SI
DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 – D	343	210	200	NO
DBO5	mgO ₂ /l	STANDARD METHODS 5210 – B	189	95	100	SI
Sólidos suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	216	177	130	NO
Sólidos totales	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - B	356	248	1600	SI

Fuente: Autor

Conforme a los resultados obtenidos se observa que de los 5 parámetros evaluados 3 cumplen con los límites establecidos por la norma y dos de ellos no cumplen, pero los parámetros que exceden dichos límites son bajos de manera que no representan un problema de funcionamiento de los elementos de la PTAR más bien es resultado de la falta de mantenimiento de estos.

Tabla 41. Eficiencia de la PTAR en la remoción de los parámetros evaluados.

Parámetro	Unidad	Líquido de ingreso (Afluente)	Líquido de descarga (Efluente)	% eficiencia de remoción
pH	-	7.14	6.66	6.72
DQO	mg/l	343	210	38.78
DBO5	mgO ₂ /l	189	95	49.74
Sólidos suspendidos	mg/l	216	177	18.06
Sólidos totales	mg/l	356	248	30.34

Fuente: Autor

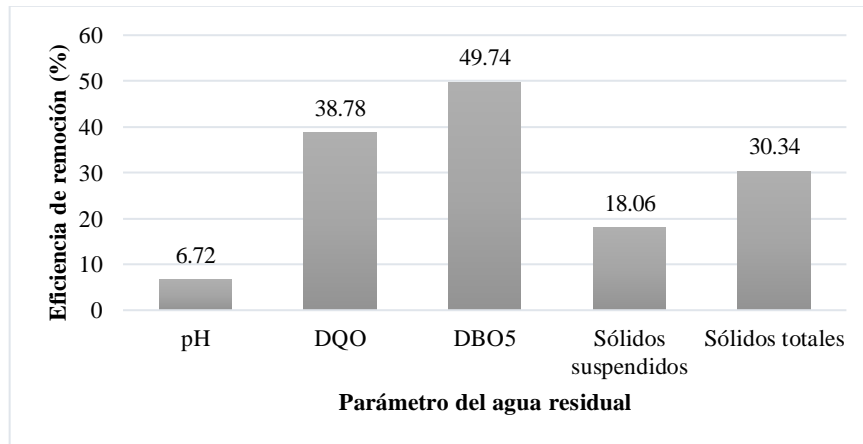


Gráfico 1. Eficiencia de la PTAR en la remoción de los parámetros evaluados.

Fuente: Autor

En la tabla 42 se observa los resultados obtenidos en el análisis realizado por la Dirección de Obras Públicas, Mantenimiento y Fiscalización del GADMS Píllaro que es la entidad encargada en la operación y el mantenimiento de la PTAR Callate.

De acuerdo con la información brindada por el Ingeniero Juan Pulluquitin que forma parte de la entidad, se realiza únicamente los análisis de descarga.

La toma de muestra para la evaluación de los análisis fue realizada el 5 de julio del 2022 de acuerdo con el informe de resultados proporcionado por el municipio, el informe forma parte de los anexos del presente trabajo.

Tabla 42. Resultados del análisis comparativo de la muestra de salida de la PTAR Callate con la TULSMA 2015

Parámetro	Unidad	Procedimiento	Líquido de descarga (Efluente)	TULSMA (Límite máximo)	Cumple
pH	-	AAA-PI-A002/ SM 4500-H+ B	7.5	6 - 9	SI
DQO	mg/l	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	109	200	SI
DBO5	mgO ₂ /l	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	72	100	SI
Sólidos suspendidos	mg/l	AAA-PE-A034/ HACH 8006	94	130	SI

Fuente: GADMS Píllaro

De acuerdo con los análisis obtenidos por el municipio de Píllaro se observa que los parámetros cumplen con los límites establecidos por la TULSMA, estos resultados son solo expuestos como una comparativa con los análisis realizados por nuestra parte y que sustentan que la PTAR cumple con la eficiencia requerida siempre y cuando se realicen los mantenimientos necesarios.

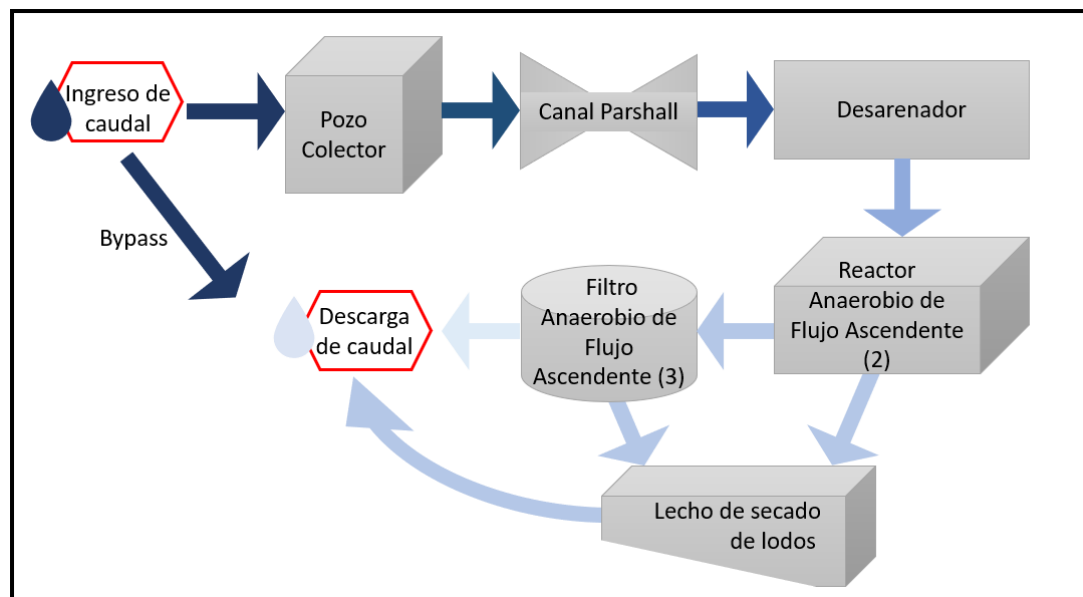
3.2 Evaluación de la PTAR Callate

3.2.1 Diagnostico Técnico

Una vez recolectada la información de la planta de tratamiento de aguas residuales Callate, se logró obtener datos sobre las dimensiones y características del agua residual que entra y sale de la estación. Con esta información, se puede evaluar el rendimiento actual de cada uno de los elementos hidráulicos que se utilizan para tratar el agua residual.

3.2.2 Procesos que conforman el tren de tratamiento de la PTAR Callate actualmente.

En el siguiente esquema se muestra como está conformado el proceso actual y las etapas por la que es tratada el agua residual que llega a la PTAR.



*Figura 22. Proceso de funcionamiento de la PTAR Callate
Fuente: Autor*

3.2.3 Dimensiones actuales de la PTAR Callate

3.2.3.1 Desarenador

Es una estructura de hormigón armado, se utiliza para separar y remover los sólidos en suspensión de aguas residuales antes de que pasen al reactor anaerobio de flujo ascendente. El objetivo principal del desarenador es reducir la cantidad de sólidos en suspensión en el agua residual antes de que sea tratada, ayuda a mejorar la eficiencia del tratamiento y a reducir los costos de operación. El desarenador utiliza diferentes métodos para separar los sólidos, como la flotación, la sedimentación y el tamizado.

El desarenador recibe el caudal de entrada por un canal Parshall que a su vez este recibe el caudal de un pozo colector conectado a la red de alcantarillado, a la salida el caudal se dirige por medio de tuberías internas hacia el reactor anaerobio de flujo ascendente.

Tabla 43. Dimensiones del desarenador

DIMENSIONES DESARENADOR		
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	8.61	m
Ancho	0.92	m
Altura	0.60	m
Espesor de paredes	0.20	m

Fuente: Autor

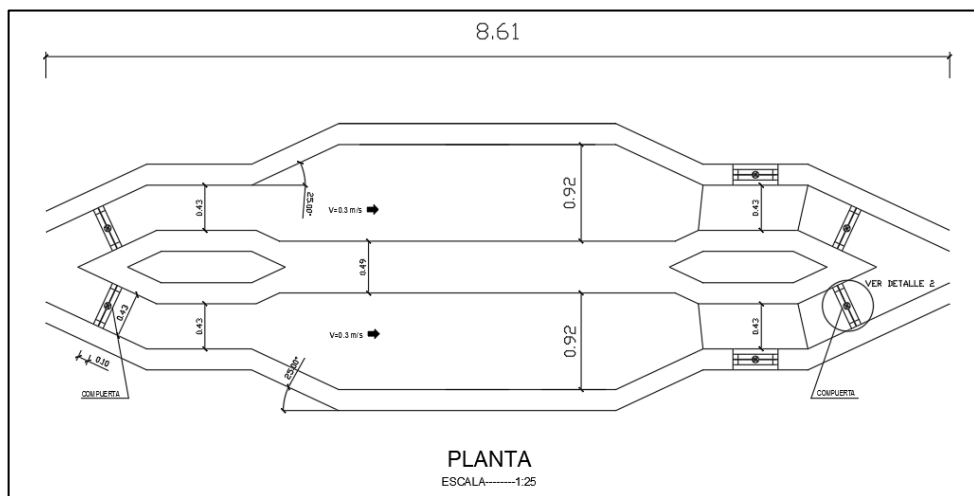


Figura 23. Vista en planta del desarenador de la PTAR Callate

Fuente: Autor

3.2.3.2 Reactor Anaerobio de flujo ascendente

Es un sistema que se usa para tratar aguas residuales o desechos orgánicos mediante la acción de microorganismos anaerobios. Estos microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el agua o en los desechos, produciendo biogás (principalmente metano y dióxido de carbono) como producto final.

Son 2 estructuras de hormigón armado gemelas, conectadas entre sí que reciben el caudal proveniente del desarenador por medio de tuberías de PVC de 200 mm, el reactor una vez cumplido su objetivo conduce las aguas tratadas hacia las FAFA por una conducción de tuberías de 160 mm, además cuenta con una conexión directa hacia el lecho de secado de lodos por medio de una tubería de 200 mm.

Tabla 44. Dimensiones del reactor anaerobio de flujo ascendente

DIMENSIONES REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE		
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Largo	4.90	m
Ancho	5.40	m
Altura	4.33	m
Espesor de paredes	0.20	m

Fuente: Autor

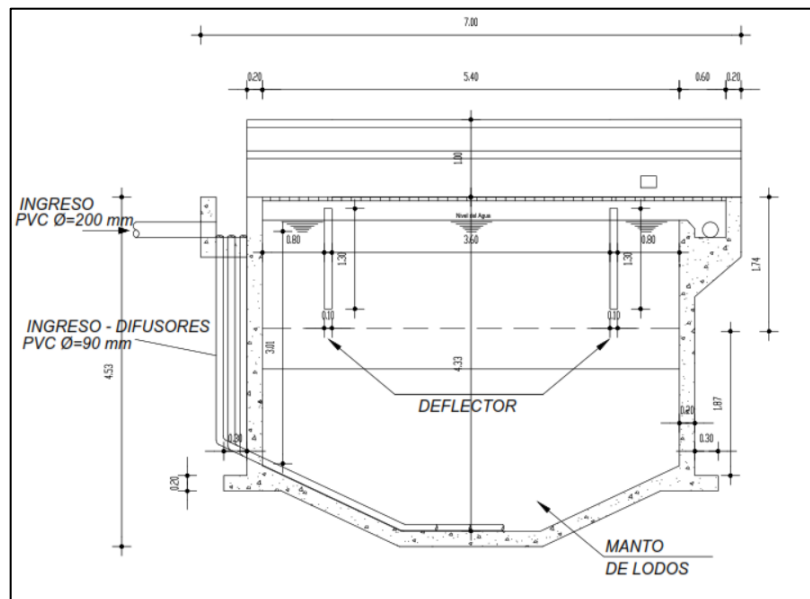


Figura 24. Corte longitudinal del reactor anaerobio de flujo ascendente

Fuente: Autor

3.2.3.3 Filtro anaerobio de flujo ascendente

Este sistema de tratamiento de aguas residuales está construido en hormigón armado, el cual utiliza microorganismos anaerobios para descomponer los contaminantes orgánicos, este proceso se lleva a cabo en un tanque cilíndrico que recibe el caudal del reactor anaerobio de flujo ascendente por medio de tuberías internas de 160 mm en el que el agua residual se filtra a través de un medio filtrante en este caso grava, donde los microorganismos anaerobios descomponen los contaminantes. Los sólidos se retienen en el medio filtrante y el agua tratada se drena a través de tuberías de mm hacia la descarga en la quebrada Callate.

Tabla 45. Dimensiones del filtro anaerobio de flujo ascendente

DIMENSIONES FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDETE		
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	1.50	m
Diámetro	5.38	m
Espesor de paredes	0.12	m

Fuente: Autor

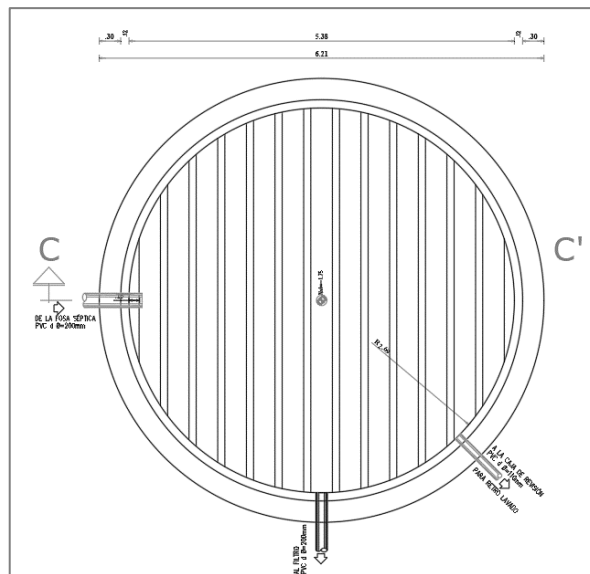


Figura 25. Vista en planta del filtro anaerobio de flujos ascendente

Fuente: Autor

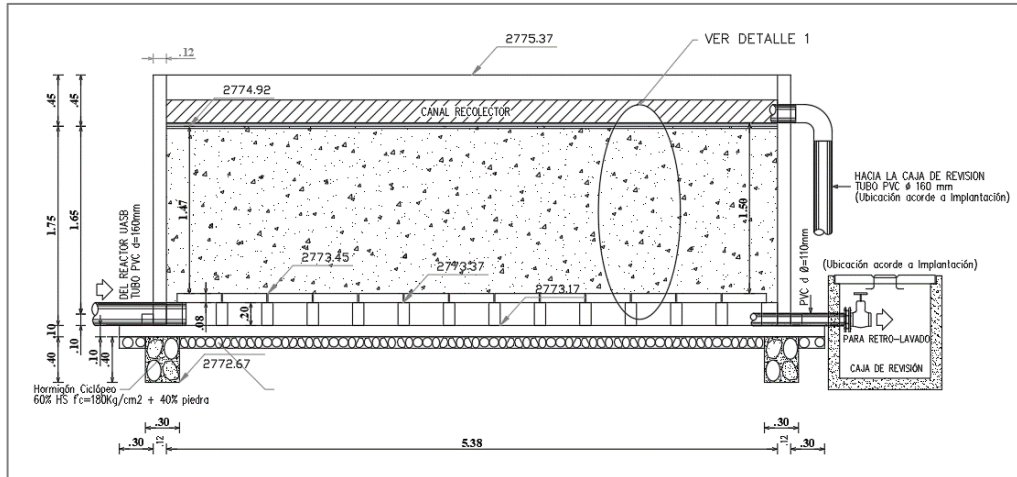


Figura 26. Corte C-C' del filtro anaerobio de flujo ascendente

Fuente: Autor

3.2.3.4 Lecho de secado de lodos

Es una estructura de hormigón armado, en el caso de este lecho de secado de lodos, se utiliza para separar sólidos y líquidos en el agua residual. Los lodos se depositan en el fondo de la estructura y el agua limpia se drena. Estos lodos son tratados y deshidratados para su eliminación. El lecho de secado de lodos tiene una conexión directa del reactor anaerobio de flujo ascendente por medio de una tubería de 200 mm y de la misma manera una conexión con los filtros anaerobios de flujo ascendente por medio de una tubería de 110 mm.

Tabla 46. Dimensiones del lecho de secado de lodos

DIMENSIONES LECHO DE SECADO DE LODOS		
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Altura	1.50	m
Largo	5.40	m
Ancho	5.30	m
Espesor de paredes	0.15	m

Fuente: Autor

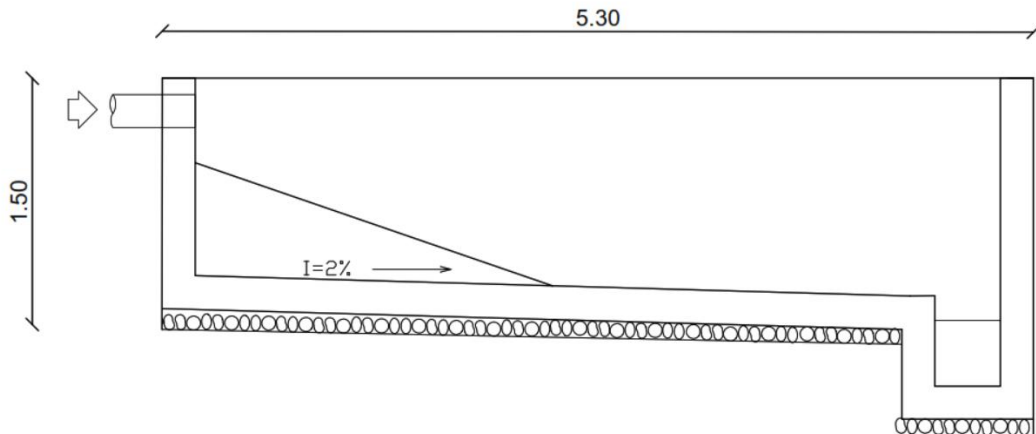


Figura 27. Lecho de secado de lodos

3.2.4 Diagnostico teórico del funcionamiento actual de la PTAR Callate

De acuerdo con información proporcionada por el GADS Píllaro en el catastro realizado a las PTARs del cantón, la PTAR Callate tiene una capacidad de trabajo con un caudal de diseño de 20.80 L/s y una población de diseño de 7650 habitantes.

Es por esto por lo que el diagnóstico del funcionamiento de la PTAR se llevara a cabo bajo el Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento CONAGUA 2015 y el Código Ecuatoriano de la Construcción parte IX Obras Sanitarias, siguiendo las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Conforme a los datos obtenidos anteriormente, el caudal utilizado para la evaluación de la PTAR Callate se realizó con el caudal máximo horario ($Q_{MH} = 4.67 \frac{L}{s}$).

3.2.4.1 Diagnostico teórico del funcionamiento del desarenador

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la construcción el objetivo del desarenador es remover las partículas de gran dimensión acarreadas por el agua y con esto evitar la acumulación de sedimentos en los sistemas de conducción, conservar y proteger las unidades que se encuentran a continuación del proceso. [19]

En la siguiente tabla se muestra los criterios para el diseño de desarenadores horizontales con control de velocidad, como el caso del desarenador de la PTAR Callate que consta con un canal Parshall en el entrada y dos canales usados para control de velocidad del flujo de agua, además que el diseño de los dos canales es usado con fines de limpieza.

Tabla 47. Criterios de diseño para desarenadores horizontales

Componente	Rango	Comentario
Dimensiones		
Profundidad del agua (m)	0.6 – 1.5	Depende del área del canal y del gasto
Longitud (m)	3 – 25	En función de la profundidad del canal y de la velocidad de sedimentación de la arena
% adicional por entrada y turbulencia	25 – 50	Basado en la longitud teórica
Tiempo de retención a gasto pico (s)	15 – 90	En función de la velocidad y la longitud del canal
Velocidad horizontal (m/s)	0.15 – 0.4	Velocidad óptima, 0.3 m/s

Fuente: Design of Municipal Wastewater Treatment Plants, Volume I (1992)[20]

El desarenador de la PTAR Callate se encuentra dentro de los criterios de diseño establecidos en la tabla 32, de igual manera se estableció un cálculo del dimensionamiento de este componente basado en la Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores de la CONAGUA.

Los datos para el diagnóstico del funcionamiento del desarenador son los siguientes:

Tabla 48. Datos para diagnóstico del desarenador

Parámetro	Simbología	Valor	Unidad
Caudal de Diseño	Q	4.67	L/s
Peso específico de la arena	ρ_s	2.65	g/cm ³
Temperatura del agua residual	T	15	°C
Viscosidad cinemática (en función de la temperatura)	η	1.1457×10^{-2}	cm ² /s
Tamaño de partículas	d	0.02	cm
Aceleración de gravedad	g	981	cm/s ²

Fuente: Autor

- **Velocidad de sedimentación**

$$V_s = 0.85[g(\rho_s - 1)\eta]^{1/3}$$

$$V_s = 0.85 \left[981 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} (2.65 - 1) 1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}} \right]^{1/3}$$

$$V_s = 2.25 \text{ cm/s}$$

- **Numero de Reynolds**

$$Re = \frac{V_s * d}{\eta}$$

$$Re = \frac{2.25 \frac{\text{cm}}{\text{s}} * 0.02 \text{ cm}}{1.1457 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 3.93$$

- **Coefficiente de arrastre**

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

$$C_D = \frac{24}{3.93} + \frac{3}{\sqrt{3.93}} + 0.34$$

$$C_D = 7.96$$

- **Velocidad Critica del flujo**

Tabla 49. Coeficiente "a" en función del diámetro de partículas

Diámetro	a
d > 1mm	36
1 mm > d > 0.1mm	44
d < 0.1 mm	51

Fuente: Guía de Obras hidráulicas menores.

$$Vd = a * \sqrt{d}$$

$$Vd = 44 * \sqrt{0.2}$$

$$Vd = 19.68 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$Vd = 0.1968 \frac{m}{s}$$

- **Área transversal del desarenador**

$$A_T = \frac{Qd}{Vd}$$

$$A_T = \frac{0.00467 \frac{m^3}{s}}{0.1968 \frac{m}{s}}$$

$$A_T = 0.0237 m^2$$

- ❖ **Verificación de las dimensiones del desarenador**

De acuerdo con la norma el desarenador debe tener una relación ancho / profundidad de 1.5 : 1.

$$B = 1.5h$$

- **Altura teórica del desarenador**

$$A_T = B * h$$

$$A_T = 1.5h * h$$

$$h = \sqrt{\frac{A_T}{1.5}}$$

$$h = \sqrt{\frac{0.0237 m^2}{1.5}}$$

$$h = 0.13 m$$

La altura del desarenador de acuerdo con las medidas tomadas es de 0.60 m y según el cálculo realizado sería 0.13 m lo que indica que la altura se encuentra bien dimensionada ya que por criterios de construcción y por qué el aforo en un futuro llegara a ser más grande está bien dimensionado.

- **Ancho teórico del desarenador**

$$B = 1.5h$$

$$B = 1.5(0.126m)$$

$$B = 0.19 m$$

El ancho medido del desarenador en campo fue de 0.92 m y en el cálculo realizado 0.189 m cumple con los requerimientos de aforo de la PTAR y de acuerdo al calculo real de la PTAR este se encuentra bien dimensionado como se muestra a continuación:

$$B = 1.5h$$

$$B = 1.5(0.60m)$$

$$B = 0.90 m$$

- **Largo teórico del desarenador**

$$L = \frac{Vd * h}{Vs - 0.04 * Vd}$$

$$L = \frac{0.1968 \frac{m}{s} * 0.126 m}{0.0225 \frac{m}{s} - 0.04 * 0.1968 \frac{m}{s}}$$

$$L = 1.70 m$$

El largo real del desarenador es el siguiente:

$$L = \frac{Vd * h}{Vs - 0.04 * Vd}$$

$$L = \frac{0.1968 \frac{m}{s} * 0.60 m}{0.0225 \frac{m}{s} - 0.04 * 0.1968 \frac{m}{s}}$$

$$L = 8.07 m$$

El desarenador cumple con los criterios de diseño en cuestión de largo pues con el cálculo teórico realizado es inferior al real por consecuente no habría problema de aforo en la sedimentación de las partículas.

A continuación, se muestra una tabla con las medidas reales y las teóricas.

Tabla 50. Dimensiones del desarenador reales y teóricas

DIMENSIONES DESARENADOR			
PARAMETRO	VALOR REAL	VALOR TEÓRICO	NORMA CONAGUA
Largo (m)	8.61	1.70	CUMPLE
Ancho (m)	0.92	0.19	CUMPLE
Altura (m)	0.60	0.13	CUMPLE
Espesor de paredes (m)	0.20	0.20	CUMPLE

Fuente: Autor

3.2.4.2 Diagnostico teórico del funcionamiento del reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA).

Dentro del código ecuatoriano de la construcción se establece que el reactor anaerobio de flujo ascendente es una unidad para el tratamiento anaerobio de aguas residuales las cuales circulan de abajo hacia arriba a través de un manto de lodos para estabilizar la materia orgánica de manera parcial y el desecho se retira del proceso en la parte superior.[19]

En la siguiente tabla se muestran los criterios para el diseño de reactores anaerobios de flujo ascendente de acuerdo a la CONAGUA, los parámetros y el rango de valores de dimensionamiento.

Tabla 51. Criterios de diseño para reactores anaerobios de flujo ascendente

Criterio	Parámetros	Rango de valores
Distribución del afluente	Diámetro del tubo de distribución del afluente (mm)	75-100
	Diámetro de la desembocadura del tubo de distribución (mm)	40-50
	Distancia entre la parte superior del tubo de distribución y el nivel del agua en el sedimentador (m)	0.2-0.3
	Distancia entre la desembocadura y la parte inferior del reactor (m)	0.1-0.15
	Área de influencia de cada tubo de distribución (m ²)	2 a 3

Colector de biogás	Tasa de liberación mínima de biogás (m ³ /m ² h)	1
	Tasa de liberación máxima de biogás (m ³ /m ² h)	3 a 5
	Concentración de metano en el biogás (%)	70-80
Compartimiento de sedimentación	La superposición de los deflectores de gas en relación con la abertura para el compartimiento de la sedimentación (m)	0.1-0.15
	Pendiente mínima de las paredes del sedimentador (°)	45
	Pendiente óptima de las paredes del sedimentador (°)	50-60
	Profundidad del compartimiento del sedimentador (m)	1.5-2
Colector del efluente	Inmersión del deflector de nata o el perforado del tubo de recolección (m)	0.2-0.3
	Número de vertedores triangulares (unidades/m ² del reactor)	1 a 2
Producción y muestreo del lodo	Rendimiento de la producción de sólidos (kgSST/kgDQOaplicada)	0.1-0.2
	Rendimiento de la producción de sólidos, en términos de DQO (kgDQOlodo/kgDQOaplicada)	0.11-0.23
	Concentración de sólidos esperado en el exceso de lodo (%)	2 a 5
	Densidad del lodo (kg/m ³)	1 020-1 040
	Diámetro de las tuberías de descarga del lodo (mm)	100-150
	Diámetro de las tuberías de muestreo del lodo (mm)	25-50

Fuente: CONAGUA, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento libro 31.[21]

Verificación de las dimensiones del reactor anaerobio de flujo ascendente

Tabla 52. Resumen de los principales criterios hidráulicos para el diseño de reactores RAFA

Criterio/ Parámetro	Rango de valores, como una función de flujo			
	Q_{prom}	Q_{max}	Q_{pico} (*)	Unidades
Carga volumétrica hidráulica	<4	<6	<7	m ³ /(m ³ d)
Tiempo de residencia hidráulica	6 a 9	4 a 6	>3.5-4	h

Velocidad de flujo ascendente	0.5-0.7	<0.9 - 1.1	<1.5	m/h
Velocidad en la abertura para sedimentación	<2-2.3	<4-4.2	<5.5-6	m/h
Tasa de carga de superficie en el sedimentador	0.6-0.8	<1.2	<1.6	m/h
Tiempo de residencia hidráulica en el sedimentador	1.5-2	>1	>0.6	h

Fuente: CONAGUA, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento libro 31.[21]

A continuación, se muestran los parámetros para la verificación del RAFA.

Tabla 53. Información requerida para diagnóstico del RAFA.

Parámetros	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Caudal afluente promedio: Q_{ip}	300.67	m ³ /d	12.53	m ³ /h
Caudal afluente máximo horario: $Q_{max h}$	403.49	m ³ /d	16.81	m ³ /h
DQO afluente promedio (So):	343	g/m ³	0.343	kg/m ³
DBO afluente promedio (So):	189	g/m ³	0.189	kg/m ³
Temperatura del agua residual	15	°C		
Coeficiente del rendimiento de sólidos: Y	0.15	kgSST/kgDQOapp		Valores de diseño Tabla 37
Coeficiente del rendimiento de sólidos, en términos de DQO: Y_{obs}	0.16	kgDQOolodo/kgDQOapp		
Concentración esperada de la descarga del lodo: C	4	%		
Densidad del lodo: y	1020	kg/m ³		

Fuente: Autor

Los valores de caudal promedio y caudal máximo horario se toman de las tablas tabuladas de ingreso de caudal de la PTAR Callate realizando su transformación a las unidades requeridas para el cálculo, de la misma manera el DQO y DBO se toma de los análisis de entrada realizado a la PTAR.

- **Cálculo de la carga de DQO afluente promedio (Lo)**

$$Lo = So * Qip$$

$$Lo = 0.343 \frac{kg}{m^3} * 300.67 \frac{m^3}{d}$$

$$Lo = 103.13 \frac{kgDQO}{d}$$

- **Tiempo de residencia hidráulica (t)**

De acuerdo con la Tabla 37, se adopta un TRH de 8 horas = 0.333 días

- **Volumen total del reactor (V)**

$$V = Qip * t$$

$$V = 300.67 \frac{m^3}{d} * 0.333 d$$

$$V = 100.12 m^3$$

- **Numero de módulos del reactor**

De acuerdo con el diseño del reactor de la PTAR Callate este consta con dos módulos de esta manera tenemos que N=2.

Chernicharo de Lemos menciona que, se recomienda que el volumen del reactor no sea mayor a 1,500 metros cúbicos debido a las limitaciones de operación y construcción, aunque no hay un límite establecido. En el caso de sistemas pequeños para el tratamiento de aguas residuales domésticas, se suele utilizar módulos con capacidades de entre 400 y 500 metros cúbicos.[22]

- **Volumen de cada modulo**

$$Vu = \frac{V}{N}$$

$$Vu = \frac{100.12m^3}{2}$$

$$Vu = 50.06 \text{ m}^3$$

- **Área de cada módulo**

Se asume una altura para el modulo en referencia a la altura real medida de 4 m.

$$A = \frac{Vu}{H}$$

$$A = \frac{50.06 \text{ m}^3}{4 \text{ m}}$$

$$A = 12.52 \text{ m}^2$$

Para una configuración de reactores rectangulares y estableciendo el ancho (a) del reactor en 4 m: donde $A = l * a$

$$A = l * a$$

$$l = A/a$$

$$l = 12.52 \text{ m}^2 / 4 \text{ m}$$

El largo es: $l = 3.13 \text{ m}$

- **Verificación del área, volumen y tiempo de residencia hidráulica:**

Área correcta:

$$At = N * A$$

$$At = 2 * 12.52 \text{ m}^2$$

$$At = 25.04 \text{ m}^2$$

Volumen total correcto:

$$Vt = At * H$$

$$Vt = 25.04 \text{ m}^2 * 4 \text{ m}$$

$$Vt = 100.16 \text{ m}^3$$

Tiempo de residencia hidráulica corregido:

$$t = \frac{Vt}{Qip}$$

$$t = \frac{100.16 \text{ m}^3}{300.67 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}$$

$$t = 0.333 \text{ d}$$

$$t = 8 \text{ horas}$$

Tabla 54. Dimensiones del RAFA reales y teóricas

DIMENSIONES REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE			
PARAMETRO	VALOR REAL	VALOR TEÓRICO	NORMA CONAGUA
Largo (m)	4.90	3.13	CUMPLE
Ancho (m)	5.40	4.00	CUMPLE
Altura (m)	4.33	4.00	CUMPLE
Espesor de paredes (m)	0.20	0.20	CUMPLE

Fuente: Autor

De acuerdo con la tabla 36 el dimensionamiento del RAFA de la PTAR Callate está dentro de los valores referidos por el Manual de la CONAGUA, de tal manera el diagnostico ha realizado de este elemento cumple con dichos criterios de igual manera

▪ **Verificación de las cargas aplicadas:**

Carga hidráulica volumétrica (CHV):

$$CHV = \frac{Q_{ip}}{V}$$

$$CHV = \frac{300.67 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{100.16 \text{ m}^3}$$

$$CHV = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \text{ d}}$$

Carga orgánica volumétrica (COV):

$$COV = \frac{Q_{ip} * S_o}{V}$$

$$COV = \frac{300.67 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} * 0.343 \frac{\text{kgDQO}}{\text{m}^3}}{100.16 \text{ m}^3}$$

$$COV = 1.03 \frac{kgDQO}{m^3 \cdot d}$$

- **Verificación de las velocidades del flujo ascendente:**

Para Q_{ip} :

$$v = \frac{Q_{ip}}{At}$$

$$v = \frac{300.67 \frac{m^3}{d}}{25.04 m^2}$$

$$v = 12 \frac{m}{d}$$

$$v = 0.5 \frac{m}{h}$$

Para $Q_{m\acute{a}x-h}$:

$$v = \frac{Q_{maxh}}{At}$$

$$v = \frac{403.49 \frac{m^3}{d}}{25.04 m^2}$$

$$v = 16.11 \frac{m}{d}$$

$$v = 0.67 \frac{m}{h}$$

Se ha constatado que las velocidades de flujo ascendente se encuentran dentro del rango especificado en la Tabla 37 de los criterios de diseño de una (RAFA).

- **Estimación de las eficiencias de remoción de la DQO del sistema**

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * t^{-0.35})$$

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0.68 * 8^{-0.35})$$

$$E_{DQO} = 67\%$$

- **Estimación de las eficiencias de remoción de la DBO del sistema**

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.7 * t^{-0.50})$$

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0.7 * 8^{-0.50})$$

$$E_{DQO} = 75\%$$

- **Estimación de las concentraciones de DQO y DBO en el efluente final:**

$$C_{elf} = S_o - \frac{(E * S_o)}{100}$$

$$C_{elf} = 0.343 \frac{kg}{m^3} - \frac{(67 * 0.343 \frac{kg}{m^3})}{100}$$

$$C_{elf} = 0.113 \frac{kgDQO}{m^3} \quad \text{ó} \quad 113.19 \frac{mgDQO}{L}$$

$$C_{elf} = S_o - \frac{(E * S_o)}{100}$$

$$C_{elf} = 0.189 \frac{kg}{m^3} - \frac{(67 * 0.189 \frac{kg}{m^3})}{100}$$

$$C_{elf} = 0.062 \frac{kgDBO}{m^3} \quad \text{ó} \quad 63.37 \frac{mgDBO}{L}$$

En los parámetros de eficiencia de remoción finales de las concentraciones de DBO y DQO de acuerdo con el tiempo de retención calculado en 8 horas se estima una remoción del 67% y 75% respectivamente, pero estas han alcanzado un porcentaje de 39% y 50% respectivamente lo que implica un problema en el funcionamiento del RAFA.

3.2.4.3 Diagnostico teórico del funcionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

El diagnostico de este elemento será bajo el Manual de la CONAGUA 2015, Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente.

En la siguiente tabla se muestra los criterios para el diseño de FAFAs después de haber pasado por un reactor anaerobio, lo cual se adapta al diseño del tren de tratamiento de la PTAR Callate.

Tabla 55. Criterios de diseño para filtros anaerobios aplicables para el post tratamiento de efluentes de reactores anaerobios

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

Fuente: Chernicharo de Lemos Reactores Anaerobios[22]

De acuerdo con la información contenida en la tabla 40 las FAFAs de la PTAR Callate cumplen con los parámetros de diseño establecidos dentro de la norma de CONAGUA, sin embargo, se realizará el cálculo para la evaluación del funcionamiento con los datos medidos en campo.

Tabla 56. Datos para el diagnóstico del filtro anaerobio de flujo ascendente

Datos	Valor	Unidad
Temperatura (t):	15	°C
Diámetro del tanque (D):	5.38	m
Altura del tanque (H):	1.50	m
Longitud del bordo libre (b)	0.30	m
Longitud del bajo dren (d)	0.20	m

Fuente: Autor

- **Altura del material filtrante**

$$h_{mf} = H - b - d$$

$$h_{mf} = 1.50m - 0.30m - 0.20m$$

$$h_{mf} = 1.00m$$

- **Área superficial del filtro (A).**

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

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

$$A = 22.73m^2$$

- **Volumen del medio filtrante**

$$V = hm(A)$$

$$V = 1m * (22.73 m^2)$$

$$V = 22.73 m^3$$

- **Cálculo del intervalo de caudales en que debe trabajar el filtro**

De acuerdo con la tabla 40 la carga orgánica volumétrica se encuentra entre 0.25 y 0.75 kg de DBO m³ /d.

Para la evaluación de del caudal máximo se tomará 0.75 kg de DBO m³ /d y para el caudal mínimo 0.25 kg de DBO m³ /d.

$$So = 0.189 \text{ kgDBO/m}^3$$

- ❖ Caudal Máximo

$$Q_{max} = \frac{0.75(V)}{So}$$

$$Q_{max} = \frac{0.75 \frac{\text{kgDBO}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} * (22.73 \text{ m}^3)}{0.189 \frac{\text{kgDBO}}{\text{m}^3}}$$

$$Q_{max} = 180.20 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 2.086 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

- ❖ Caudal mínimo

$$Q_{min} = \frac{0.25(V)}{S_o}$$

$$Q_{min} = \frac{0.25 \frac{kgDBO}{m^3 \cdot d} * (22.73 m^3)}{0.189 \frac{kgDBO}{m^3}}$$

$$Q_{min} = 30.06 \frac{m^3}{d} = 0.35 \frac{L}{s}$$

- **Cálculo de los tiempos de residencia hidráulica**

$$TRH_{max} = \frac{V}{Q_{max}}$$

$$TRH_{max} = \frac{22.73 m^3}{90.20 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{max} = 0.25 d = 6 \text{ horas}$$

$$TRH_{min} = \frac{V}{Q_{min}}$$

$$TRH_{min} = \frac{22.73 m^3}{30.06 \frac{m^3}{d}}$$

$$TRH_{min} = 0.75 d = 18 \text{ horas}$$

El tiempo de residencia hidráulica para el caudal máximo horario es de 6 horas y se encuentra dentro de los parámetros de evaluación de la tabla 40, de manera que el sistema está trabajando de manera óptima.

- **Cálculo del intervalo de eficiencias esperadas**

$$E_{max} = 100[1 - 0.87(TRH_{max})^{-0.5}]$$

$$E_{max} = 100[1 - 0.87(6h)^{-0.5}]$$

$$E_{max} = 64.48\%$$

$$E_{min} = 100[1 - 0.87(TRH_{min})^{-0.5}]$$

$$E_{min} = 100[1 - 0.87(18h)^{-0.5}]$$

$$E_{min} = 79.49\%$$

Una vez concluido el diagnóstico de las FAFAs la eficiencia prestada por cada uno de estos elementos alcanza el 64.48% en el máximo horario y un 79.49% con el aforo mínimo, de esta manera podemos evidenciar que la unidad está trabajando de manera aceptable pudiéndose mejorar dando un mantenimiento a dichas unidades.

Tabla 57. Dimensiones del FAFa reales y teóricas

DIMENSIONES FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE			
PARAMETRO	VALOR REAL	VALOR TEÓRICO	NORMA CONAGUA
Altura (m)	1.50	1.00	CUMPLE
Diámetro (m)	5.38	4.00	CUMPLE
Espesor de paredes (m)	0.12	0.12	CUMPLE
Tiempo de retención (h)	18	6	CUMPLE

Fuente: Autor

Diagnóstico teórico del lecho de secado de lodos

Se utilizó la Guía de la CONAGUA, Se evaluaron los parámetros de diseño relacionados con el lecho de secado de lodos, para llevar a cabo un diagnóstico, se emplearon los datos presentados en la tabla siguiente.

Tabla 58. Datos para el diagnóstico del lecho de secado de lodos

Datos	Nomenclatura	Valor	Unidad
Caudal máximo horario PTAR	Q	4.67	l/s
Sólidos suspendidos presente en el afluente	SS	216	mg/l
Densidad de lodos	plodo	1.04	kg/l
% Sólidos contenidos en el lodo (8 – 12) %	% de sólidos	10%	-
Profundidad de aplicación (0.30 – 0.80) m	Ha	0.70	m

Fuente: Autor

- **Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C)**

$$C = Q * SS * 0.0864$$

$$C = 4.67 \text{ l/s} * 216 \text{ mg/l} * 0.0864 \text{ s} * \text{kg/mg} * \text{día}$$

$$C = 87.15 \text{ kg de SS/día}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos (M_{sd})**

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 87.15) + (0.5 * 0.3 * 87.15)$$

$$M_{sd} = 28.32 \text{ kg de SS/día}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos (V_{ld})**

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\text{plodo} * (\% \text{ de sólidos}/100)}$$

$$V_{ld} = \frac{28.32 \text{ kg de SS/día}}{1.04 \text{ kg/l} * \left(\frac{10}{100}\right)}$$

$$V_{ld} = 272.31 \text{ l/día}$$

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

El Tiempo de digestión en días (T_d) se obtiene de acuerdo con la temperatura del sector según la siguiente tabla:

Tabla 59. Tiempo requerido para digestión de lodos

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

Fuente: Tabla 2 de la Guía de la OPS 2005

$$T_d = 55 \text{ días}$$

$$V_{el} = \frac{V_{ld} * T_d}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{271.31 \text{ l/día} * 55 \text{ días}}{1000}$$

$$V_{el} = 14.98 \text{ m}^3$$

- **Área del lecho de secado (A_{ls})**

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{Ha}$$

$$A_{ls} = \frac{14.98 \text{ m}^3}{0.7 \text{ m}}$$

$$A_{ls} = 21.40 \text{ m}^2$$

- **Área actual del lecho de secado (A_{lss})**
- Las dimensiones utilizadas se muestran en la tabla 32.

$$A_{ls} = 5.1 \text{ m} * 5.0 \text{ m}$$

$$A_{ls} = 25.5 \text{ m}^2$$

Tabla 60. Comparación de parámetros de diseño y valores actuales – Lecho de secado de lodos

PARAMETRO	VALOR REAL	VALOR TEÓRICO	NORMA CONAGUA
Área (m ²)	21.40	25.5	CUMPLE

Fuente: Autor

Actualmente la unidad cumple con los parámetros de diseño establecido por la guía de la CONAGUA, ya que el área actual del lecho de secado de lodos es mayor a la calculada.

3.3 Verificación de hipótesis

La PTAR del sector Quebrada Callate en el cantón Santiago de Píllaro se encuentra operando inadecuadamente, logra reducir los contaminantes del agua residual pero no de manera óptima, esta verificación se encuentra expuesta en las tablas 26 y 28 donde se puede observar que ciertos parámetros analizados cumplen con los límites establecidos por la norma TULSMA 2015 salvo es el caso de dos parámetros analizados que exceden dichos límites pero de acuerdo a la evaluación realizada esto se debe a la falta de mantenimiento de los elementos. Los porcentajes de eliminación actuales si bien no son los óptimos se encuentran cerca a los valores teóricos calculados como se muestra en el gráfico 1. De acuerdo con la información recopilada la planta recibe actualmente cerca del 25% del caudal para lo que fue diseñada, de esta manera se pudo verificar que los componentes del tren de tratamiento cumplen con las normas de diseño de la CONAGUA por las que fueron evaluadas. Esto confirma que la PTAR se encuentra bien dimensionada pero no reduce los parámetros de manera adecuada. A partir de la evaluación actual del funcionamiento de la PTAR, se ha podido verificar la hipótesis inicial del trabajo, que indicaba que la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate, del cantón Píllaro provincia de Tungurahua, se encuentra operando incorrectamente en las condiciones actuales, tal como se muestra en la tabla 57.

Tabla 61. Funcionamiento actual de los componentes de la PTAR Callate

COMPONENTE	FUNCIONAMIENTO ACTUAL	CUMPLE
Desarenador	El desarenador cuenta con todos los parámetros de diseño y sus medidas se encuentran bien dimensionadas.	SI
Reactor anaerobio de flujo ascendente	El RAFA abastece con el caudal que entra a la PTAR, se encuentra bien dimensionado, pero no cumple con los parámetros de remoción de DQO.	PARCIALMENTE
Filtro anaerobio de flujo ascendente	Los 3 FAFAs cumplen con las normas de diseño para un adecuado funcionamiento, pero carecen de mantenimiento y no cumplen con los parámetros de remoción de DQO.	PARCIALMENTE
Lecho de secado de lodos	El lecho de secado de lodos cumple con los dimensionamientos establecidos en la norma CONAGUA.	SI

Fuente: Autor

Tabla 62. Parámetros de funcionamiento de la PTAR.

COMPONENTE	DIMENSIONES	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	MANTENIMIENTO
Desarenador	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Reactor anaerobio 3de flujo ascendente	CUMPLE	PARCIALMENTE	NO CUMPLE
Filtro anaerobio de flujo ascendente	CUMPLE	PARCIALMENTE	NO CUMPLE
Lecho de secado de lodos	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: Autor

Debido a que ciertos parámetros del análisis físico químico evaluados excedían levemente a los establecidos por la TULSMA 2015 como el caso de los sólidos suspendidos y el DQO en 10 mg/l lo cual hace referencia a la falta de mantenimiento en los elementos o un incorrecto manejo de estos, es por eso por lo que para el mejoramiento de la PTAR se propone un manual de mantenimiento y operación de las estructuras hidráulicas de la PTAR, además la implantación de un filtro anaerobio de flujo descendente para ayudar a reducir los parámetros de contaminación en el efluente de la PTAR Callate así como una cubierta sobre el lecho de secado de lodos con el fin de ayudar al control y mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Callate.

3.4 Propuesta para el mejoramiento de la PTAR del sector Callate

3.4.1 Manual de mantenimiento del sistema

El manual de mantenimiento y operación es una herramienta valiosa que permite garantizar el correcto funcionamiento, la seguridad y la eficiencia de la PTAR. Las razones principales son la siguientes:

1. **Guía para la operación:** El manual proporciona una guía detallada para la operación correcta de la PTAR, incluyendo procedimientos de operación, monitoreo y control.
2. **Mantenimiento preventivo:** El manual proporciona información sobre las tareas de mantenimiento preventivo necesarias para garantizar el buen funcionamiento de la PTAR, incluyendo inspecciones regulares, limpiezas periódicas y reparaciones.
3. **Seguridad:** El manual contiene información sobre los peligros y los procedimientos de seguridad necesarios para garantizar la seguridad de los trabajadores y el público en general.
4. **Eficiencia:** El manual proporciona información sobre las mejores prácticas para maximizar la eficiencia de la PTAR, incluyendo la optimización del uso de los recursos y la reducción de los costos operativos.
5. **Historial de mantenimiento:** El manual proporciona un registro histórico de las tareas de mantenimiento realizadas en la PTAR, lo que ayuda a identificar patrones y tendencias en el desempeño del sistema.

MEDIDA 1: Mantenimiento de canal y tubería de entrada

- **Descripción**

Para el mantenimiento del canal y la tubería de entrada se debe observar lo siguiente:

Tabla 63. Actividades mantenimiento de canal y tubería de entrada.

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Retirar los desechos que se hayan depositado o estén flotando en el cajón de entrada	Cada 2 días.	<ul style="list-style-type: none">• Cernidera• Pala• Carretilla• Guantes• Botas	Operador de turno.	\$5.23/día
Limpiar la tubería de entrada	Cada 2 días	<ul style="list-style-type: none">• Cepillo• Limpiador de tubería• Balde		

Fuente: Autor

Se deben evitar la presencia de espuma, natas u otros flotantes en la superficie del agua en el sedimentador, y se recomienda realizar una limpieza al menos cada dos días. Si se detecta una cantidad mayor de estos materiales, la frecuencia de limpieza podría ser diaria. Una vez removida la espuma o nata, debe ser enterrada.

MEDIDA 2: Mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras

- **Descripción**

De la rejilla devastadora deben ser extraídos los sólidos y basura retenidas en ella, al menos una vez al día y a las cuatro de la tarde hora en la que el caudal es menor. En caso de que la cantidad de basuras y sólidos sea pequeña la limpieza podrá hacerse una vez cada tres días, a las cuatro de la tarde.

La limpieza de la rejilla comprende las siguientes actividades:

Tabla 64. Actividades mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Remoción de sólidos y basuras utilizando el rastrillo y colocarlos sobre la plataforma perforada.	Una vez al día	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Botas • Mascarilla • Rastrillo 	Operador de turno.	\$5.23/día
Retirar materiales luego de haberlos dejado escurrir por unos 15 minutos y transportarlos hasta el sitio de disposición final.	Una vez al día	<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Carretilla 		

Fuente: Autor

Si se detecta que la reja se ha desgastado debido a la oxidación, se debe reemplazarla con una nueva y al mismo tiempo, hacer una adicional para tenerla como repuesto.

MEDIDA 3: Mantenimiento del desarenador

- **Descripción**

En condiciones normales de funcionamiento, se espera que el material inorgánico acumulado en el desarenador sea eliminado cada 5 días. Sin embargo, en situaciones de fuertes lluvias, los intervalos de limpieza se acortarán y podría ser necesario realizar una limpieza diaria.

Tabla 65. Actividades mantenimiento del desarenador

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Verificar el nivel de sedimentos acumulados en el extremo de aguas abajo del desarenador, que no rebase el lugar marcado.	Una vez al día	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Botas • Mascarilla • Rastrillo 	Operador de turno.	\$7.67/día
Limpieza manual del desarenador	Cada 30 días	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Botas • Mascarilla • Rastrillo 		

Desalojo de materiales, deben ser transportados manualmente al lugar de disposición final.	Cada 30 días	<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Carretilla 		
--	--------------	--	--	--

Fuente: Autor

MEDIDA 4: Mantenimiento del Reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos.

- **Descripción**

El reactor anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos es conocido por su sencilla operación y mantenimiento. Gracias a la capacidad tampón de las aguas residuales, el manto de lodos se forma gradualmente a medida que aumenta la actividad metanogénica. Por lo tanto, se estimó en el diseño que sería necesario retirar excesos de lodos cada 30 días.

Tabla 66. Actividades mantenimiento del reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Abrir la válvula de salida de lodos.	Cada 30 días.	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Botas • Mascarilla 	Operador de turno.	\$15.35/mes

Fuente: Autor

Los lixiviados producidos en el lecho de secado se recolectarán en una tubería perforada ubicada en el fondo que hará recircular dicho efluente nuevamente hacia el reactor primario.

MEDIDA 5: Remoción de lodos del lecho de secado de lodos

- **Descripción**

Después de 30 días y después de cada remoción de lodo se debe realizar las siguientes actividades:

Tabla 67. Actividades remoción de lodos

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Retirar el lodo removido	Cada 30 días	<ul style="list-style-type: none"> • Pala • Carretilla • Guantes • Botas 	Operador de turno.	\$15.35/mes
Control de olores	Cada limpieza	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de agua con cal relación 2 a 1. • Balde • Guantes 		

Fuente: Autor

Si se percibe un fuerte olor en los lodos, se realiza un control de olores. Si el problema persiste por más de una semana, se investiga si hay sustancias tóxicas siendo vertidas en el sistema de alcantarillado, como cloro o agua de lavado de bombas de fumigación. Si es así, se prohíbe esta práctica para proteger el tratamiento. Al final del período de diseño, si aún se presentan olores desagradables, esto indica la necesidad de ampliar el sistema y construir nuevos módulos de tratamiento.

MEDIDA 6: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

- **Descripción**

Esta unidad es está lleno con material filtrante de diferente granulometría (grava). Las aguas que ingresan proveniente del reactor anaeróbico la hacen por la solera del tanque, es decir, desde abajo y va ascendiendo (subiendo) lentamente a través de la grava, la cual logra que los materiales en suspensión vayan siendo detenidos en las capas del lecho filtrante.

Tabla 68. Actividades mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Limpieza de los materiales del filtro	Cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Agua limpia a presión • Guantes • Botas 	Operador de turno.	\$238.38/6 meses

Fuente: Autor

MEDIDA 7: Limpieza y poda de vegetación

- **Descripción**

La limpieza y poda regular de la vegetación dentro de la PTAR es importante para garantizar su seguridad, mejorar su eficiencia, prolongar su vida útil y mejorar su apariencia.

Se debe identificar que ninguna vegetación se encuentre invadiendo los perímetros de alguna unidad de tratamiento debido a que podría afectar su eficacia y causar obstrucciones en los conductos y dificultar su mantenimiento.

Tabla 69. Actividades limpieza y poda de vegetación

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Poda de césped	Cada mes	<ul style="list-style-type: none">• Motoguadaña• Guantes• Gafas de protección	Operador de turno.	\$61.26/mes
Limpieza manual de vegetación	Cada mes	<ul style="list-style-type: none">• Guantes		

Fuente: Autor

MEDIDA 8: Pintura de unidades

- **Descripción**

Las unidades y elementos de la planta de tratamiento se deben pintar por las siguientes razones:

- Protección contra la corrosión: La pintura ayuda a proteger las superficies metálicas de la corrosión, lo que prolonga la vida útil de las unidades.
- Identificación y señalización: La pintura puede utilizarse para identificar y señalar diferentes áreas y equipos dentro de la planta, lo que facilita la navegación y el mantenimiento.
- Mejora de la apariencia: La pintura puede utilizarse para mejorar la apariencia general de la planta, dándole un aspecto más ordenado y profesional.
- Protección contra la intemperie: La pintura puede proteger las superficies de la acción de los elementos como la lluvia y el sol, lo que puede ayudar a prolongar su vida útil.

Tabla 70. Actividades pintura de unidades

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Pintura de unidades	Cada 12 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura • Guantes • Rodillos 	Operador de turno.	\$454.15/año
Limpieza y lijado de unidades	Cada 12 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Lija • Escoba 		

Fuente: Autor

MEDIDA 9: Implementación de señalética

- **Descripción**

La señalización de seguridad es un elemento fundamental en cualquier espacio, ya sea público o privado, para garantizar la seguridad y protección de las personas que lo habitan. Los motivos importantes por los cuales se debe implementar la señalización de seguridad son los siguientes:

- **Guía y orientación:** La señalización de seguridad ayuda a las personas a moverse de manera segura y eficiente en un espacio, brindando información clara y concisa sobre la ubicación de salidas de emergencia, extintores de incendios, primeros auxilios, entre otros.
- **Prevención de accidentes:** La señalización de seguridad puede ayudar a prevenir accidentes y lesiones al advertir a las personas sobre peligros potenciales y brindar instrucciones claras sobre cómo actuar en caso de emergencia.
- **Cumplimiento legal:** En muchos países, la señalización de seguridad es un requisito legal para ciertos tipos de edificios y espacios públicos, y no cumplir con estas regulaciones puede resultar en multas y sanciones.

Tabla 71. Actividades de implementación de señalética

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Colocar señalética a cada unidad de tratamiento para su identificación.	Cada 12 meses verificar su estado	<ul style="list-style-type: none"> • Letreros 1x0.50m • Tirafondos • Taladro • Tacos Fischer 	Operador de turno.	\$97.15/año

Fuente: Autor

MEDIDA 10: Monitoreo del análisis físico químico del efluente

- **Descripción**

El monitoreo del análisis físico-químico del efluente de una Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es importante por varias razones:

- Cumplimiento de regulaciones ambientales: El monitoreo del efluente permite asegurarse de que la PTAR cumpla con las regulaciones ambientales y las normas nacionales e internacionales en materia de calidad del agua.
- Protección del medio ambiente: El monitoreo del efluente permite identificar cualquier contaminante o sustancia tóxica que pueda dañar el medio ambiente, incluyendo fuentes de agua, suelos y vida silvestre.
- Optimización del proceso de tratamiento: El monitoreo del efluente permite a los operadores de la PTAR evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y tomar medidas para mejorarlos si es necesario.
- Protección de la salud humana: El monitoreo del efluente permite garantizar que el agua tratada sea segura para el uso humano y que no represente un riesgo para la salud pública.
- Reducción de costos: Al monitorear de manera regular el efluente de la PTAR, se pueden identificar problemas a tiempo y solucionarlos antes de que se conviertan en problemas más grandes y costosos.

Tabla 72. Actividades monitoreo del análisis físico-químico

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Toma de muestras para el análisis de efluente.	Cada 3 meses	• Botellas 1L color ámbar • Jarra	Operador de turno.	\$79.87/3 meses

Fuente: Autor

MEDIDA 11: Implantación de cubierta en el lecho de secado de lodos

- **Descripción**

Se diseña una cubierta para el lecho de secado de lodos para que ayude en el control de la humedad de los lodos, frente a las condiciones climáticas y lluvias presente en la zona. El dimensionamiento para el diseño de la cubierta se encuentra en el Anexo 3 al final del trabajo.

Tabla 73. Actividades Implantación de cubierta de lecho de secado de lodos

Actividad	Frecuencia	Herramienta	Responsable	Costo
Implantación de cubierta sobre el lecho de secado de lodos	1 vez	<ul style="list-style-type: none"> Ver anexos de precios unitarios APU 11,12,13. 	<ul style="list-style-type: none"> Maestro fierro Maestro soldador 	\$2601.83

Fuente: Autor

MEDIDA 12: Implantación de filtro anaerobio de flujo descendente

- Diseño

Población de diseño a futuro de la PTAR

El crecimiento demográfico de la Parroquia Presidente Urbina fue medido por el INEC utilizando una fórmula basada en logaritmos. Según los cálculos, la tasa de crecimiento anual es del 1.62%. Para el año 2022, se prevé que la población de la parroquia alcance los 3.236 habitantes.

Cálculo de la población futura (método geométrico)

Datos:

Población actual (Pa) = 3236 habitantes

Tasa de crecimiento poblacional (r) = 1.62%

Periodo de diseño = 20 años

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

$$Pf = 3236 * (1 + 1.62\%)^{20}$$

$$Pf = 4463 \text{ habitantes}$$

Diseño n = 20 años así cumpliendo los lineamientos establecidos por la norma.

Dotación futura (lt/hab*día)

$$Df = Da + 1 \frac{lt}{hab * día} * n$$

Da= Dotación actual Norma CO 10.7 – 602 = 75 (lt/hab*día)

$$Df = 75 \frac{lt}{hab * día} + 1 \frac{lt}{hab * día} * 20$$

$$Df = 95 \frac{lt}{hab * día}$$

Caudal medio diario (Qmd)

$$Qmd = \frac{Df * Pf}{86400 \frac{s}{día}}$$
$$Qmd = \frac{95 \frac{lt}{hab * día} * 3703 hab}{86400 \frac{s}{día}}$$
$$Qmd = 4.91 \frac{lt}{s}$$

Caudal medio diario sanitario futuro (lt/s)

Para el cálculo del caudal medio diario sanitario futuro, el cual depende en especial del coeficiente de retorno (C) que según la normativa RAS 2000 título D, este puede llegar a variar entre un 60 y 80%, se decidió ocupar un valor promedio de 70% [23].

$$Qsmf = C * Qmd$$
$$Qsmf = 0.7 * 4.91 \frac{lt}{s}$$
$$Qsmf = 3.44 \frac{lt}{s}$$

Caudal máximo horario sanitario futuro (QMH)

Este cálculo ocupa un factor de mayoración que tiene un valor entre 1.3 y 1.5, del mismo modo realizamos un promedio entre dichos valores obteniendo un valor de 1.4 que ser utilizo en el siguiente calculo

$$F= 1.4$$

$$QMH = F * Qmsf$$
$$QMH = 1.4 * 3.44 \frac{lt}{s}$$
$$QMH = 4.82 \frac{lt}{s}$$

Caudal de conexiones erradas (Qce)

$$Qce = (5 - 10)\% * QMH$$

El coeficiente de seguridad varia desde el 5% al 10%, para el presente trabajo ocuparemos el 10%.

$$Q_{ce} = 0.10 * 4.82 \frac{lt}{s}$$

$$Q_{ce} = 0.48 \frac{lt}{s}$$

Caudal de infiltración (Qi)

$$Q_{inf} = I * L$$

Donde:

Coefficiente de infiltración (Hormigón simple) (I)= 0.0005 lt/s

Longitud de las tuberías sistema de alcantarillado de la comunidad= 3963.99 metros obtenidos de sistema de alcantarillado sanitario Capillapamba. [24].

Tabla 74. Valores de Infiltración.

Tipo de Unión	Tubo de cemento		Tubo de P.V.C.	
	Cemento	Goma	Cemento	Goma
N. freático bajo	0,0005	0,0002	0,0001	0,00005
N. freático alto	0,0008	0,0002	0,00015	0,0005

Fuente: Norma Boliviana NB 688[25].

$$Q_{inf} = 0.0005 \frac{lt}{s * m} * 3963.99m$$

$$Q_{inf} = 1.98 \frac{lt}{s}$$

Caudal de diseño (Qd)

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{ce} + Q_{inf}$$

$$Q_d = 4.82 \frac{lt}{s} + 0.48 \frac{lt}{s} + 1.98 \frac{lt}{s}$$

$$Q_d = 7.28 \frac{lt}{s}$$

Dimensionamiento del filtro anaerobio descendente.

Para el diseño del filtro descendente se utilizó el Manual de CONAGUA, titulado “Diseño de plantas de aguas residuales municipales: Filtros anaerobios”[26].

$$Q_d = \text{caudal de diseño PTAR} = 7.28 \frac{lt}{s} = 628.99 \frac{m^3}{dia} = 26.21 \frac{m^3}{hora}$$

$S_0 = \text{Concentración de } DBO_5 \text{ en el agua residual cruda} = 0.189 \text{ kg } * DBO_5 / m^3$

Volumen del filtro

$$V = Qd * TRH$$

Donde:

TRH = Tiempo de residencia hidráulica por normativa va de 4 a 10 horas = TRH = 6 horas.

$$V = 26.21 \frac{m^3}{hora} * 6 horas$$

$$V = 157.26 m^3$$

Altura total del filtro (H)

$$H = h1 + hb + hm$$

Donde:

h1= Altura del borde libre= 0.50 m

hb= Altura bajo el dren = 0.50 m

hm= Altura del medio filtrante va de 0.8 m a 3 m = 3 m

$$H = 0.50 m + 0.50 m + 3 m$$

$$H = 4.00 m$$

Área del filtro anaerobio de flujo descendente

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{157.26 m^3}{4.00 m}$$

$$A = 39.31 m^2$$

Volumen del medio filtrante (Vmf)

$$Vmf = A * hm$$

$$Vmf = 39.31 m^2 * 3 m$$

$$Vmf = 117.93 m^3$$

Carga orgánica volumétrica I (COV₁)

$$COV_1 = \frac{Qmh * S_0}{Vmf}$$

$$COV_1 = \frac{628.99 \frac{m^3}{día} * 0.189 \text{ kg} * DBO_5/m^3}{117.93 m^3}$$

$$COV_1 = 1.00 \text{ kg} * \frac{DBO}{m^3 * días}$$

Carga orgánica volumétrica 2 (COV₂)

$$COV_2 = \frac{Qmh * S_0}{V}$$

$$COV_2 = \frac{628.99 \frac{m^3}{día} * 0.189 \text{ kg} * DBO_5/m^3}{157.26 m^3}$$

$$COV_2 = 0.76 \text{ kg} * \frac{DBO}{m^3 * días}$$

Longitud del filtro (L)

$$L = \sqrt{A}$$

$$L = \sqrt{39.31 m^2}$$

$$L = 6.27 m \approx 6.30 m$$

Se establece un filtro rectangular con una relación 1 a 1.5

$$h = \frac{L}{1.5}$$

$$h = \frac{6.30}{1.5}$$

$$h = 4.2 m$$

$$b = 1.5L$$

$$b = 1.5(6.30)$$

$$b = 9.45 m \approx 10 m$$

Eficiencia del filtro anaerobio de flujo descendente (E)

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

$$E = 100[1 - 0.87(6 \text{ horas})^{-0.5}]$$

$$E = 64.48 \%$$

Volumen real del filtro anaerobio

$$V_{real} = b * h * H$$

$$V_{real} = 10m * 4.2m * 4 m$$

$$V_{real} = 168 m^3$$

Verificación de la carga hidráulica superficial

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

$$CHS = \frac{628.99 \frac{m^3}{día}}{42 m^2}$$

$$CHS = 14.98 \frac{m^3}{m^2 * día}$$



$10 < 14.98 < 15 \therefore cumple$

Tabla 75. Dimensiones propuestas del filtro descendente.

DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO DESCENDENTE		
NORMA CONAGUA 2015		
DIMENSIONES PROPUESTAS		
Datos	Cantidad	Unidad
Longitud	10	m
Ancho	4.2	m
Altura	4	m
Altura del borde libre	0,5	m
Altura bajo el dren	0,5	m
Altura del material filtrante	3	m
Espesor de paredes	0,25	m
Espesor de piso	0,25	m

Fuente: Autor

3.5 Presupuesto plan de mejoras de PTAR

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR 					
TEMA: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE DE LA PARROQUIA PRESIDENTE URBINA DEL CANTÓN SANTIAGO DE PÍLLARO DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1	MEDIDA 1: Mantenimiento de canal y tubería de entrada. (Diaria)	U	1	5.23	5.23
2	MEDIDA 2: Mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras. (Diaria)	U	1	5.23	5.23
3	MEDIDA 3: Mantenimiento del desarenador. (Cada 30 días)	U	1	7.67	7.67
4	MEDIDA 4: Mantenimiento del Reactor anaerobio de flujo ascendente en manto de lodos. (Cada 30 días)	U	1	15.35	15.35
5	MEDIDA 5: Remoción de Lodos. (Cada 30 días)	U	1	15.35	15.35
6	MEDIDA 6: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA). (Cada 6 meses)	U	3	79.46	238.38
7	MEDIDA 7: Limpieza y poda de vegetación. (Cada mes)	U	1	61.26	61.26
8	MEDIDA 8: Pintura de unidades. (Cada año)	m ²	155	2.93	454.15
9	MEDIDA 9: Implementación de señalética	U	5	19.43	97.15
10	MEDIDA 10: Monitoreo del análisis fisicoquímico del efluente. (Cada 3 meses)	U	1	79.87	79.87
	MEDIDA 11: Cubierta en lecho de secado de lodos.				
11	Instalación de estructura metálica, acero A36	kg	388.16	4.30	1669.09
12	Instalación de láminas PVC	m ²	40.32	20.06	808.82
13	Canal y bajante de agua lluvia	m	8.00	15.49	123.92
				Subtotal 1	2601.83
	MEDIDA 12: Implementación de un filtro de flujo descendente				
15	Limpieza y desbroce	m ²	42.00	1.74	73.08
16	Replanteo y nivelación	m ²	42.00	0.82	34.44
17	Excavación H=3 a 4m a máquina (excavadora)	m ³	84.00	6.35	533.40
18	Relleno compactado con material de excavación	m ³	84.00	8.82	740.88
17	Tubería PVC d=200mm desagüe NTE-INEN 2059	m	18.80	24.81	466.43
19	Hormigón simple en replantillo (180 kg/cm ²)	m ³	4.20	85.16	357.67
20	Acero de refuerzo f'y=4200 kg/cm ² (incluye corte y doblado)	Kg	1,115.35	2.19	2442.62
21	Encofrado y desencofrado recto	m ²	220.00	11.68	2569.60
22	Empedrado para replantillo e=10cm, incluye emporado con sub-base.	m ²	42.00	32.05	1346.10
23	Hormigón simple f'c=210 kg/cm ²	m ³	27.40	167.48	4588.92
24	Medio filtrante	m ²	117.93	32.00	3773.76
				Subtotal 2	16926.90
25	MEDIDA 13: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo descendente.	U	1.00	79.46	79.46
				TOTAL	20582.60

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Mediante la información recolectada se verifico que la PTAR viene trabajando desde el año 2016 y fue diseñada para un caudal de entrada de 20.80 L/s para una población de 7650 habitantes, actualmente se encuentra en funcionamiento y trata un caudal de 4.67 L/s, pese a esto no cumple con dos parámetros de descarga por el deficiente mantenimiento de las unidades.
- Se realizó el levantamiento de información respecto al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate de la parroquia Presidente Urbina perteneciente al cantón Santiago de Píllaro, donde se realizó el dimensionamiento y diagnóstico las unidades existentes (desarenador, reactor anaerobio de flujo ascendente, filtro anaerobio de flujo ascendente y manto de secado de lodos), donde se comprobó que dichos elementos cumplen con el propósito para el que fueron diseñados y su dimensionamiento es correcto; esto se puede apreciar en la tabla 42.
- Se analizó el afluente y efluente de la PTAR del sector Quebrada Callate, mediante la medición de caudales por método volumétrico, teniendo como resultado un caudal máximo horario de entrada de 4.673 L/s y un caudal medio horario de 3.4860 L/s reflejados en la tabla 15.
- Se examinó el funcionamiento de la PTAR realizando un análisis comparativo de las muestras de entrada y salida, verificando que cumplan con los parámetros de descarga para cuerpos de agua dulce establecidos por la TULSMA 2015, donde se pudo evidenciar que la planta no funciona adecuadamente debido a la falta y al incorrecto mantenimiento, estos resultados fueron comparados con el análisis realizado por parte del GADMS Píllaro resultados que se encuentran en la tabla 28, estos resultados si cumplen

con la normativa ya que fueron realizados posterior a un mantenimiento de la PTAR.

- Se propuso un manual para el mantenimiento de la PTAR que incluye la implantación de una cubierta para el lecho de secado de lodos, un nuevo filtro anaerobio de flujo descendente para el tren de tratamiento y un plan operación de los elementos de la PTAR, con la finalidad de que los elementos trabajen en óptimas condiciones y puedan realizar un correcto tratamiento de las aguas residuales además incluye un presupuesto referencial de \$ 20582,60 para la adecuación de todas estas medidas.

4.2 Recomendaciones

- Implementar el manual de mantenimiento y operación descrito en el trabajo, para garantizar el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales. El manual incluye información específica sobre cómo operar y mantener cada componente de la planta, así como procedimientos de emergencia y protocolos de seguridad. Además, se recomienda que el manual debe ser actualizado periódicamente para reflejar cualquier cambio o mejora en el sistema. Esto ayudará a garantizar la eficacia y eficiencia del tratamiento, así como la seguridad de los operadores y el medio ambiente.
- Realizar una capacitación para los operadores que se encargan del mantenimiento rutinario de la planta de tratamiento de aguas residuales. La capacitación es esencial para garantizar que los operadores tengan las habilidades y conocimientos necesarios para operar y mantener correctamente los equipos y sistemas de la planta. Esto ayudará a prevenir fallas y problemas de funcionamiento, y asegurará que la planta funcione de manera eficiente y efectiva. La capacitación debe incluir información sobre los procedimientos de operación y mantenimiento, así como información sobre seguridad y protección ambiental.

- Se recomienda llevar un registro detallado de los mantenimientos realizados en la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto ayudará a conocer el estado actual de las unidades del tren de tratamiento, detectar problemas potenciales y planificar futuros mantenimientos. Además, un registro detallado de mantenimiento también puede ser útil para cumplir con las regulaciones y requisitos de la TULSMA.
- Es recomendable realizar análisis periódicos de la caracterización de las aguas residuales. Esto es importante para verificar que se cumplan con los límites permisibles para el tratamiento de aguas residuales y para asegurar que el proceso de tratamiento está funcionando correctamente. Los análisis de caracterización pueden incluir mediciones de parámetros como el pH, el contenido de sólidos totales, la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO), entre otros. Estos datos ayudarán a identificar cualquier problema con el proceso de tratamiento y a planificar ajustes y mejoras necesarias para cumplir con los límites permisibles.

Referencias bibliográficas

- [1] M. Villalobos, “Solución a la problemática de la planta de tratamiento de aguas residuales de ciudad Altamirano, Guerrero.,” *Universidad Autónoma del Estado de México*, Apr. 2013.
- [2] G. C. Guerra Herrera and S. I. Logroño Naranjo, “Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador,” *Ciencia Digital*, vol. 3, no. 3.2.1, pp. 73–87, Jul. 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783.
- [3] R. Montero, “Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales por laguna de oxidación para la Parroquia Posorja,” *Universidad Agraria del Ecuador*, pp. 17–18, 2021.
- [4] M. E. C. Mena *et al.*, “Diseño De Una Planta De Tratamiento De Aguas Residuales Para Su Reutilización En Riego En Áreas Verdes,” *European Scientific Journal, ESJ*, vol. 13, no. 18, p. 94, Jun. 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n18p94.
- [5] E. De *et al.*, “Evaluación de funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales de un municipio del sureste de México,” Apr. 2018, Accessed: Nov. 15, 2022. [Online]. Available: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94946>
- [6] G. A. Chávez-Lizárraga, “Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas,” *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 9, pp. 52–61, Nov. 2018, [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2072-92942018000100005&nrm=iso
- [7] F. S. Montero-Vega, C. S. Molina-Cedeño, B. M. Pillco-Herrera, L. B. Sarduy-Pereira, and K. Diéguez-Santana, “Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador,” *Ciencia, Ambiente y Clima*, vol. 3, no. 1, pp. 23–39, Jul. 2020, doi: 10.22206/cac.2020.v3i1.pp23-39.
- [8] D. D. Duarte and L. F. R. Hernández, “Remoción de nutrientes mediante coagulantes naturales y qu\`ímicos en planta de tratamiento de aguas residuales, Valledupar Colombia,” *RIAA*, vol. 6, no. 2, pp. 183–196, 2015.
- [9] F. R. M. Fiallos, W. S. M. Robalino, and B. E. P. Beltrán, “Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans,” *Revista Publicando*, vol. 4, no. 10 (2), pp. 579–590, Jun. 2017, Accessed: Nov. 15, 2022. [Online]. Available: <https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/515>
- [10] F. Morales-Fiallos, L. Maldonado Narváez, G. Nuñez-Aldás, G. Paredes-Cabezas, and 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, no. 5, pp. 365–395, Sep. 2022, doi: 10.24850/j-tyca-13-05-10.
- [11] M. Mayacela, L. Maldonado, F. Morales, and B. Suquillo, “Physical characteristics of materials of Ecuadorian origin for water treatment,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 958, no. 1, p. 012020, Dec. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/958/1/012020.
- [12] M. Masabanda, “Planta de tratamiento de aguas residuales mediante un sistema combinado aerobio, anaerobio, y fitorremediación para el programa porcino del IASA,” *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*, 2017.

- [13] J. N. Calucho Sailema and O. M. Naranjo Mantilla, “Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales para la curtiembre San Miguel de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua periodo 2018,” 2019, Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1134>
- [14] E. H. Vargas Palacios, “Evaluación técnica de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), de la inspección de Pueblo Nuevo del municipio de Nilo Cundinamarca,” 2016, Accessed: Nov. 19, 2022. [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/13901>
- [15] Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Píllaro, “ Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Santiago de Píllaro ,” *Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Santiago de Píllaro*, 2020.
- [16] Metcalf & Eddy, *Ingeniería de aguas residuales*, Tercera Edición., vol. Volumen 1. 1995.
- [17] Ministerio del Ambiente, “Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso Agua,” in *Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del ministerio del ambiente*, Quito, 2015. Accessed: Jan. 31, 2023. [Online]. Available: <https://maeorellana.files.wordpress.com/2015/11/anexo-1-agua.pdf>
- [18] Gobierno Parroquial Autonomo Rural de la Parroquia de Presidente Urbina, “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Presidente Urbina,” *Actas de Sesiones Ordinarias* , 2015.
- [19] Q. -Ecuador and P. Edición, “Instituto ecuatoriano de normalización normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”.
- [20] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Pretratamiento y Tratamiento Primario,” *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, 2015.
- [21] CONAGUA, “Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Zonas Rurales, Periurbanas y Desarrollos Ecoturísticos,” *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, 2015.
- [22] C. A. Chernicharo Lemos, “Reactores Anaerobios,” *Principios del Tratamiento Biológico de Aguas Residuales.*, 2020.
- [23] E. Rass, “Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico ras-2000 seccion II”.
- [24] “plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural presidente urbina”, Accessed: Jan. 27, 2023. [Online]. Available: www.presidenteurbina.gob.ec
- [25] M. del Agua, V. De, and S. Básicos, “Reglamento Nacional NB 688 Instituto Boliviano de Normalización y Calidad,” 2007.
- [26] CONAGUA, ““Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros anaeróbios de flujo ascendente,” in *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*,” Mexico, 2015. Accessed: Jan. 23, 2023. [Online]. Available: www.conagua.gob.mx

Anexos

Anexo 1: Análisis de agua residual



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

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



N° SE: 069-22

INFORME DE ANÁLISIS

NOMBRE: Jaime Fabricio Altamirano Nuñez¹

INFORME N.º 069 - 22

EMPRESA: Proyecto de Tesis UTA¹

N.º SE: 069 - 22

DIRECCIÓN: Ambato¹

TELÉFONO: 0998172805¹

FECHA DE RECEPCIÓN: 30/11/2022

FECHA DE INFORME: 06/12/2022

NÚMERO DE MUESTRAS: 2, Agua residual, PTAR¹

TIPO DE MUESTRA:

IDENTIFICACIÓN: MA - 133-22 Entrada¹
MA - 134-22 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 – 133-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,14	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	343	N/A	30/11/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	189	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	216	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	356	N/A	30/11/2022

-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: 069-22

MA – 134-22

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6,66	+/- 0,08	30/11/2022
* DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D	210	N/A	30/11/2022
* DBO ₅	mg O ₂ /L	STANDARD METHODS 5210 - B	95	N/A	30/11/2022
* Sólidos Suspendidos	mg/L	STANDARD METHODS 2540 - D	177	N/A	30/11/2022
* Sólidos Totales	mg/L	STANDARD METHODS 2540 B	248	N/A	30/11/2022

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

REGLA DE DECISIÓN ACORDADA: No aplica

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

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



Firmado electrónicamente 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

Anexo 2: Análisis de agua residual GAD Pillaro



ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca



INFORME DE RESULTADOS No. 40124

1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE SANTIAGO DE PILLARO	TELEFONO:	03 3700470
DIRECCION:	SANTIAGO DE PILLARO / PILLARO / ROCAFUERTE 044 Y BOLIVAR	ATENCION A:	ING. JOSEF ARELLANO

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	GAD PILLARO
TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/07/2022
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	QUEBRADA CALLATE WGS84 17M 0773184;9871635		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	ANAVANLAB CIA. LTDA.
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	06/07/2022		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	05/07/2022 al 13/07/2022

NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 9. LIMITES DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	6,1	30	CUMPLE	32,2%
1	Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A101/ SM 9223 B	NMP/100mL	>2420	2000	NO CUMPLE	NA
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	72	100	CUMPLE	23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	109	200	CUMPLE	8,8%
1	Detergentes Tensoactivos MBAS	AAA-PE-A012/ SM 5540 C	mg/L	>2,92	0,5	NO CUMPLE	10,6%
1	Fósforo Total	AAA-PE-A019/ SM 4500-P C.	mg/L	2,8	10	CUMPLE	13,4%
1	Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-NO2 E	mg/L	< 0,01			16,6%
1	Sólidos Sedimentables	AAA-PE-A033/ SM 2540 F	mL/L	0,2			7,9%
1	Sólidos Suspendidos	AAA-PE-A034/ HACH 8006	mg/L	94	130	CUMPLE	5,3%
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	27,0	1000	CUMPLE	13,4%
(*)	Caudal de Descarga	Volimetría	L/s	1,34			NA
1	pH in situ	AAA-PI-A002/ SM 4500-H+ B	unid pH	7,5	6 - 9	CUMPLE	1,0%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación del SAE realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2. nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-5001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES	INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR: Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 13/07/2022	
------------------	--	---

Anexo 3: Calculo de la cubierta

Predimensionamiento de Columnas																																																																																																																													
Área tributaria		Carga de diseño																																																																																																																											
Longitud	3.2 m	Carga Muerta CM	60 kg/m ²																																																																																																																										
Ancho	3.15 m	Carga Viva CV	70 kg/m ² NEC																																																																																																																										
At	10.08 m²	Carga Última Cu	184 kg/m² (1.2CM + 1.6CV)																																																																																																																										
		CARGA ÚLTIMA CU	202.4 kg/m² (1.1*Cu)																																																																																																																										
Datos Columna Metálica																																																																																																																													
Longitud Columna	3 m																																																																																																																												
Fy-A36	2530 kg/cm ²																																																																																																																												
Número pisos n	1																																																																																																																												
Carga Última																																																																																																																													
Pu	2040.192 kg	(At*CU*n)																																																																																																																											
Cálculo relación de Esbeltez																																																																																																																													
Proponemos	KL/r	60																																																																																																																											
øFcr	28.4 ksi	---->	1996.52 kg/cm²																																																																																																																										
Cálculo de Área requerida																																																																																																																													
Areq	1.022 cm²	Pu/øFcr																																																																																																																											
Buscamos un catálogo																																																																																																																													
Área	11.41 cm ²																																																																																																																												
Momento Inercia	177.08 cm ⁴																																																																																																																												
radio giro	3.94 cm																																																																																																																												
Cálculo de la nueva relación de esbeltez																																																																																																																													
Kasumido	1																																																																																																																												
KL/r	76.15																																																																																																																												
Buscamos en el cuadro de Datos																																																																																																																													
KL/r	76																																																																																																																												
øFcr	27.6 ksi																																																																																																																												
øFcr	1940.28 kg/cm ²																																																																																																																												
Cálculo de la nueva carga última																																																																																																																													
Pu1	22138.59 kg	øFcr*A																																																																																																																											
Comprobación																																																																																																																													
Pu1:	22138.59 kg																																																																																																																												
Pu:	2040.19 kg																																																																																																																												
	CUMPLE																																																																																																																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Designaciones</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Peso</th> <th colspan="3">Propiedades Estáticas</th> </tr> <tr> <th>Momento de inercia</th> <th>Módulo de resistencia</th> <th>Radio de giro</th> </tr> <tr> <th>B</th> <th>e</th> <th>A</th> <th>P</th> <th>I</th> <th>W</th> <th>i</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>cm²</th> <th>kg/m</th> <th>cm⁴</th> <th>cm³</th> <th>cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>1.80</td><td>6.99</td><td>5.48</td><td>111.62</td><td>22.32</td><td>4.00</td></tr> <tr><td></td><td>2.00</td><td>7.74</td><td>6.07</td><td>123.01</td><td>24.60</td><td>3.99</td></tr> <tr><td></td><td>2.50</td><td>9.59</td><td>7.53</td><td>150.65</td><td>30.13</td><td>3.96</td></tr> <tr><td></td><td>3.00</td><td>11.41</td><td>8.96</td><td>177.08</td><td>35.42</td><td>3.94</td></tr> <tr><td></td><td>4.00</td><td>14.95</td><td>11.73</td><td>226.46</td><td>45.29</td><td>3.89</td></tr> <tr><td></td><td>5.00</td><td>18.36</td><td>14.41</td><td>271.36</td><td>54.27</td><td>3.84</td></tr> <tr><td></td><td>6.00</td><td>21.63</td><td>16.98</td><td>312.00</td><td>62.40</td><td>3.80</td></tr> </tbody> </table>	Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	B	e	A	P	I	W	i	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	100	1.80	6.99	5.48	111.62	22.32	4.00		2.00	7.74	6.07	123.01	24.60	3.99		2.50	9.59	7.53	150.65	30.13	3.96		3.00	11.41	8.96	177.08	35.42	3.94		4.00	14.95	11.73	226.46	45.29	3.89		5.00	18.36	14.41	271.36	54.27	3.84		6.00	21.63	16.98	312.00	62.40	3.80																																																			
Designaciones	Área	Peso				Propiedades Estáticas																																																																																																																							
			Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro																																																																																																																								
B	e	A	P	I	W	i																																																																																																																							
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm																																																																																																																							
100	1.80	6.99	5.48	111.62	22.32	4.00																																																																																																																							
	2.00	7.74	6.07	123.01	24.60	3.99																																																																																																																							
	2.50	9.59	7.53	150.65	30.13	3.96																																																																																																																							
	3.00	11.41	8.96	177.08	35.42	3.94																																																																																																																							
	4.00	14.95	11.73	226.46	45.29	3.89																																																																																																																							
	5.00	18.36	14.41	271.36	54.27	3.84																																																																																																																							
	6.00	21.63	16.98	312.00	62.40	3.80																																																																																																																							
Prediseño de vigas y correas																																																																																																																													
Q	60 kg/m ²																																																																																																																												
A	0.9 m																																																																																																																												
P	54 Kg/m																																																																																																																												
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Designaciones</th> <th rowspan="2">Espesor</th> <th rowspan="2">Peso</th> <th rowspan="2">Área</th> <th colspan="7">Propiedades Estáticas</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Eje x-x</th> <th colspan="3">Eje y-y</th> <th rowspan="2">Distancia de eje menor a superficie</th> </tr> <tr> <th>H</th> <th>B</th> <th>c</th> <th>e</th> <th>P</th> <th>A</th> <th>I</th> <th>W</th> <th>i</th> <th>I</th> <th>W</th> <th>i</th> <th>X</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>kg/m</th> <th>cm²</th> <th>cm⁴</th> <th>cm³</th> <th>cm</th> <th>cm⁴</th> <th>cm³</th> <th>cm</th> <th>cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td>15</td><td>1.20</td><td>12.55</td><td>2.67</td><td>43.53</td><td>8.71</td><td>4.04</td><td>9.64</td><td>2.95</td><td>1.90</td><td>1.73</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1.50</td><td>15.55</td><td>3.30</td><td>53.48</td><td>10.70</td><td>4.02</td><td>11.74</td><td>3.59</td><td>1.89</td><td>1.73</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>1.80</td><td>18.50</td><td>3.93</td><td>63.06</td><td>12.61</td><td>4.01</td><td>13.72</td><td>4.19</td><td>1.87</td><td>1.73</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>2.00</td><td>20.43</td><td>4.34</td><td>69.24</td><td>13.85</td><td>4.00</td><td>14.98</td><td>4.57</td><td>1.86</td><td>1.73</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>2.50</td><td>25.15</td><td>5.34</td><td>84.01</td><td>16.80</td><td>3.97</td><td>17.90</td><td>5.46</td><td>1.83</td><td>1.72</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>3.00</td><td>29.71</td><td>6.31</td><td>97.79</td><td>19.56</td><td>3.94</td><td>20.52</td><td>6.25</td><td>1.80</td><td>1.72</td></tr> </tbody> </table>	Designaciones	Espesor	Peso	Área	Propiedades Estáticas							Eje x-x			Eje y-y			Distancia de eje menor a superficie	H	B	c	e	P	A	I	W	i	I	W	i	X	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm			15	1.20	12.55	2.67	43.53	8.71	4.04	9.64	2.95	1.90	1.73				1.50	15.55	3.30	53.48	10.70	4.02	11.74	3.59	1.89	1.73				1.80	18.50	3.93	63.06	12.61	4.01	13.72	4.19	1.87	1.73				2.00	20.43	4.34	69.24	13.85	4.00	14.98	4.57	1.86	1.73				2.50	25.15	5.34	84.01	16.80	3.97	17.90	5.46	1.83	1.72				3.00	29.71	6.31	97.79	19.56	3.94	20.52	6.25	1.80	1.72	
Designaciones	Espesor	Peso					Área	Propiedades Estáticas																																																																																																																					
			Eje x-x			Eje y-y			Distancia de eje menor a superficie																																																																																																																				
H	B	c	e	P	A	I	W	i		I	W	i	X																																																																																																																
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm																																																																																																																	
		15	1.20	12.55	2.67	43.53	8.71	4.04	9.64	2.95	1.90	1.73																																																																																																																	
			1.50	15.55	3.30	53.48	10.70	4.02	11.74	3.59	1.89	1.73																																																																																																																	
			1.80	18.50	3.93	63.06	12.61	4.01	13.72	4.19	1.87	1.73																																																																																																																	
			2.00	20.43	4.34	69.24	13.85	4.00	14.98	4.57	1.86	1.73																																																																																																																	
			2.50	25.15	5.34	84.01	16.80	3.97	17.90	5.46	1.83	1.72																																																																																																																	
			3.00	29.71	6.31	97.79	19.56	3.94	20.52	6.25	1.80	1.72																																																																																																																	

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

2

UNIDAD: m

RUBRO:

ESPECIFICACIÓN:

MEDIDA 2: Mantenimiento de la rejilla de retención de sólidos y basuras.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0.22
SUBTOTAL M:					0.22
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.33	4.33	1.00	4.33
SUBTOTAL N:					4.33
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				SUBTOTAL O:	\$ -
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
SUBTOTAL P:					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					4.55
INDIRECTOS					15.00%
UTILIDADES					0.00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO					5.23
VALOR OFERTADO					5.23

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

3

UNIDAD: m

RUBRO:

ESPECIFICACION:

MEDIDA 3: Mantenimiento del desarenador.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0.32
				SUBTOTAL M:	0.32
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. C2)	1.00	4.33	4.33	1.00	4.33
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.50	2.03
				SUBTOTAL N:	6.36
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITARIO	COSTO	
		A	B	C=A*B	
				SUBTOTAL O: \$	-
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
				SUBTOTAL P:	0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					6.67
INDIRECTOS				15.00%	1.00
UTILIDADES				0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7.67
VALOR OFERTADO					7.67

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

8

UNIDAD:

m

RUBRO:

ESPECIFICACION:

MEDIDA 8: Pintura de unidades.

EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Herramienta menor 5% M.O					0.09
					SUBTOTAL M:	0.09
MANO DE OBRA	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.22	0.89
	Pintor (Estruc. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.22	0.90
	Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.22	0.10
					SUBTOTAL N:	1.89
MATERIALES	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITARIO	COSTO	
			A	B	C=A*B	
	Timber	gal	0.015	3.20	0.05	
	Pintura de Látex Vinil Acrílico	gal	0.046	11.16	0.51	
					SUBTOTAL O: \$	0.56
TRANSPORTE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
			A	B		
					SUBTOTAL P:	0.00
	TOTAL COSTO DIRECTO					2.55
	INDIRECTOS					15.00%
	UTILIDADES					0.38
	COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.00
	VALOR OFERTADO					2.93

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Calate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

9

UNIDAD: m

RUBRO:

ESPECIFICACIÓN:

MEDIDA 9: Implementación de señalética

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0.09
SUBTOTAL M:					0.09
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.40	1.62
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.40	0.18
SUBTOTAL N:					1.80
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITAR	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Letrero de indentificación 0.50x0.30m inc. accesorios y tornillería	u	1.00	15.00	15.00	
SUBTOTAL O:					15.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
SUBTOTAL P:					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO		16.89
INDIRECTOS	15.00%	2.53
UTILIDADES	0.00%	0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		19.43
VALOR OFERTADO		19.43

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

13

UNIDAD: m

RUBRO:

ESPECIFICACIÓN:

Canal y bajante de agua lluvia

EQUIPOS	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Herramienta menor 5% M.O					0,08
						SUBTOTAL M: 0,08
MANO DE OBRA	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
		A	B	C=A*B	R	D=C*R
	Peón (Estruc. Ocup. E2)	1,00	4,05	4,05	0,30	1,22
	Albañil (Estruc. Ocup. D2)	1,00	4,10	4,10	0,10	0,41
						SUBTOTAL N: 1,63
MATERIALES	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITARIO	COSTO	
			A	B	C=A*B	
	Canal agua lluvia PVC Baj derecho. 3mt	ml	1,00	4,12	4,12	
	Union de canal a bajante	u	1,00	6,63	6,63	
	SopORTE plástico de canal	u	1	1,01	1,01	
						SUBTOTAL O: \$ 11,76
TRANSPORTE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
			A	B		
						SUBTOTAL P: 0,00
TOTAL COSTO DIRECTO						13,47
INDIRECTOS						15,00%
UTILIDADES						0,00%
COSTO TOTAL DEL RUBRO						15,49
VALOR OFERTADO						15,49

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

16

UNIDAD: m

ESPECIFICACIÓN:

Excavación H=3 a 4m a máquina (excavadora)

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0.08
Excavadora 6 Ton	1.00	31.00	31.00	0.123	3.81
SUBTOTAL M:					3.89
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.123	0.50
Ayudante de maquinaria (Estruc. Ocup. D2)	1.00	4.16	4.16	0.123	0.51
Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estruc. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.123	0.06
Operador de equipo pesado (Estruc. Ocup. C1)	1.00	4.55	4.55	0.123	0.56
SUBTOTAL N:					1.63
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITARIO	COSTO	C=A*B
		A	B		C=A*B
SUBTOTAL O: \$					-
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
SUBTOTAL P:					0.00

TOTAL COSTO DIRECTO			5.52
INDIRECTOS	15.00%		0.83
UTILIDADES	0.00%		0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO			6.35
VALOR OFERTADO			6.35

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

Elaborado por: Fabricio Altamirano

Proyecto: Plan de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales del sector Quebrada Callate

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

25

UNIDAD: m

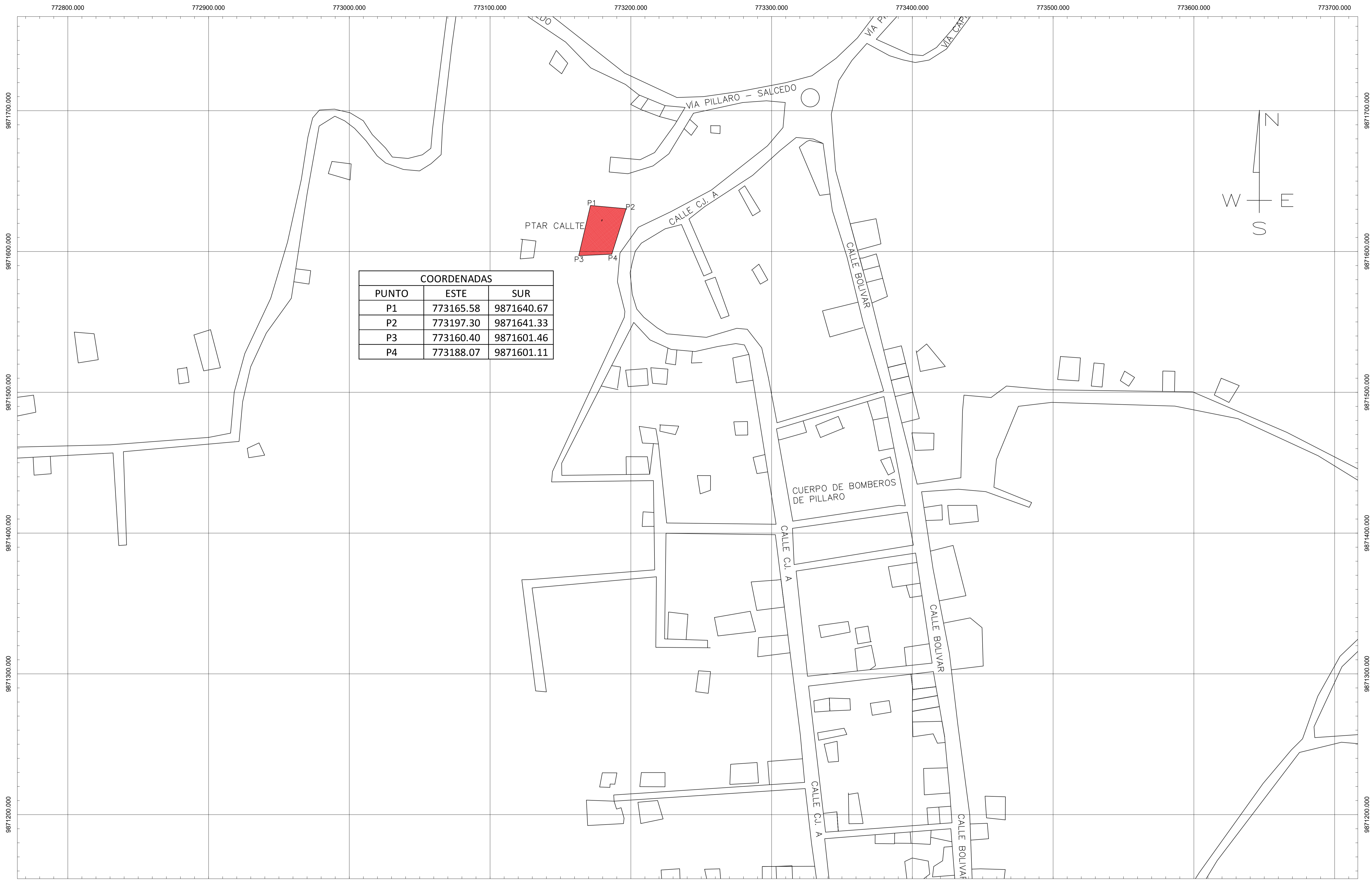
RUBRO:

ESPECIFICACIÓN:

MEDIDA 13: Mantenimiento del filtro anaerobio de flujo descendente.

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta menor 5% M.O					0.84
Motobomba	1.000	25.000	25.000	2.000	50.00
SUBTOTAL M:					50.84
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/H	COSTO/H	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estruc. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	2.00	8.10
Operador responsable de PTAR (Estruc. Ocup. C2)	1.00	4.33	4.33	2.00	8.66
SUBTOTAL N:					16.76
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	RECIO UNITAR	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Agua	m3	1.00	1.50	1.50	
SUBTOTAL O:					1.5
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DMT	TARIFA	COSTO
		A	B		
SUBTOTAL P:					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO					69.10
INDIRECTOS					15.00%
UTILIDADES					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					79.46
VALOR OFERTADO					79.46

Anexo 5: Planos



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

Proyecto: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
 RESIDUALES DEL SECTOR
 QUEBRADA CALLATE**

ELABORÓ: _____ REVISÓ: _____
 FABRICIO ALTAMIRANO ING. MG. FABIÁN MORALES

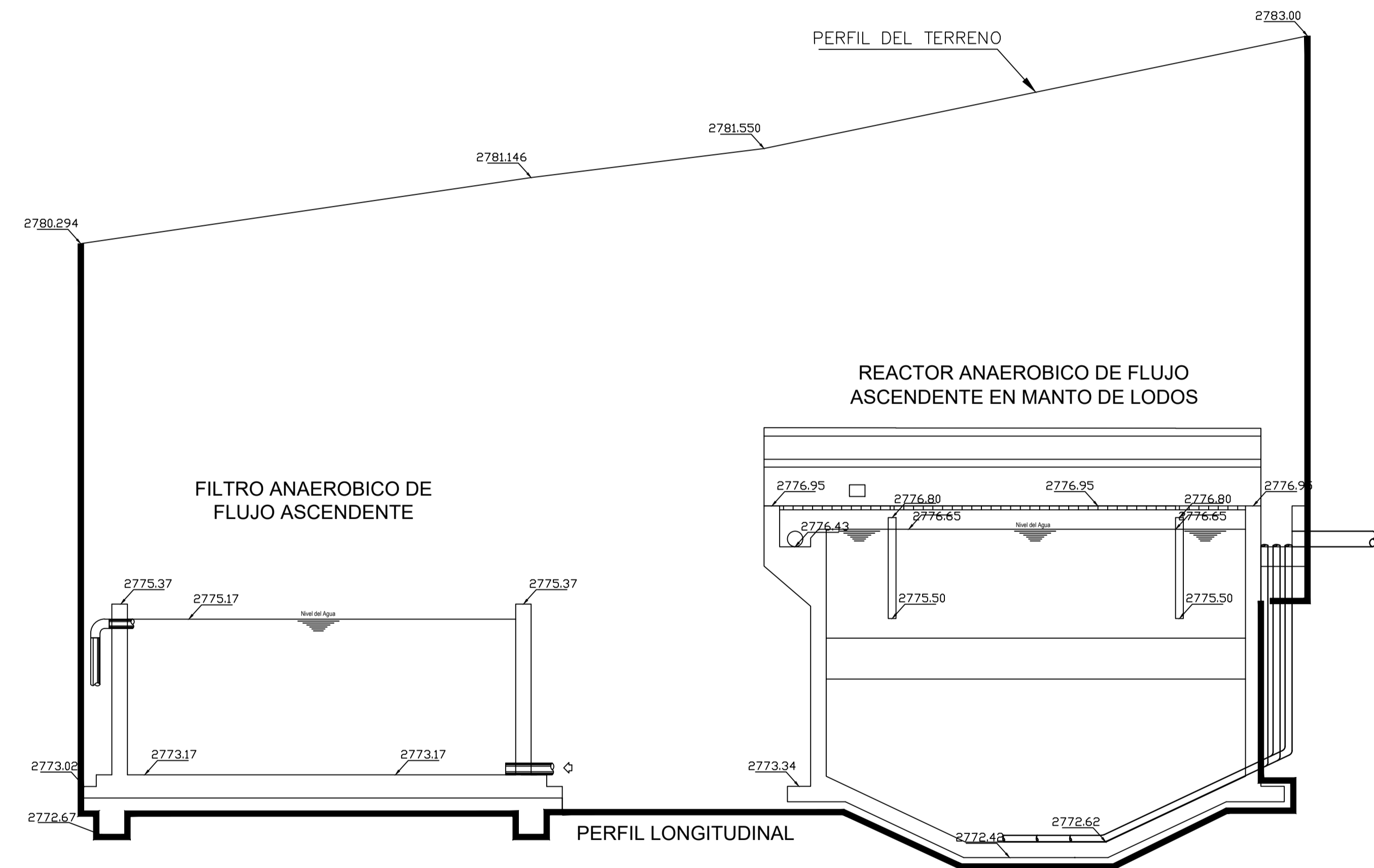
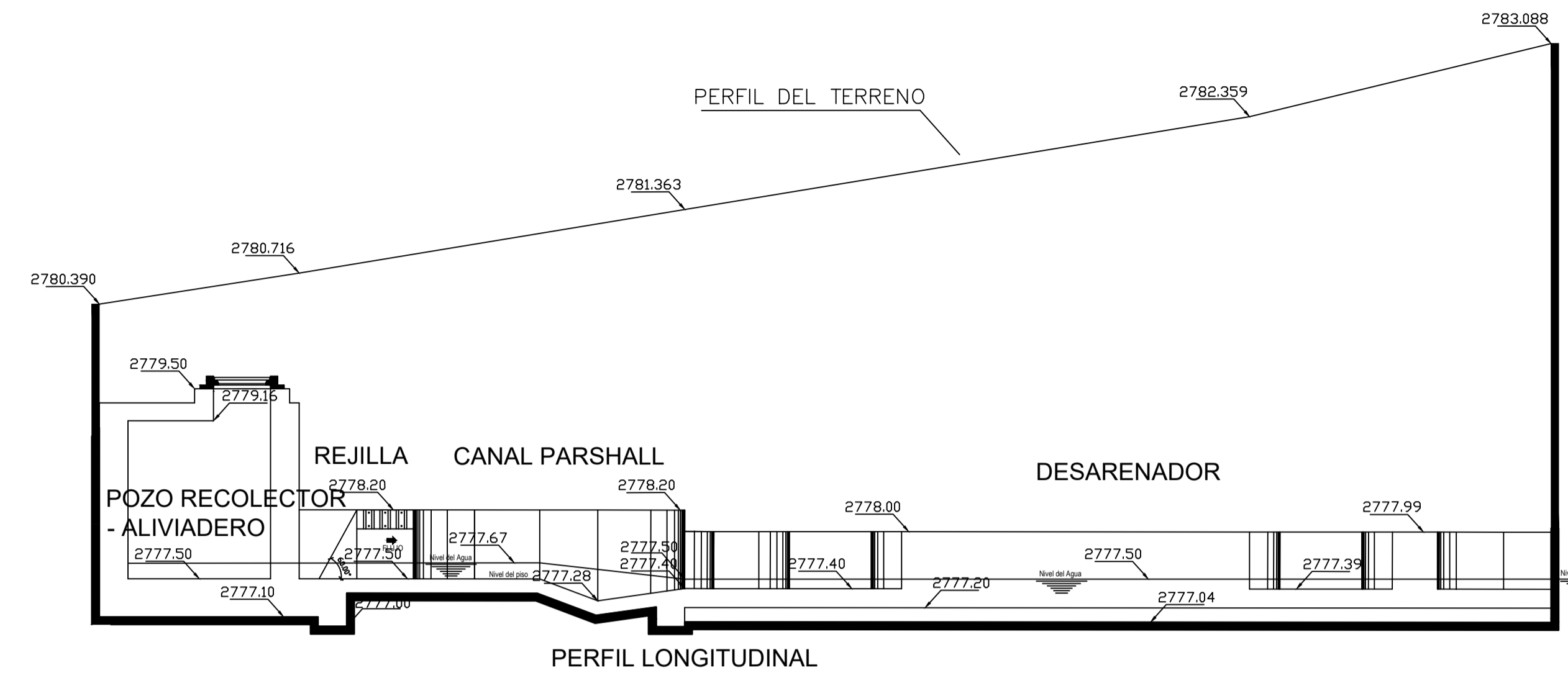
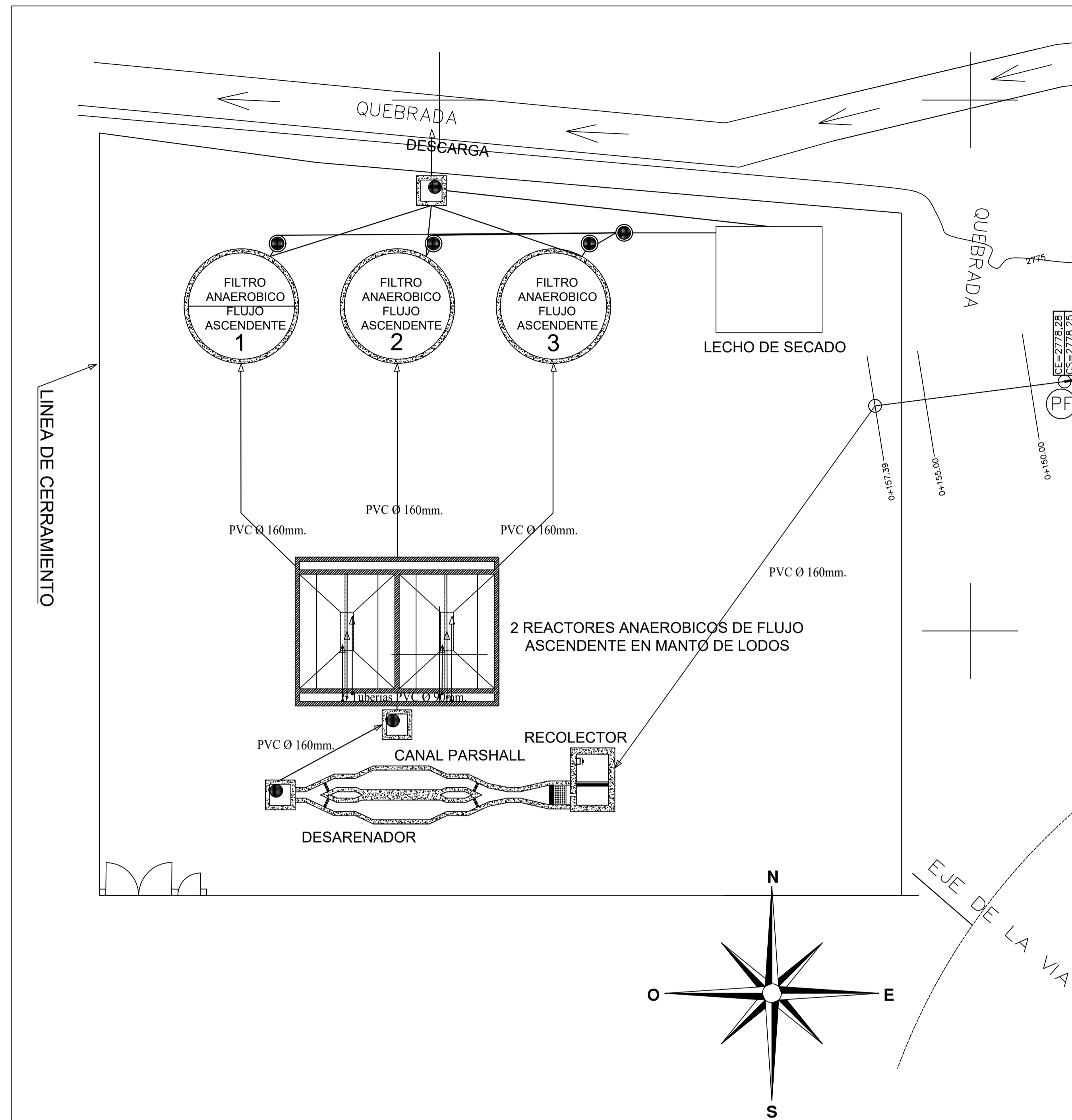
CONTENIDO:
 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL
 SECTOR QUEBRADA CALLATE

FECHA: **Febrero 2023** ESCALA: **1:1250**

HOJA
1
 9




UBICACION:
 Sector Quebrada Callate Cantón: Santiago de Pillaro
 Parroquia: Presidente Urbana Provincia: Tungurahua



IMPLANTACION PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES

PLANTA
ESCALA-----1:150

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

Proyecto
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBRADA CALLATE

ELABORÓ:
FABRICIO ALTAMIRANO

REVISÓ:
ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:
IMPLANTACIÓN DE LA PLATA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DEL SECTOR QUEBRADA CALLATE

FECHA:
Febrero 2023

ESCALA:
Indicada

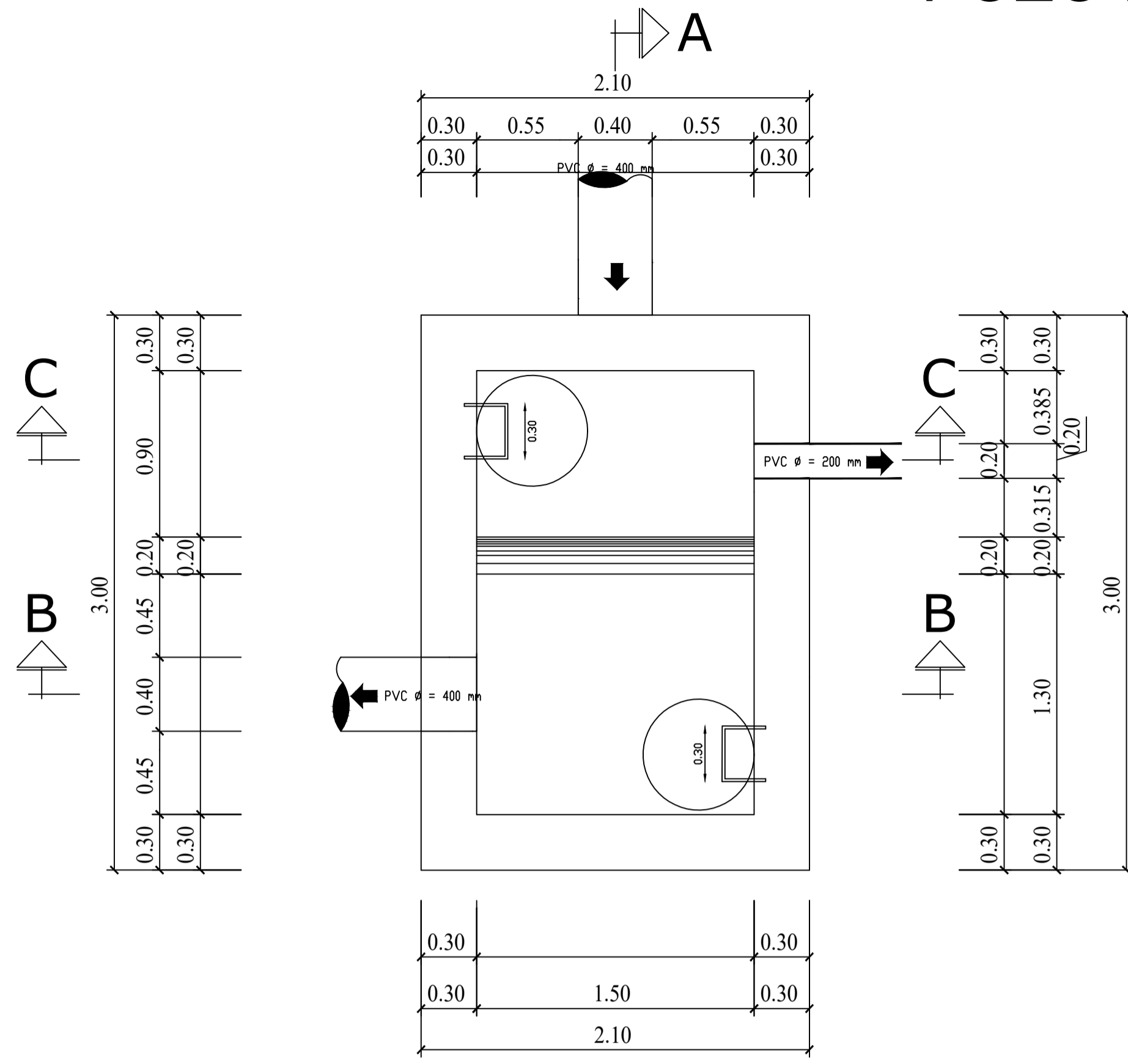
HOJA
2
9

UBICACION:
Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina

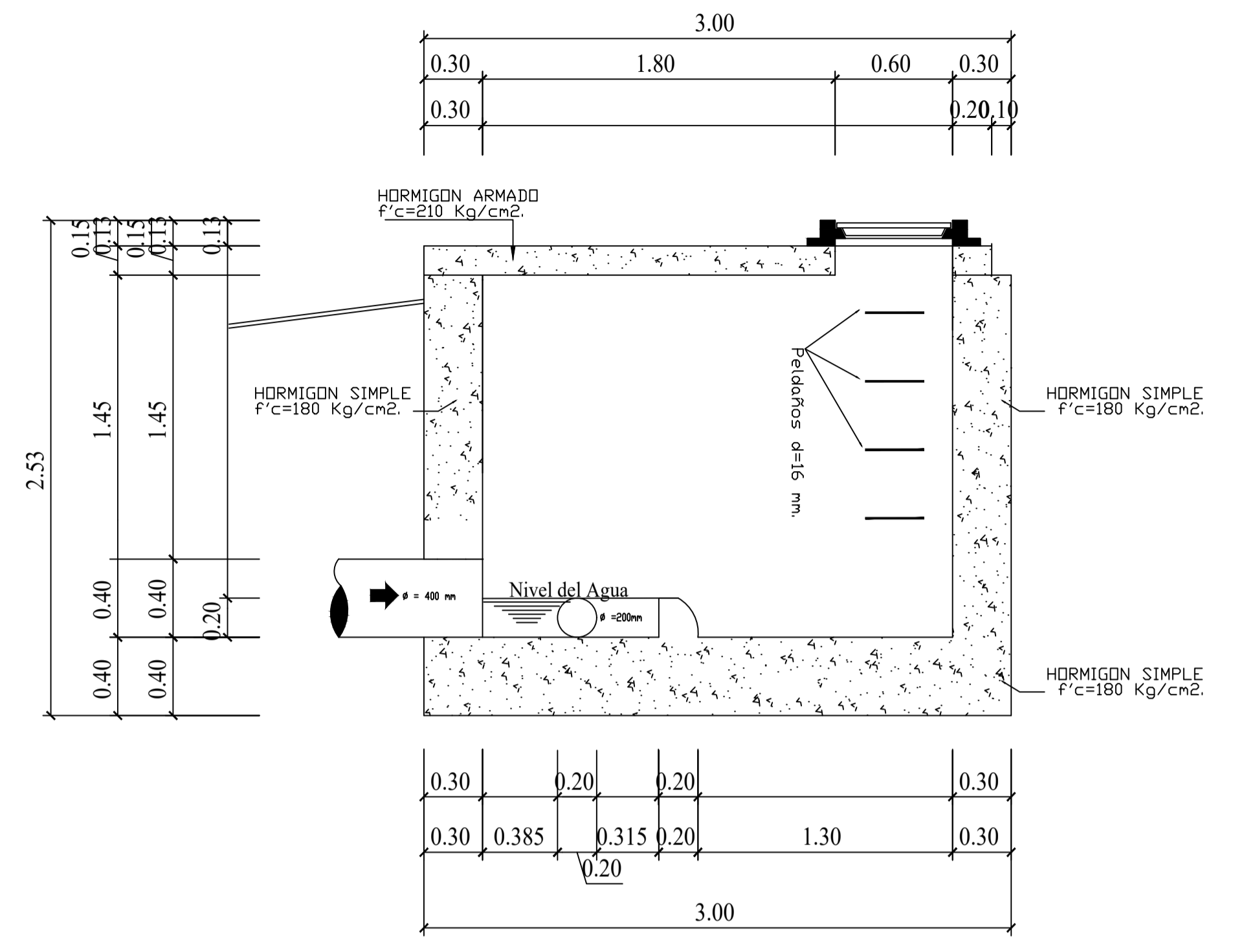
Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua



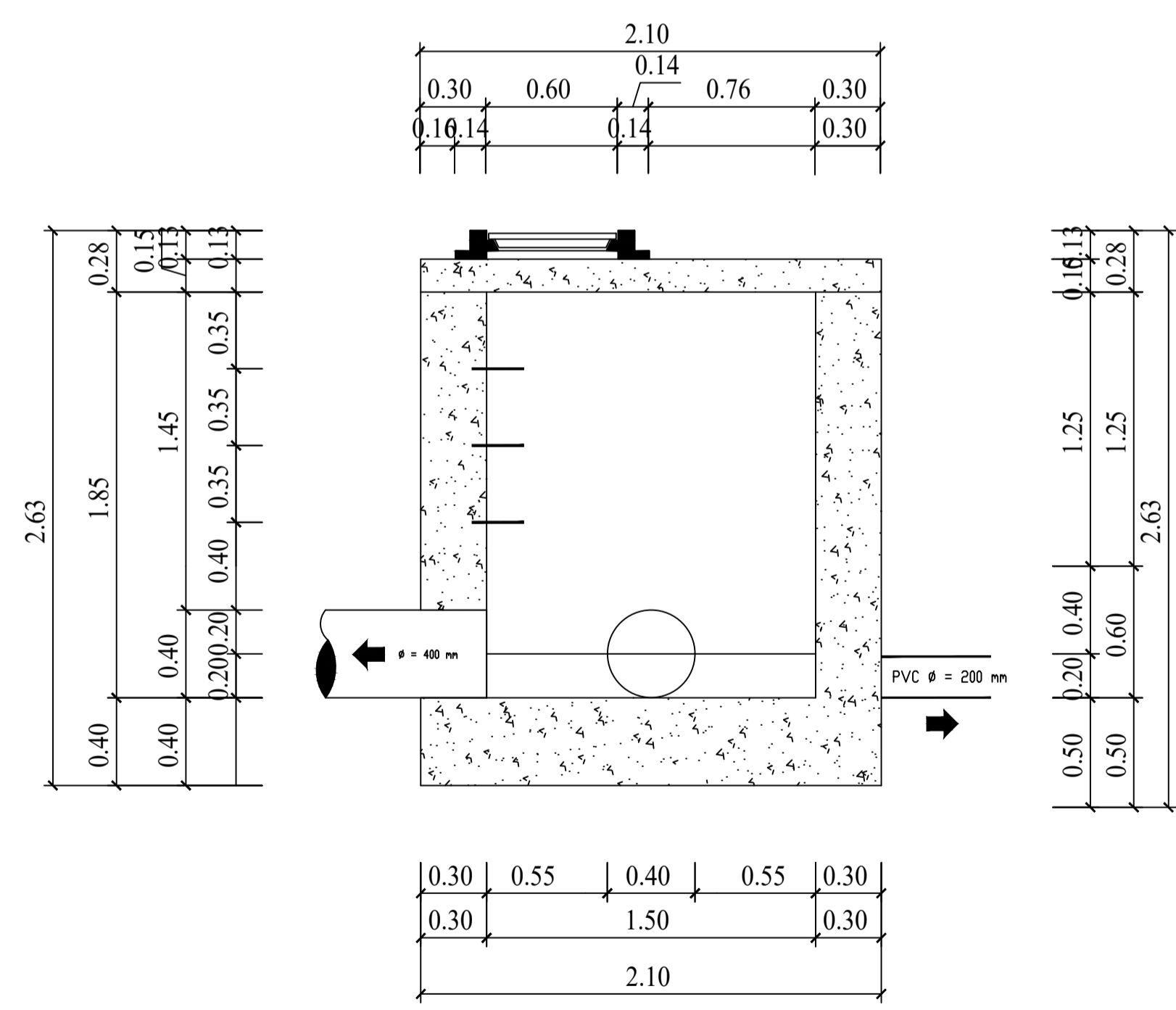
POZO RECOLECTOR - ALIVIADERO



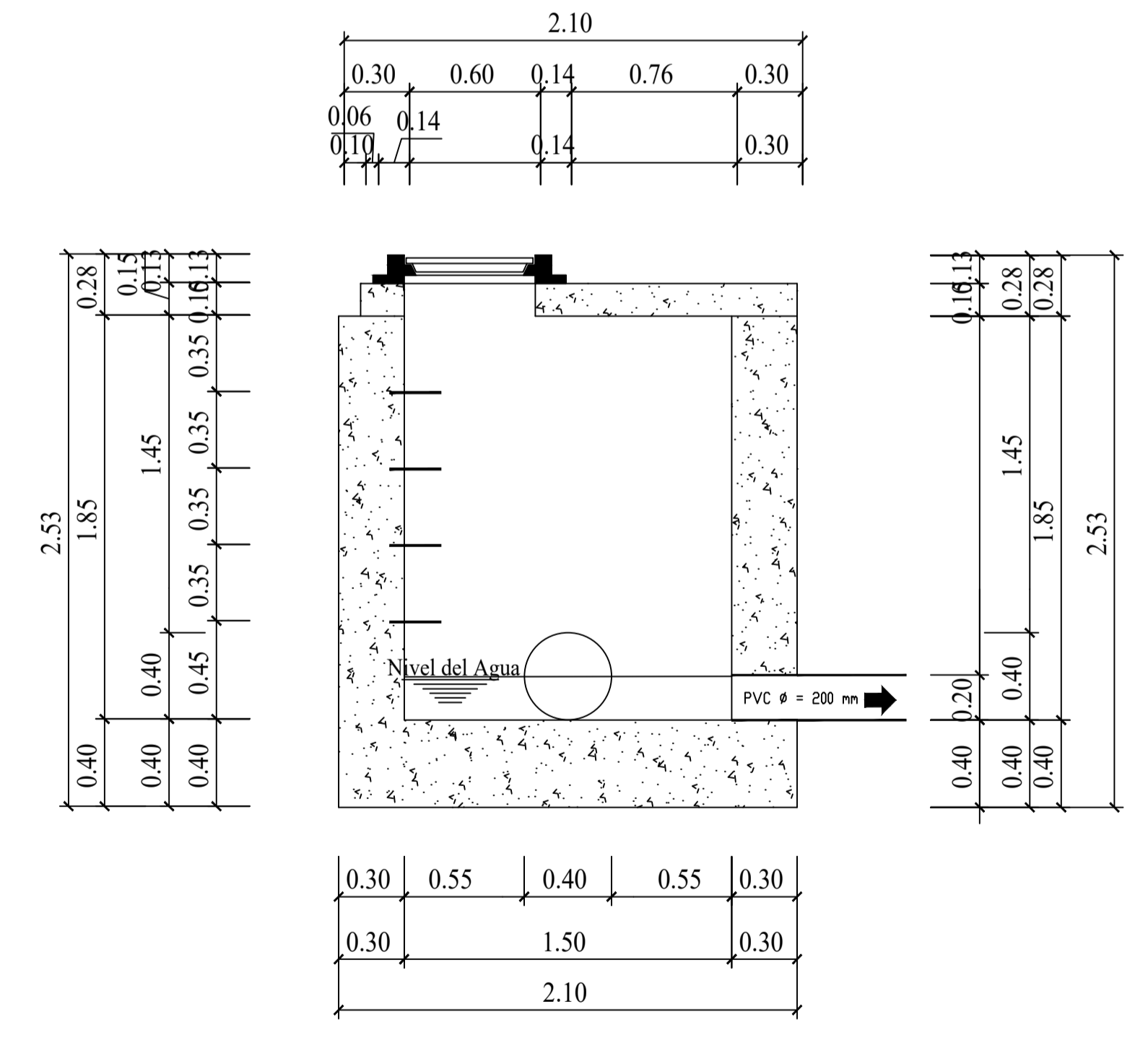
PLANTA
ESCALA-----1:25



CORTE A-A
ESCALA-----1:25



CORTE B-B
ESCALA-----1:25



CORTE C-C
ESCALA-----1:25

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

Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR QUEBARADA CALLATE

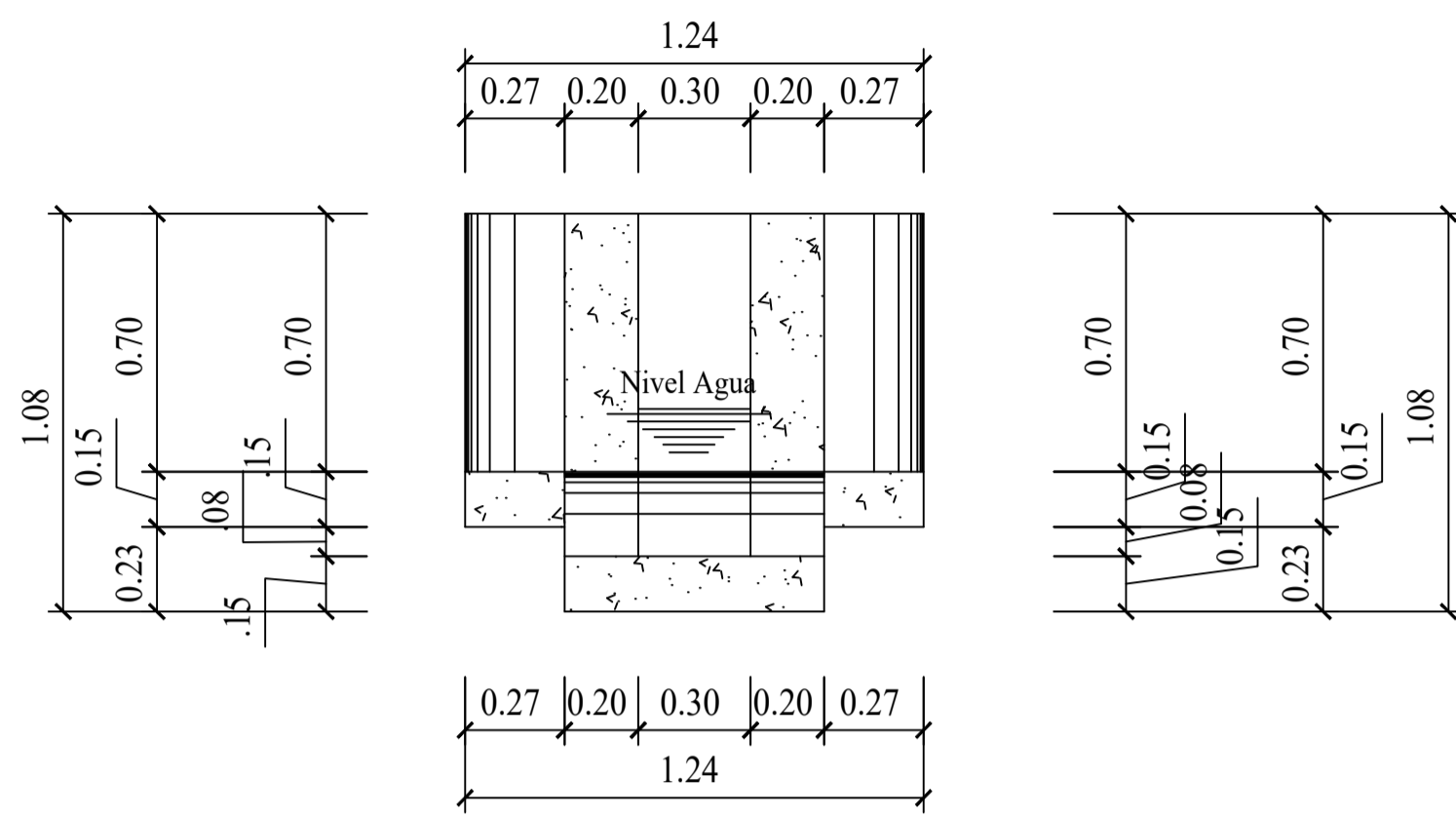
ELABORÓ: FABRICIO ALTAMIRANO
REVISÓ: ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO: UBICACIÓN Y DETALLES DE CADA UNIDAD DE LA PTAR ACTUAL
FECHA: Febrero 2023
ESCALA: Indicada

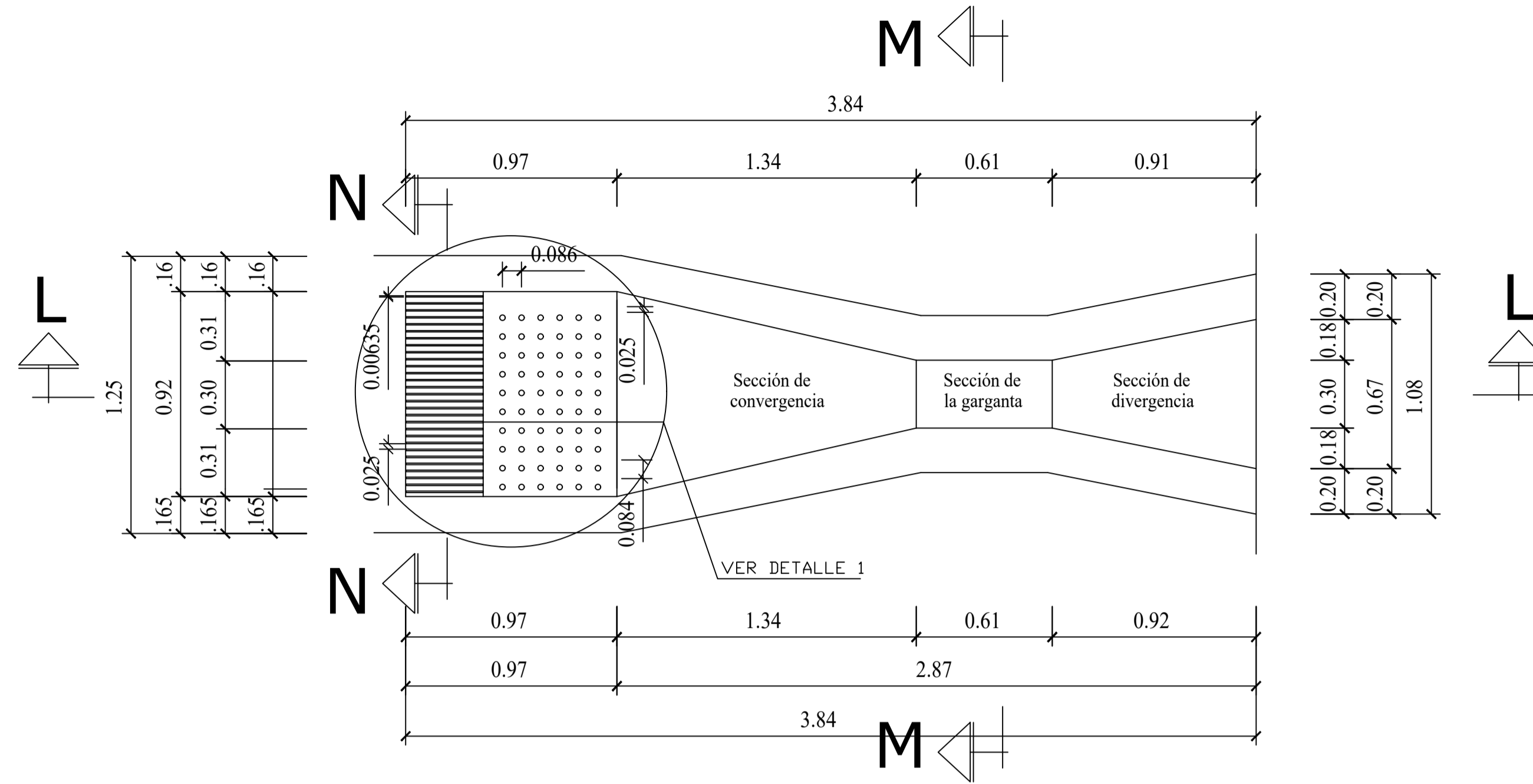
HOJA
3
9

UBICACION: Sector Quebrada Callate, Parroquia: Presidente Urbina, Cantón: Santiago de Pillaro, Provincia: Tungurahua

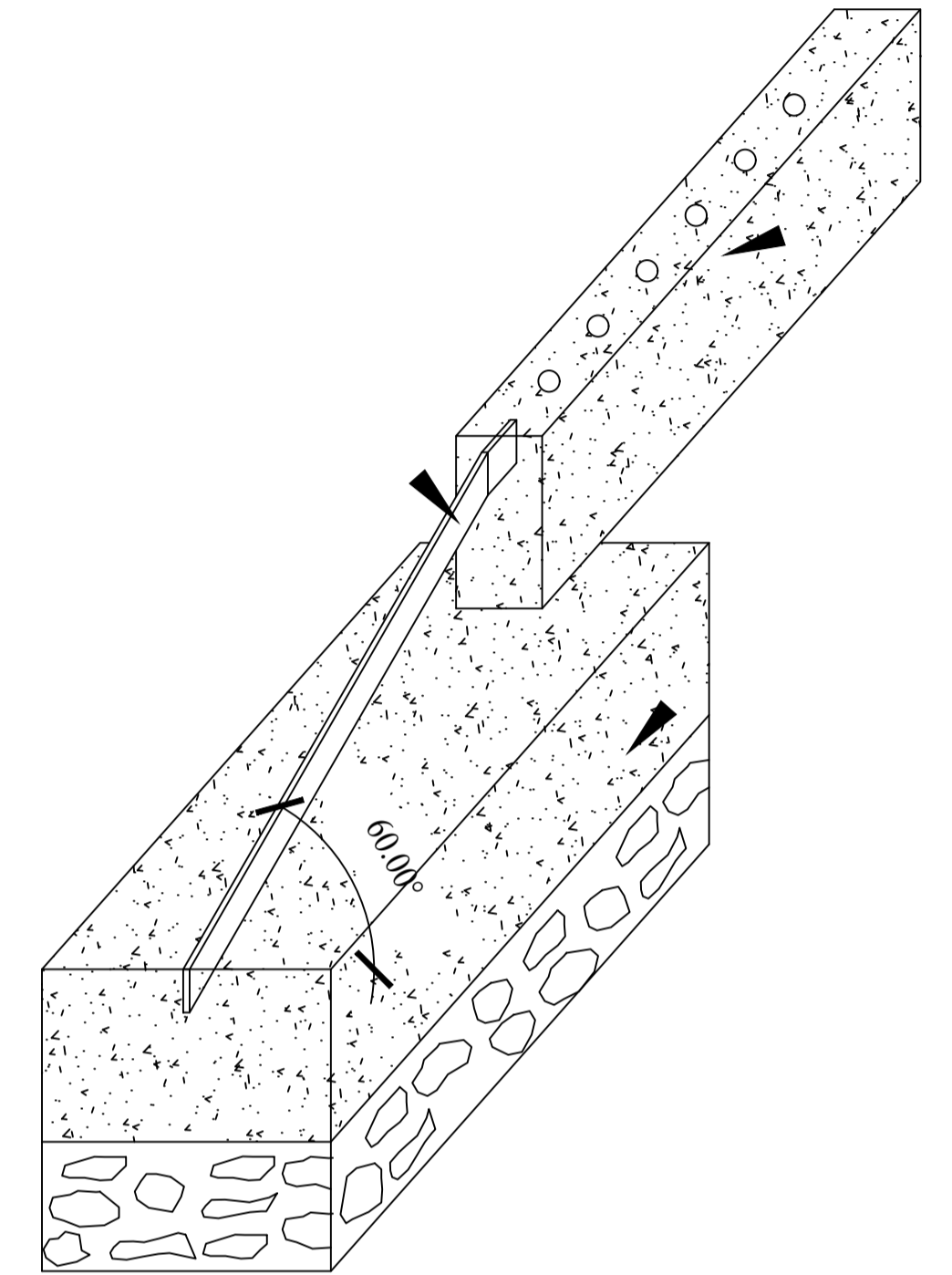
REJILLA Y CANAL PARSHALL



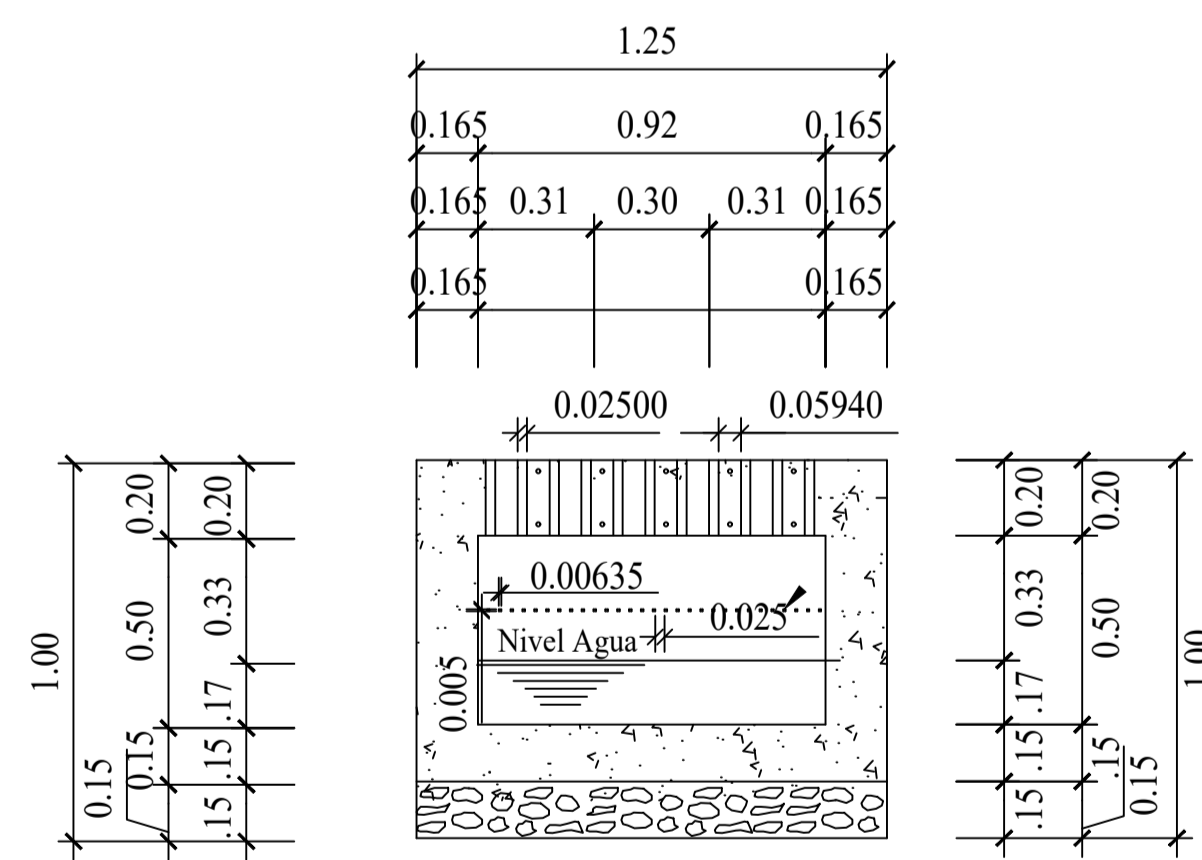
CORTE M-M
ESCALA-----1:25



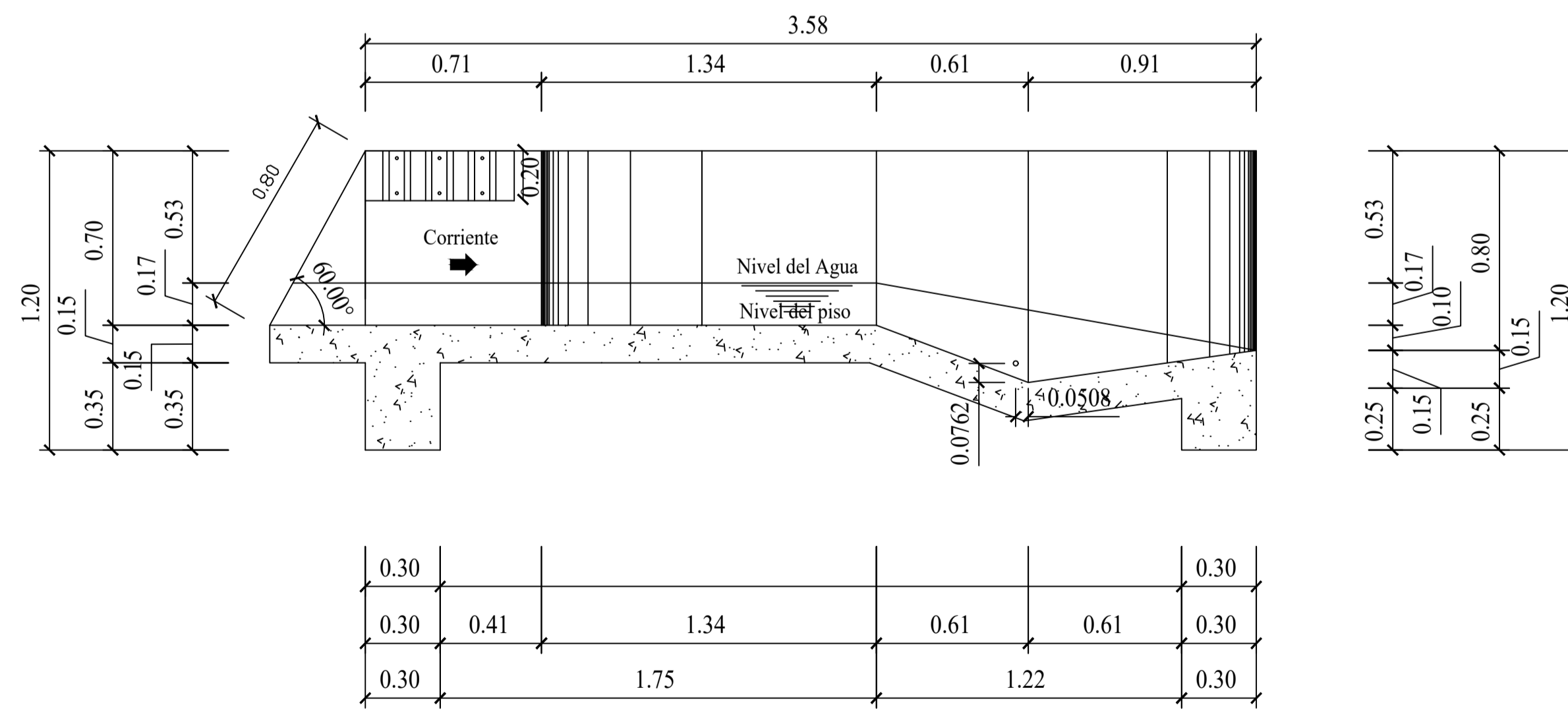
PLANTA
ESCALA-----1:25



DETALLE 1
ESCALA-----1:10

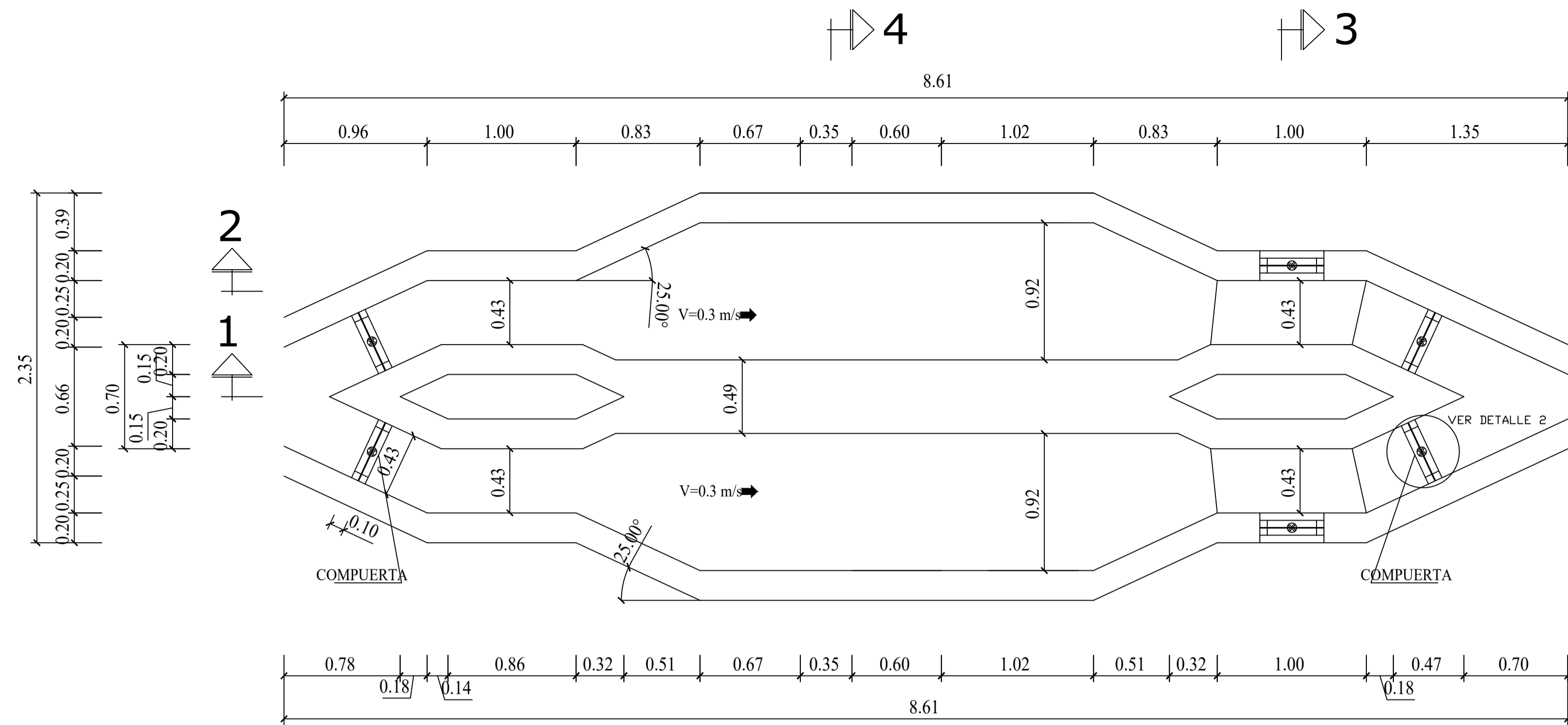


CORTE N-N
ESCALA-----1:25

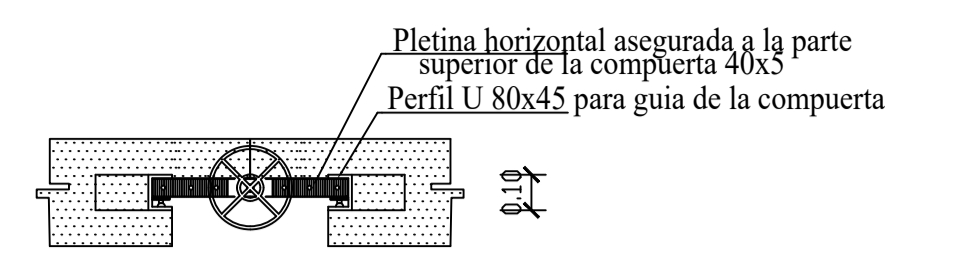


CORTE L-L
ESCALA-----1:25

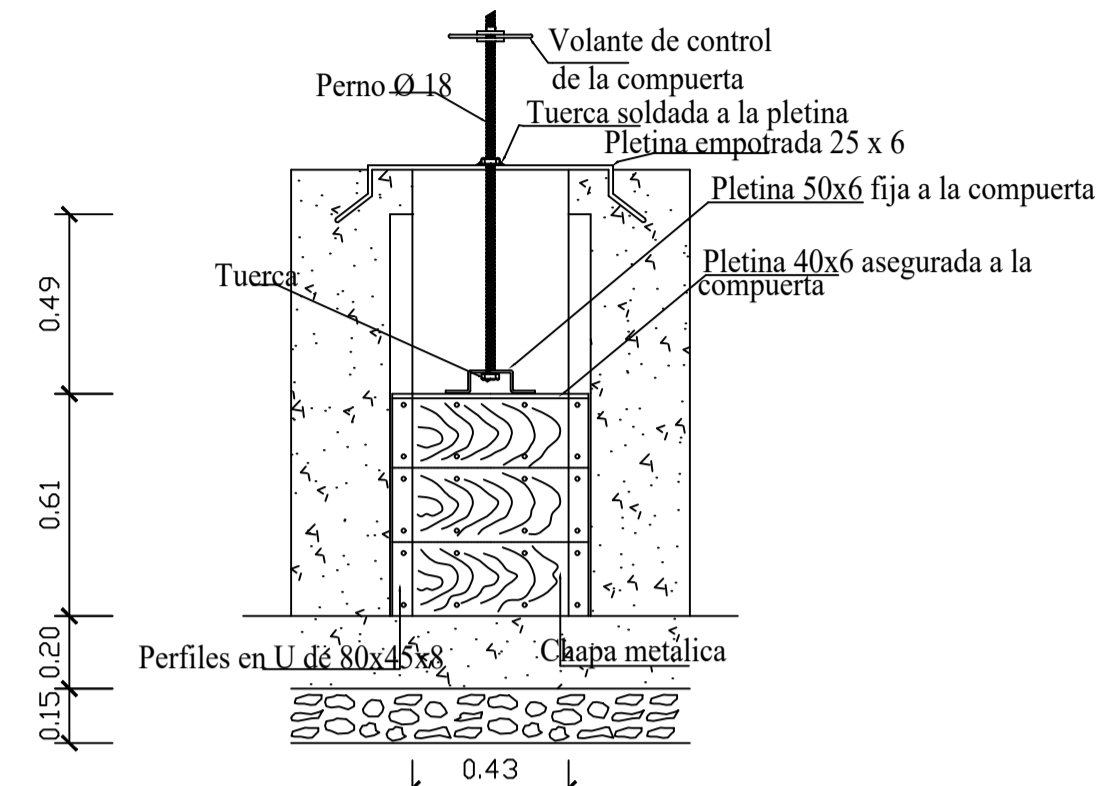
DESARENADOR



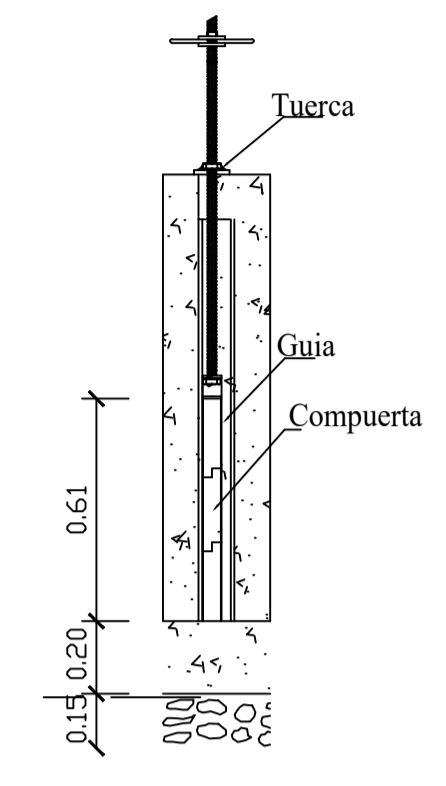
PLANTA
ESCALA-----1:25



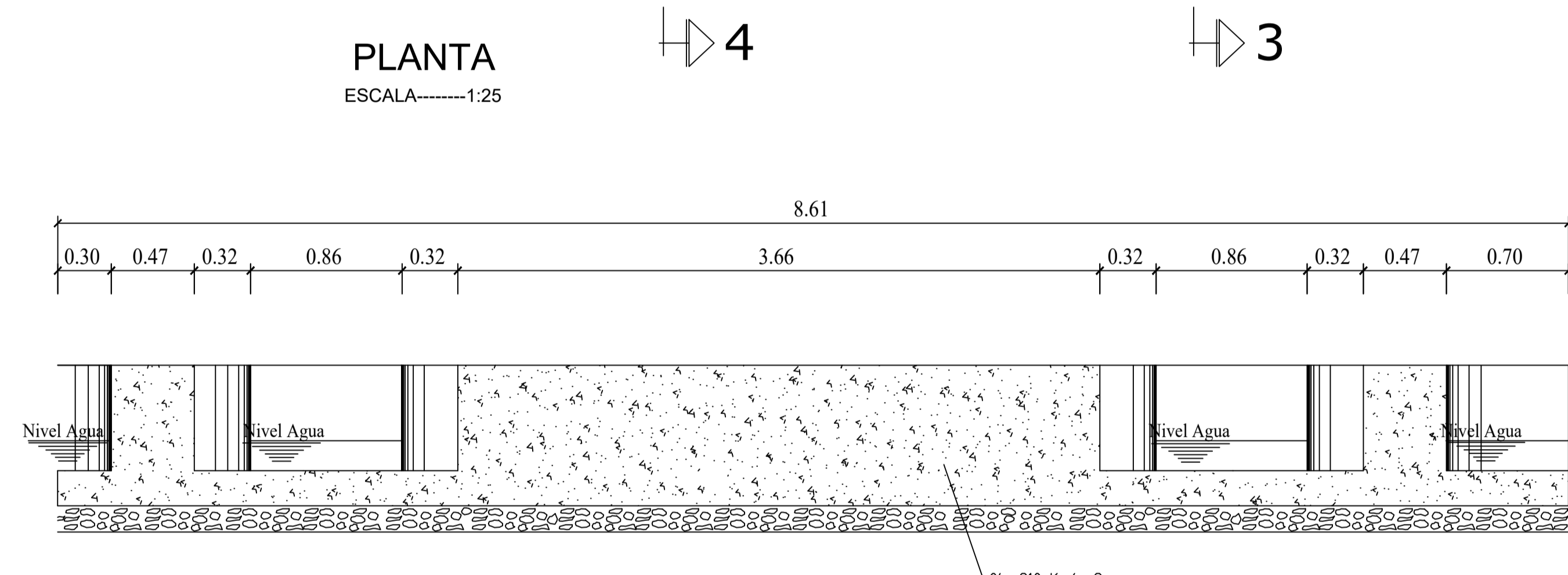
PLANTA
ESCALA-----1:25



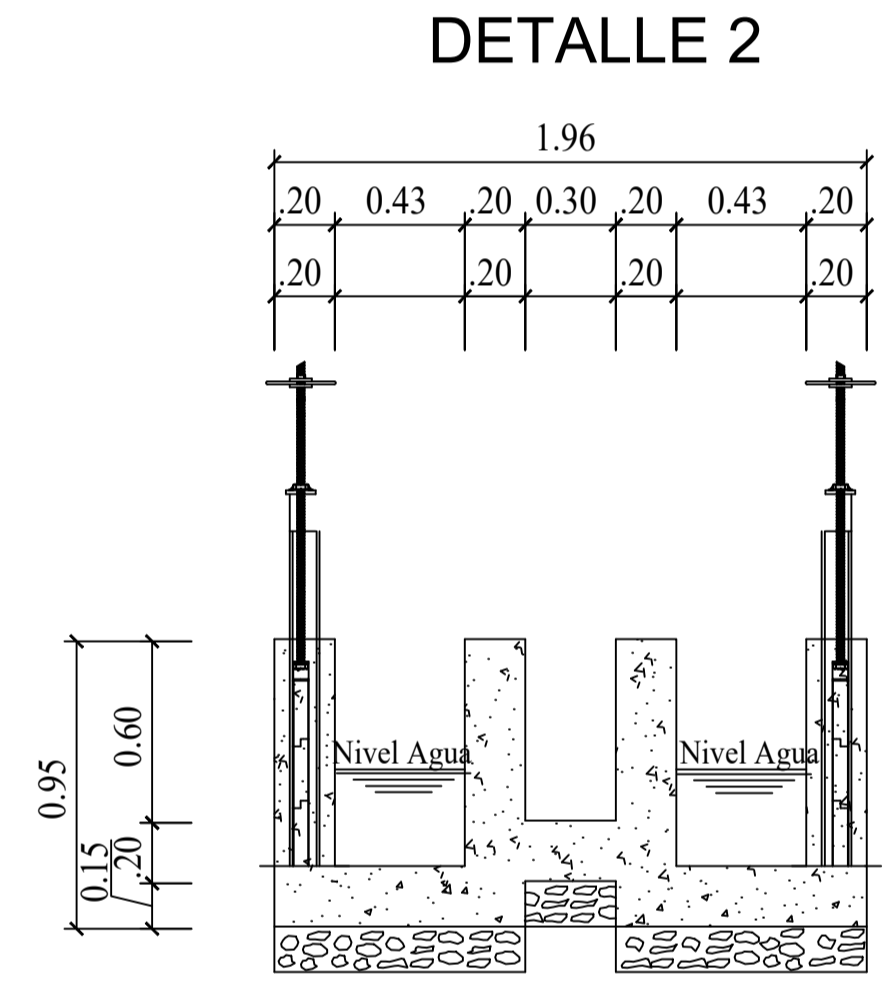
VISTA FRONTAL
ESCALA-----1:25



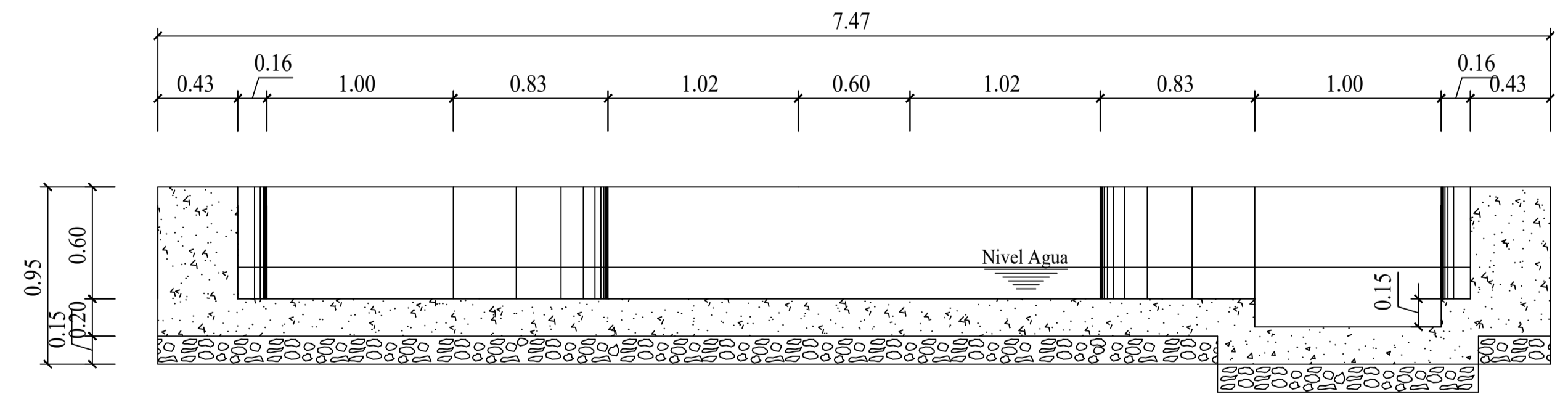
VISTA LATERAL
ESCALA-----1:25



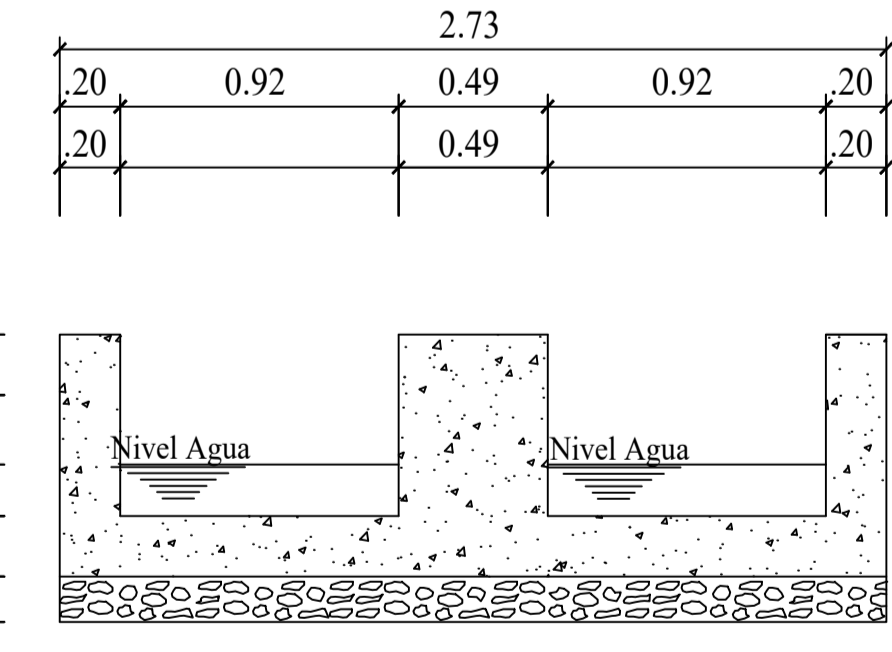
CORTE 1-1
ESCALA-----1:25



CORTE 3-3
ESCALA-----1:25



CORTE 2-2
ESCALA-----1:25



CORTE 4-4
ESCALA-----1:25

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

Proyecto
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBARADA CALLATE

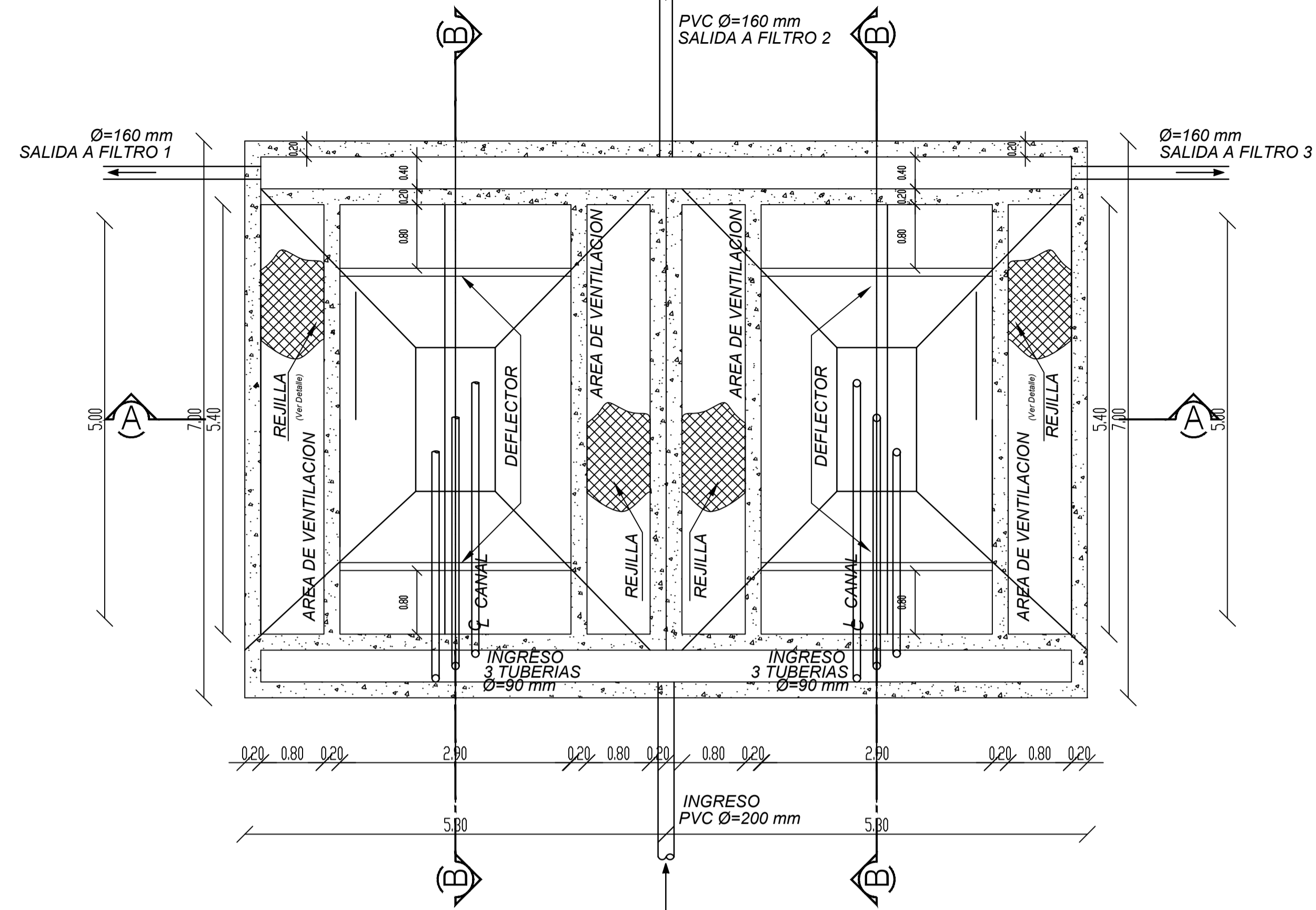
ELABORÓ: FABRICIO ALTAMIRANO
REVISÓ: ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:
UBICACIÓN Y DETALLES DE CADA
UNIDAD DE LA PTAR ACTUAL
FECHA: Febrero 2023
ESCALA: Indicada

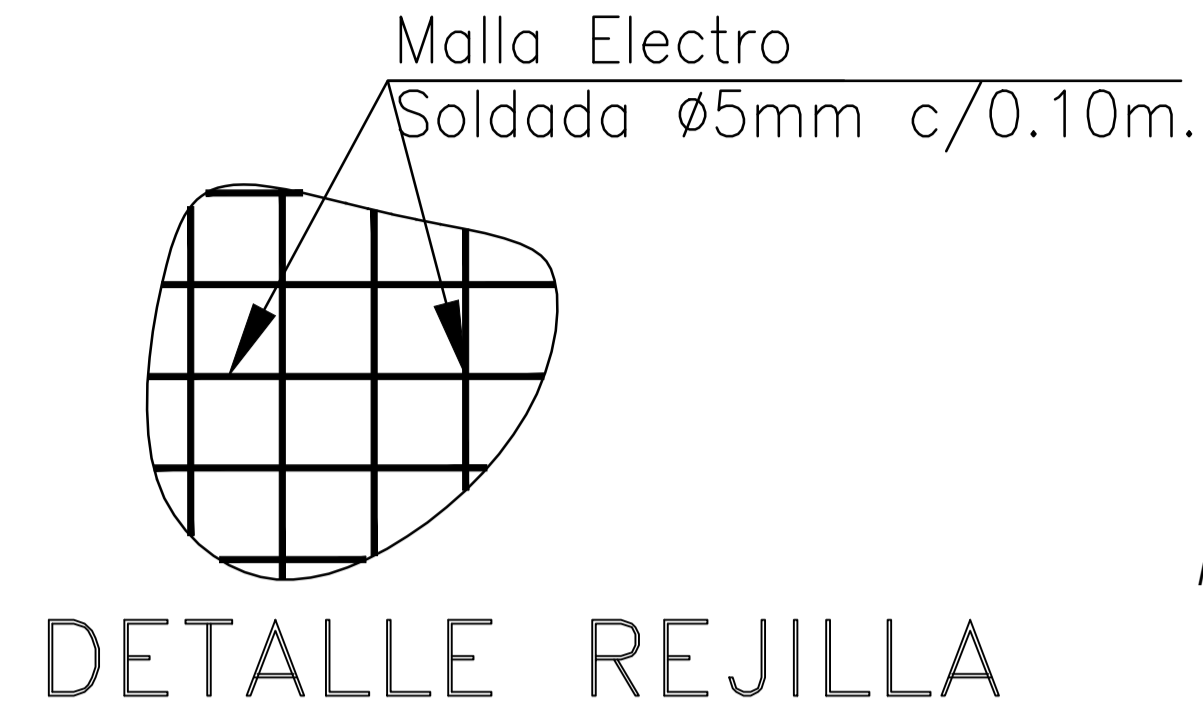
HOJA
5
9

UBICACION:
Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina
Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua

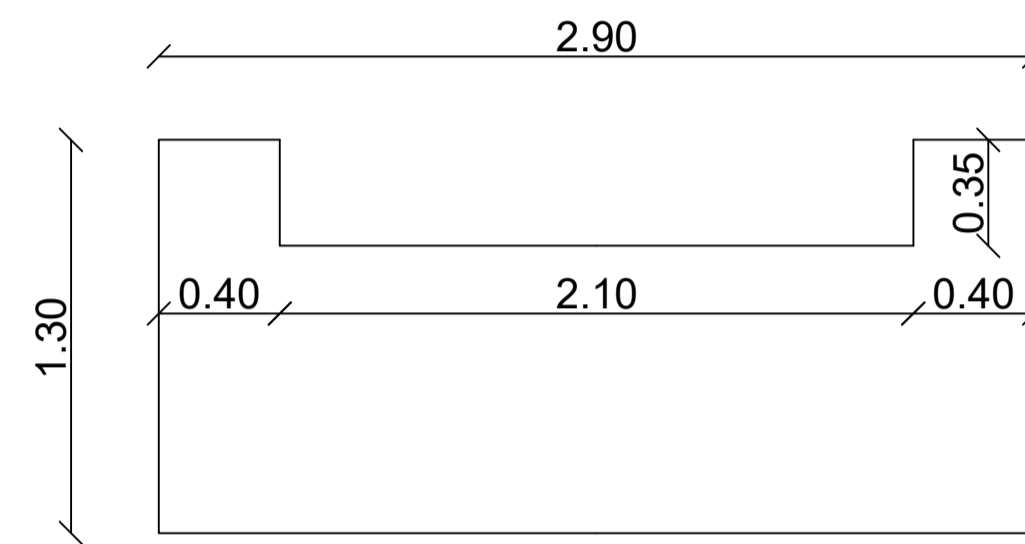
REACTOR ANAEROBIO FLUJO DESCENDENTE EN MANTO DE LODOS



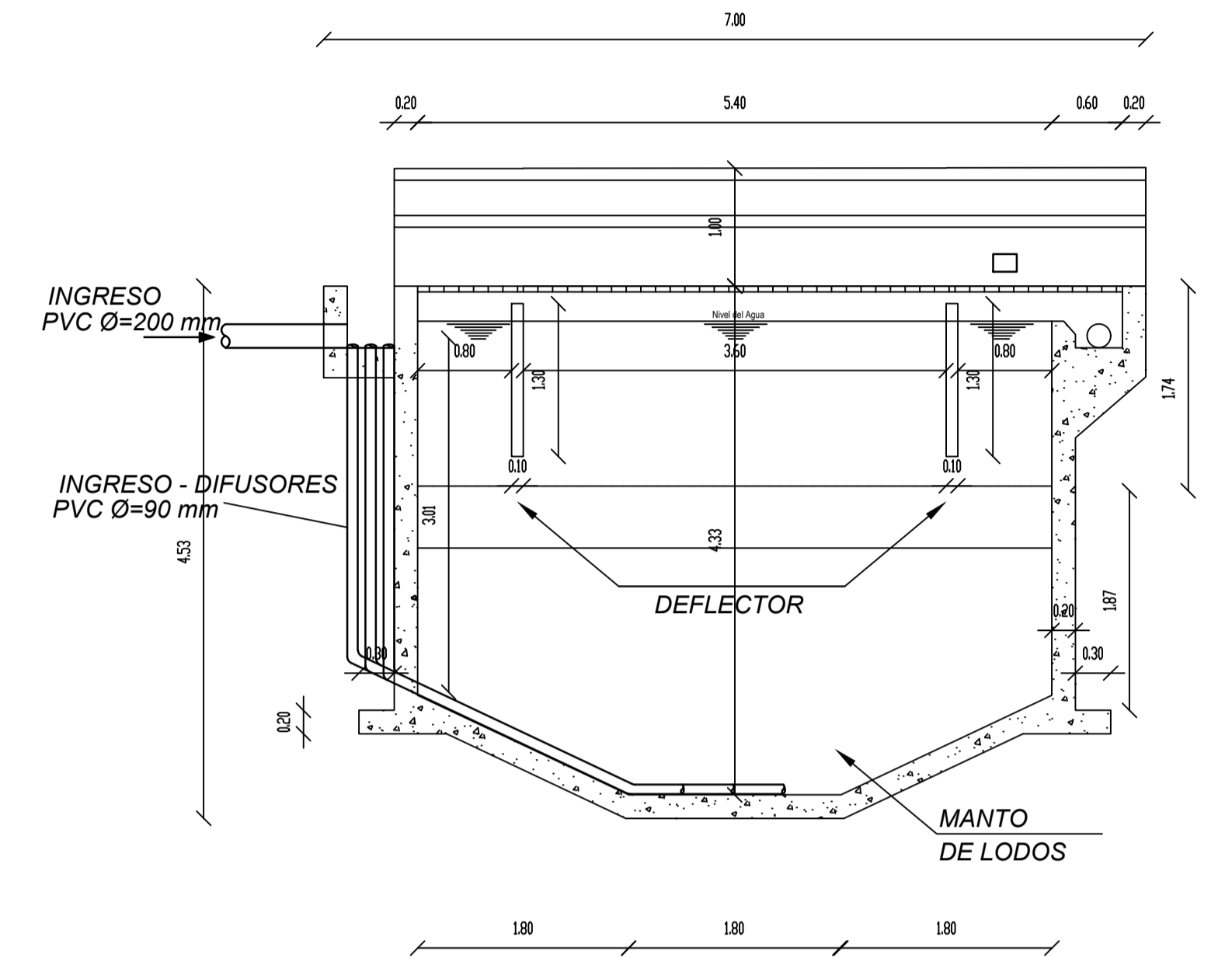
REACTOR ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE EN MANTO DE LODOS
PLANTA
ESC:-----1:50



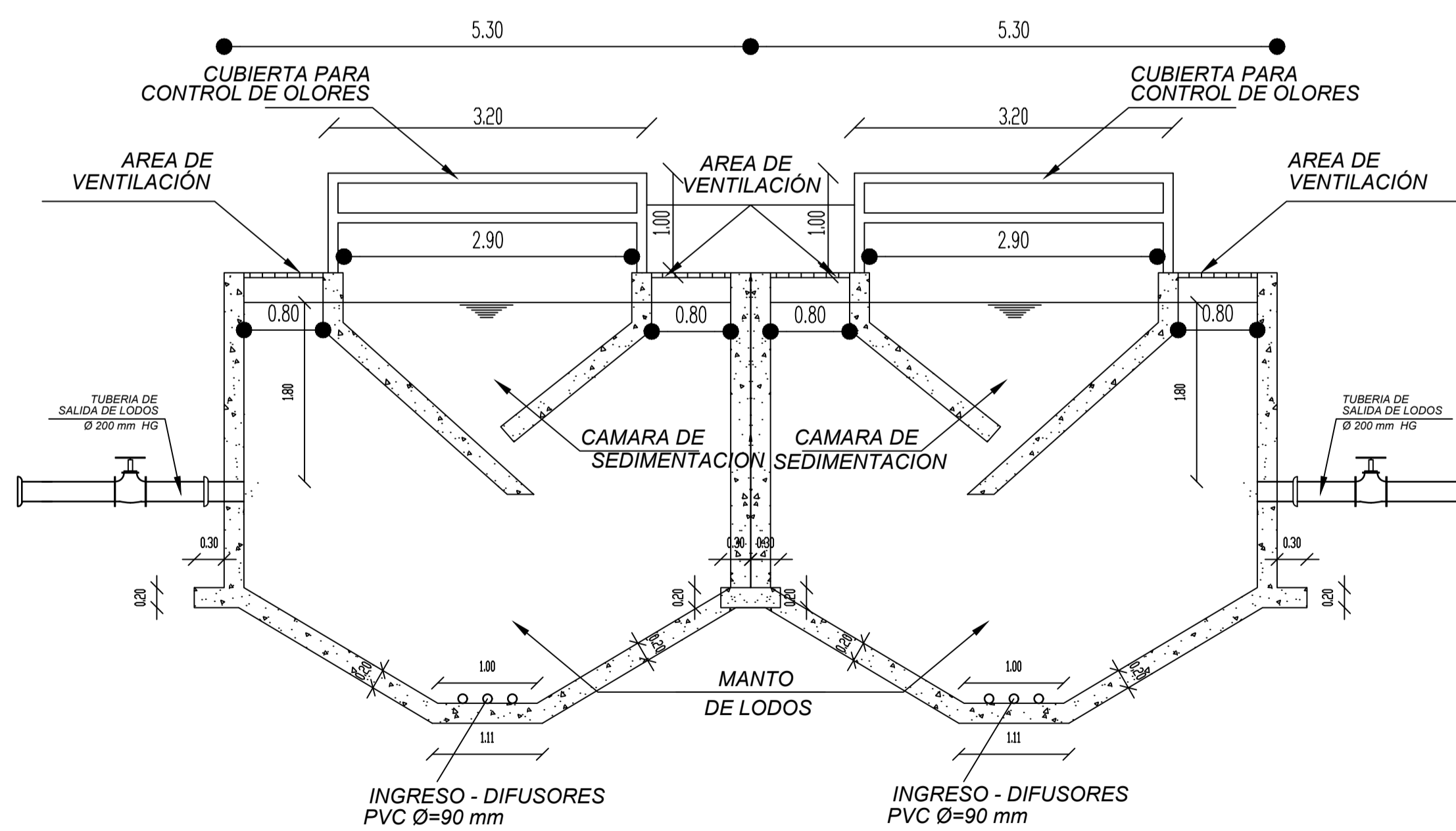
DETALLE REJILLA
ESC:-----S/E



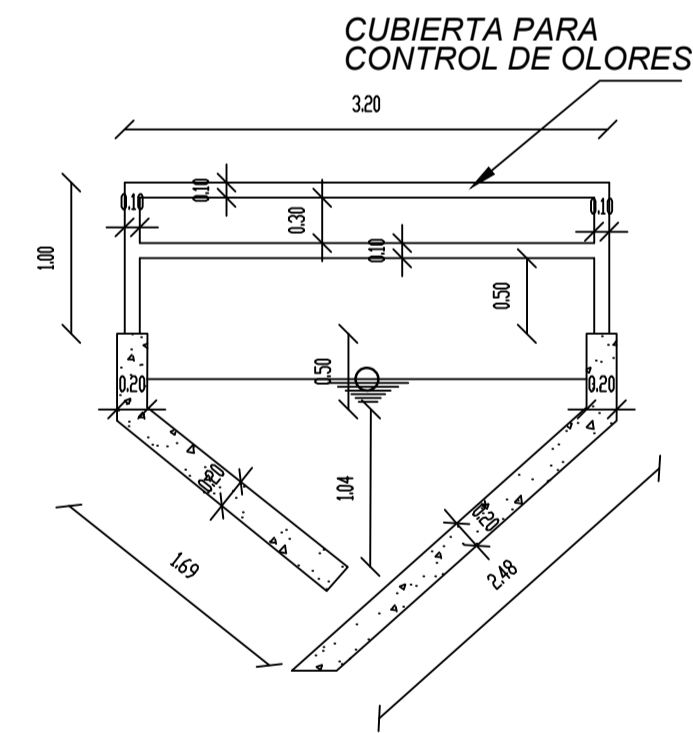
DETALLE DEFLECTOR
ESC:-----S/E



CORTE LONGITUDINAL B-B
ESC:-----1:50



CORTE TRANSVERSAL A-A
ESC:-----1:50



DETALLE CAMARA DE SEDIMENTACION
ESC:-----1:50

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

Proyecto
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBARADA CALLATE

ELABORÓ:

FABRICIO ALTAMIRANO

REVISÓ:

ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:

DETALLES DE CADA UNIDAD DE LA
PTAR ACTUAL

FECHA:

Febrero 2023

ESCALA:

Indicada

HOJA

6

9

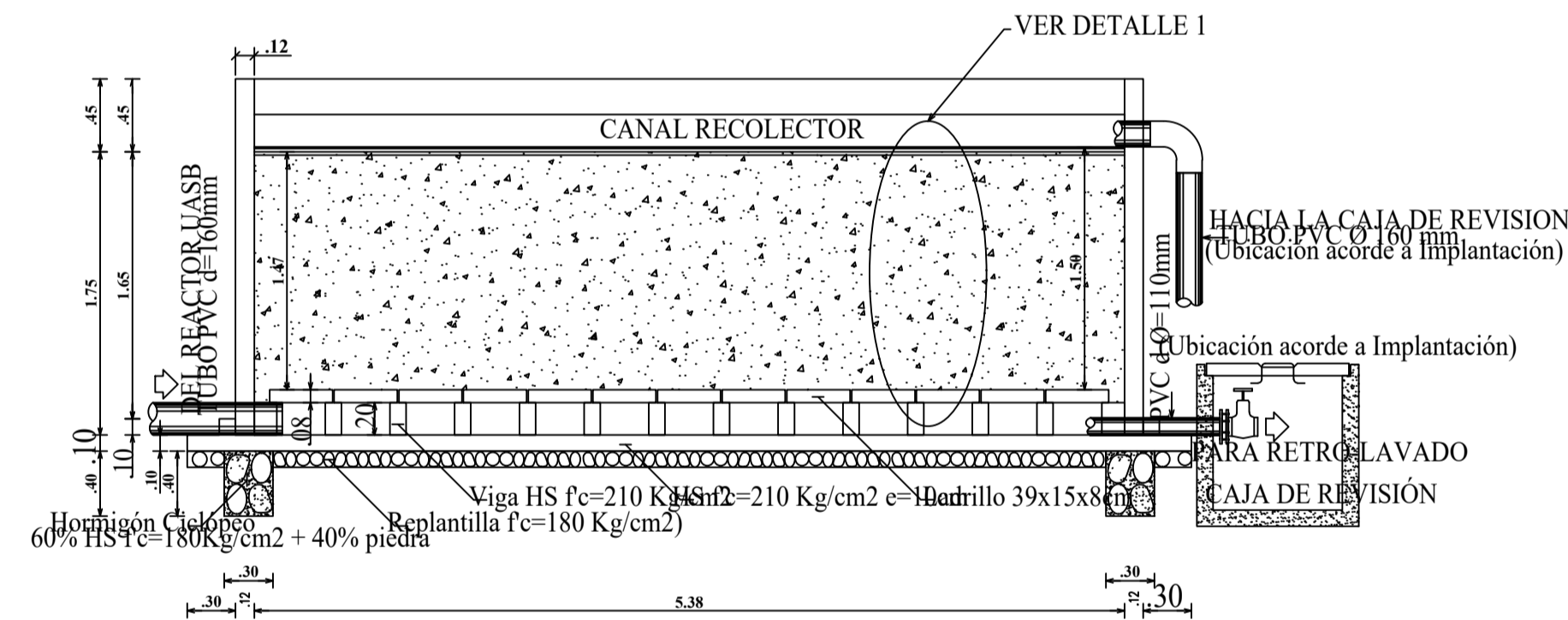
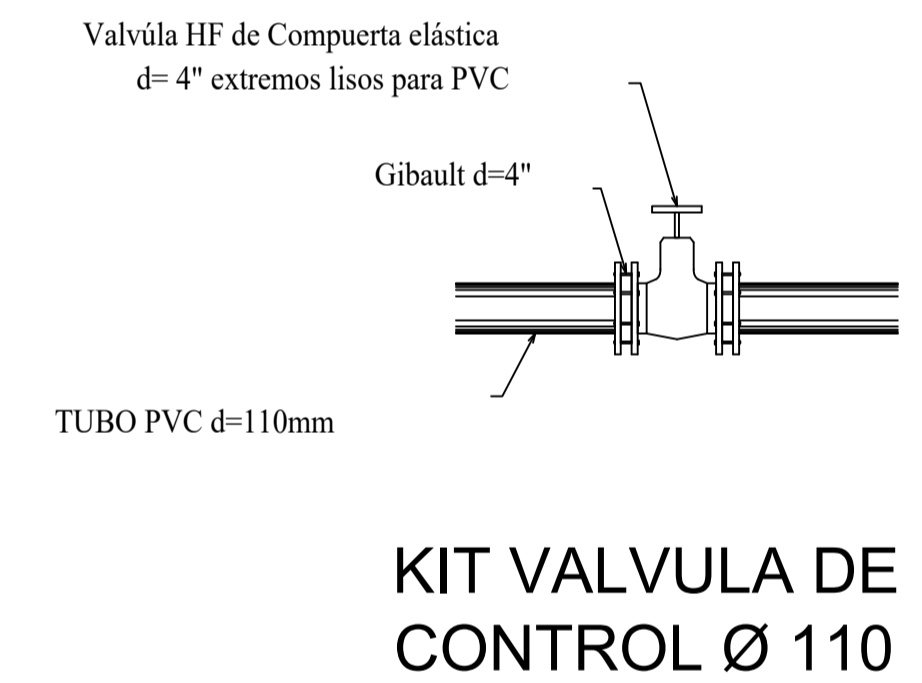
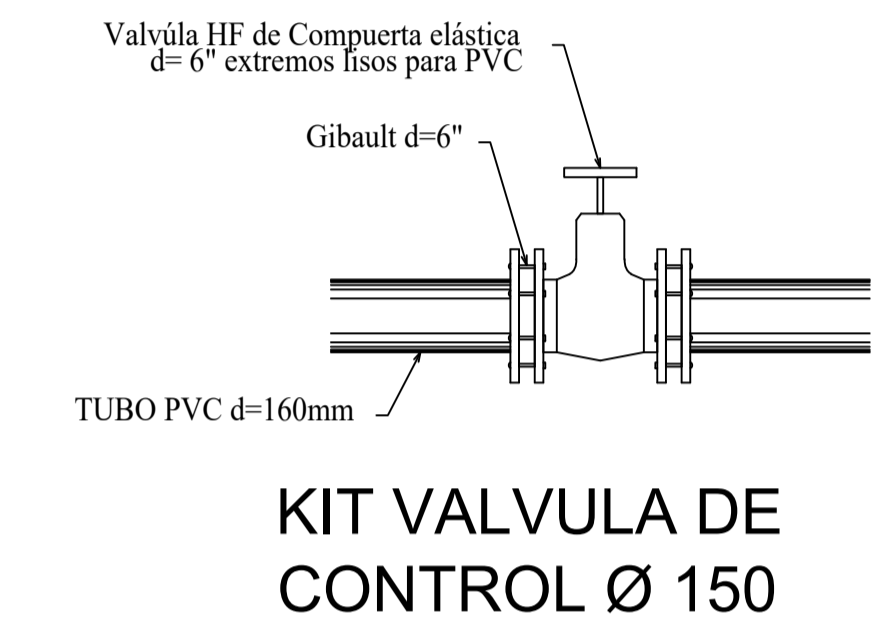
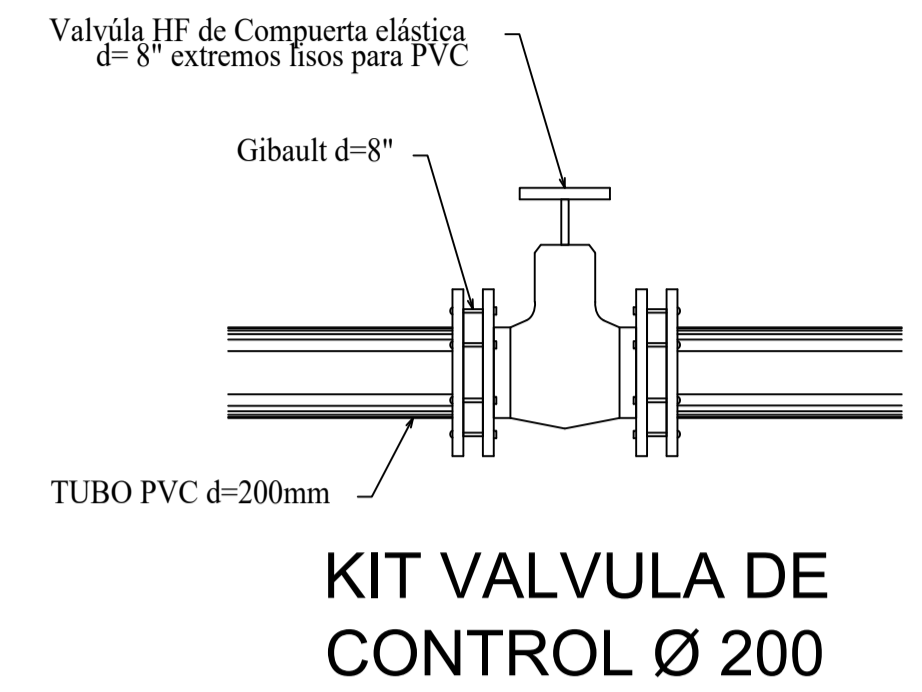
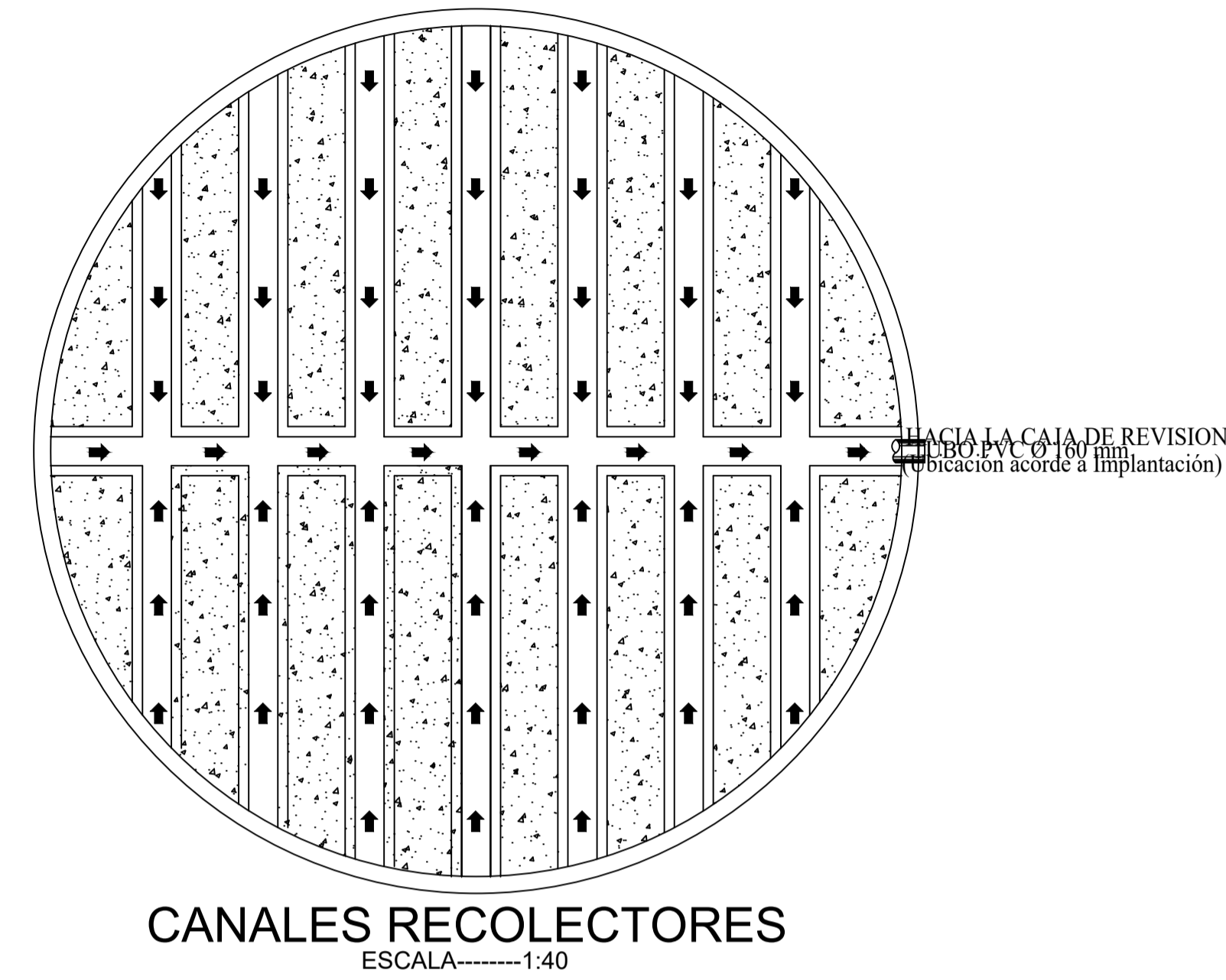
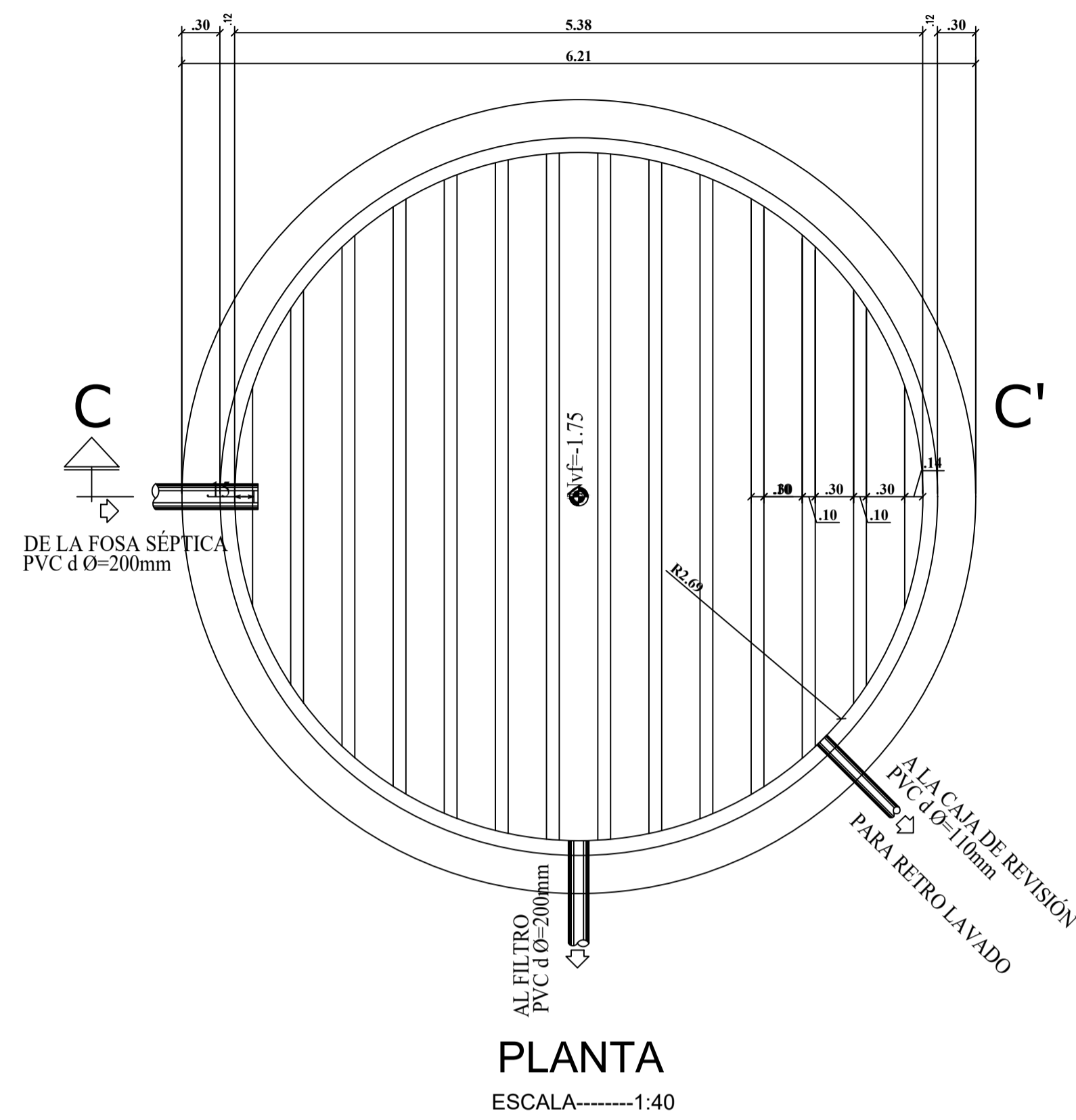


UBICACION:

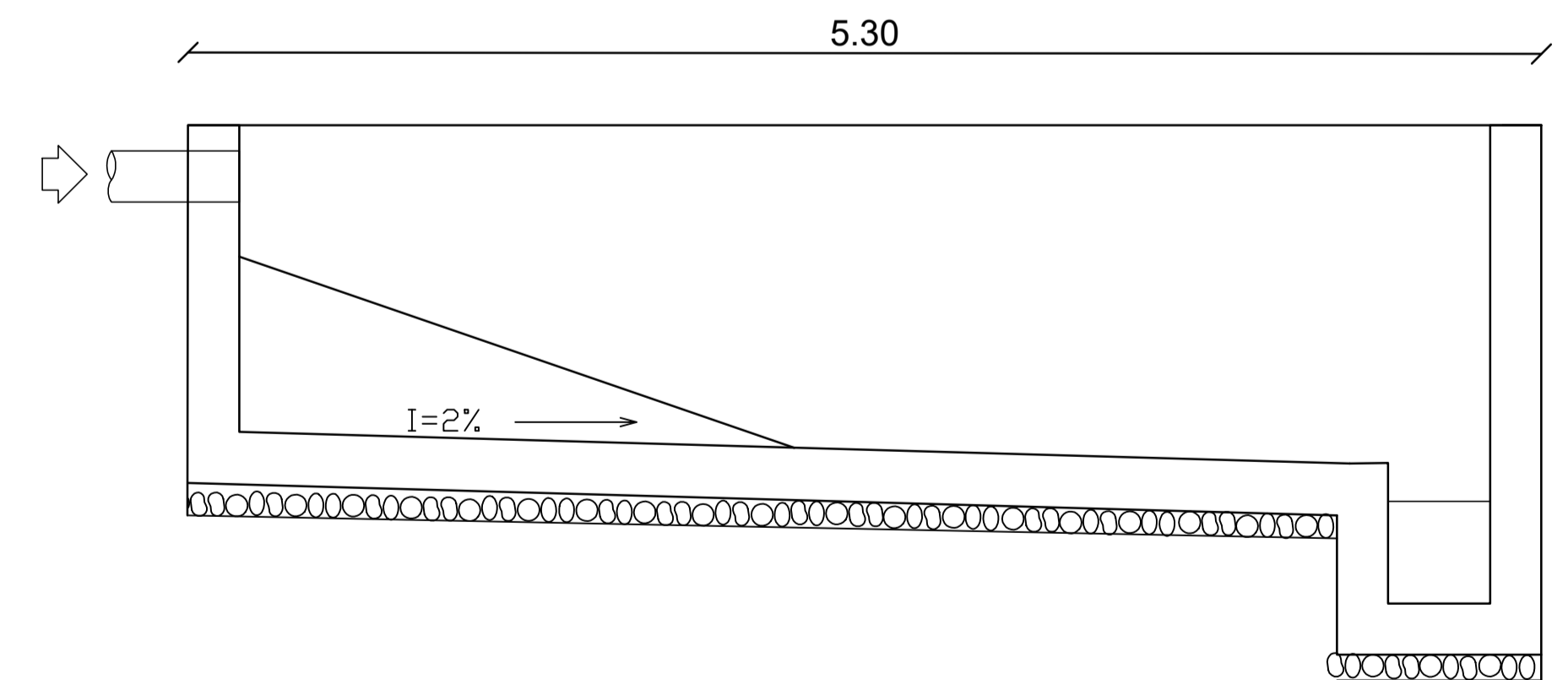
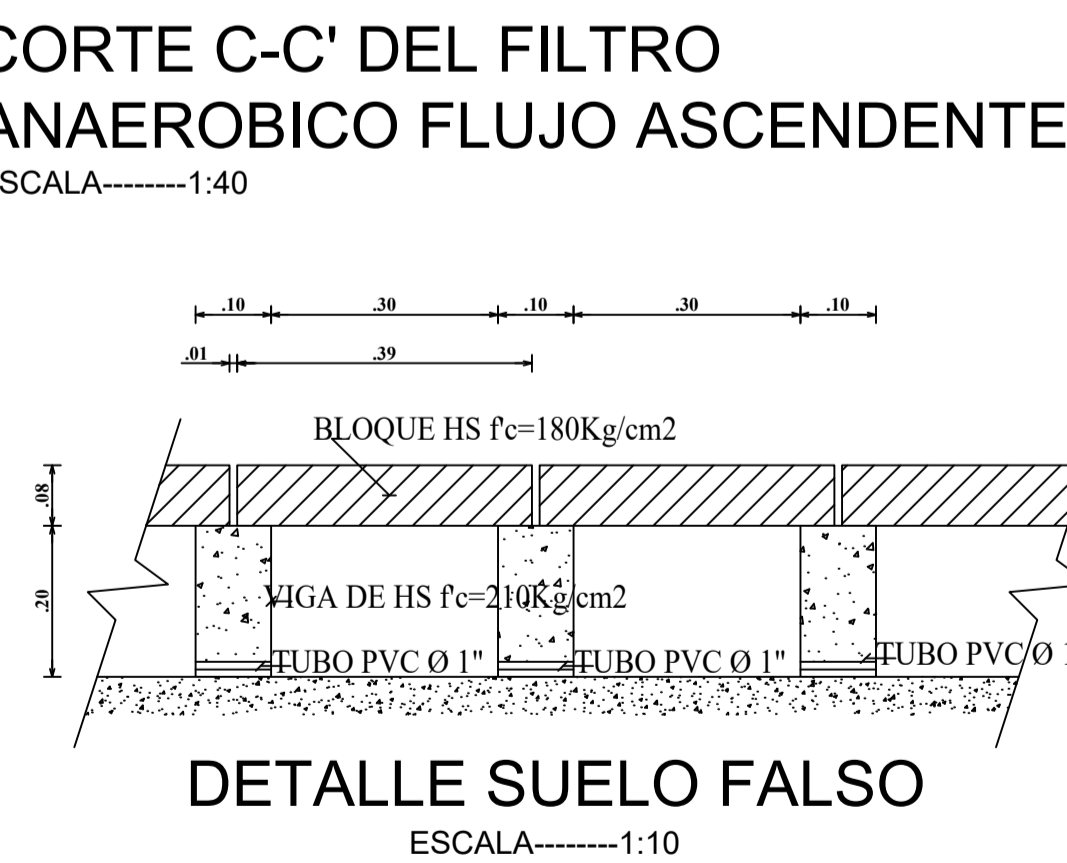
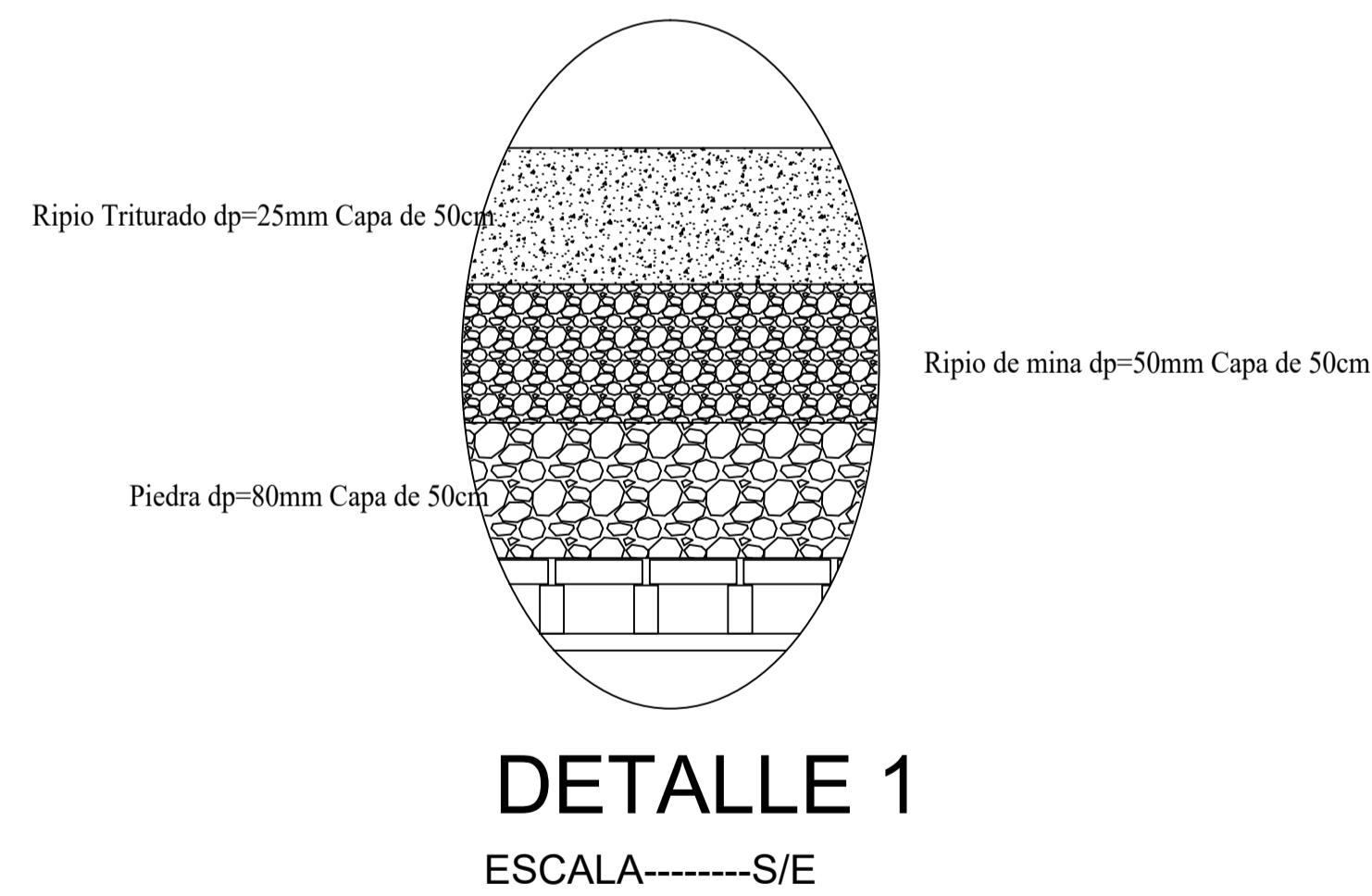
Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina

Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua

FILTRO ANAEROBICO FLUJO ASCENDENTE Y LECHO DE SECADO LODOS



- Especificaciones del Material del Relleno del Filtro.
- LOS PETREOS SERÁN LIMPIOS DE TIERRAS, ARENAS, MATERIAL ORGÁNICO Y/O BASURAS
 - PIEDRA dp=80mm: SUS DIÁMETROS PUEDEN VARIAS DESDE 100mm A LOS 60mm
 - RIPIO DE MINA: dp=50mm: SU DIÁMETRO PEDE VARIAS DESDE 60mm A LOS 30mm
 - RIPIO TRITURADO: dp=25mm: SU DIÁMETRO PEDE VARIAS DESDE 30mm A LOS 15mm
 - PARA LOGRAR ESTA GRANULOMETRIAS SE TENDRA QUE TAMIZAR LOS MATERIALES Y DESECHAR LOS QUE NO ESTEN DENTRO DE LOS RANGOS



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

Proyecto

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBARADA CALLATE

ELABORÓ:

FABRICIO ALTAMIRANO

REVISÓ:

ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:

DETALLES DE CADA UNIDAD DE LA
PTAR ACTUAL

FECHA:

Febrero 2023

ESCALA:

Indicada

HOJA

7

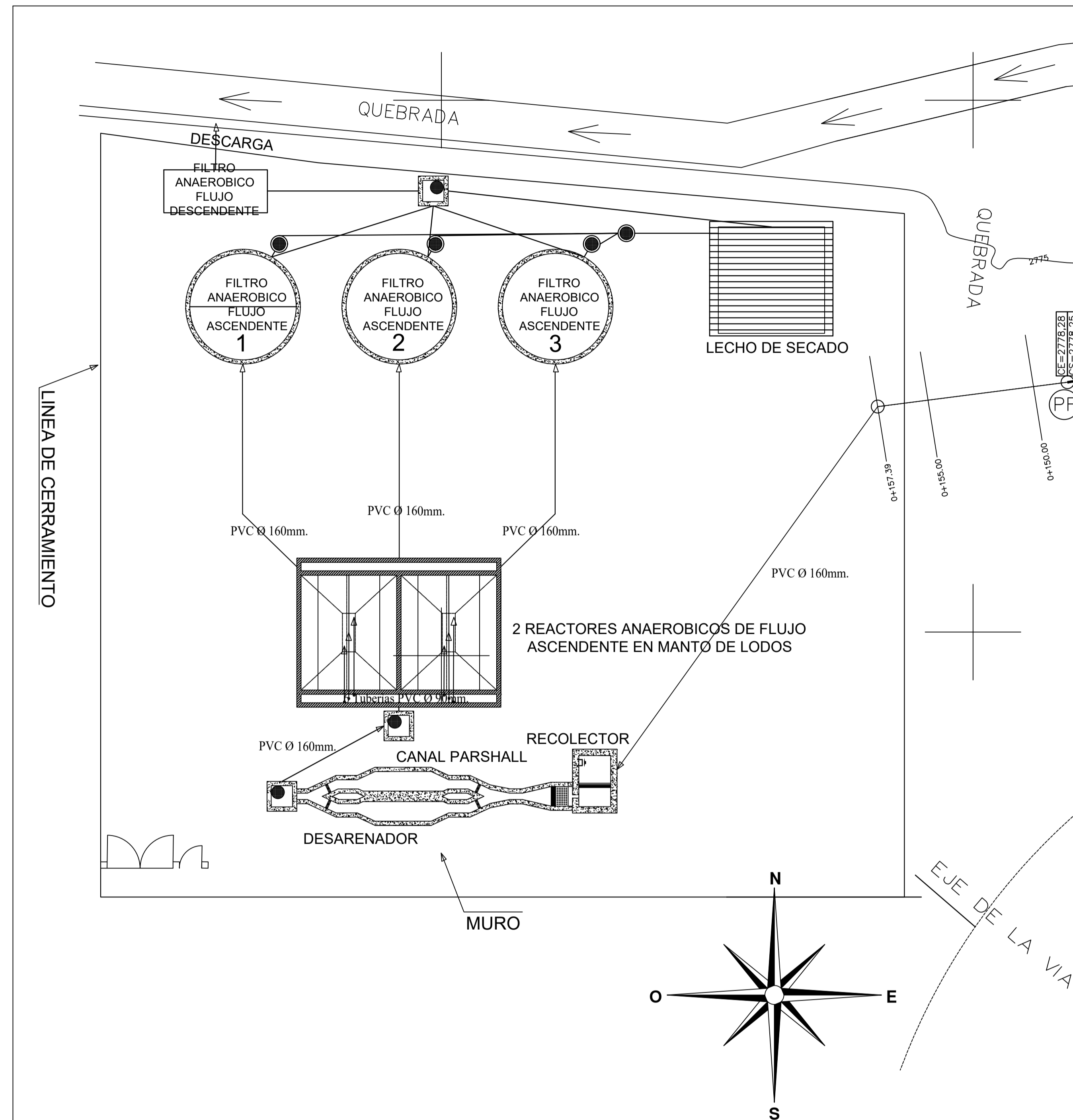
9



UBICACION:

Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina

Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua



IMPLANTACION PLANTA TRAT. AGUAS SERVIDAS

PLANTA
ESCALA-----1:150

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

Proyecto
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBRADA CALLATE

ELABORÓ:

FABRICIO ALTAMIRANO

REVISÓ:

ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:

UBICACIÓN Y DETALLES DE LA
IMPLANTACIÓN DE LAS NUEVAS
UNIDADES

FECHA:

Febrero 2023

ESCALA:

Indicada

HOJA

8

9

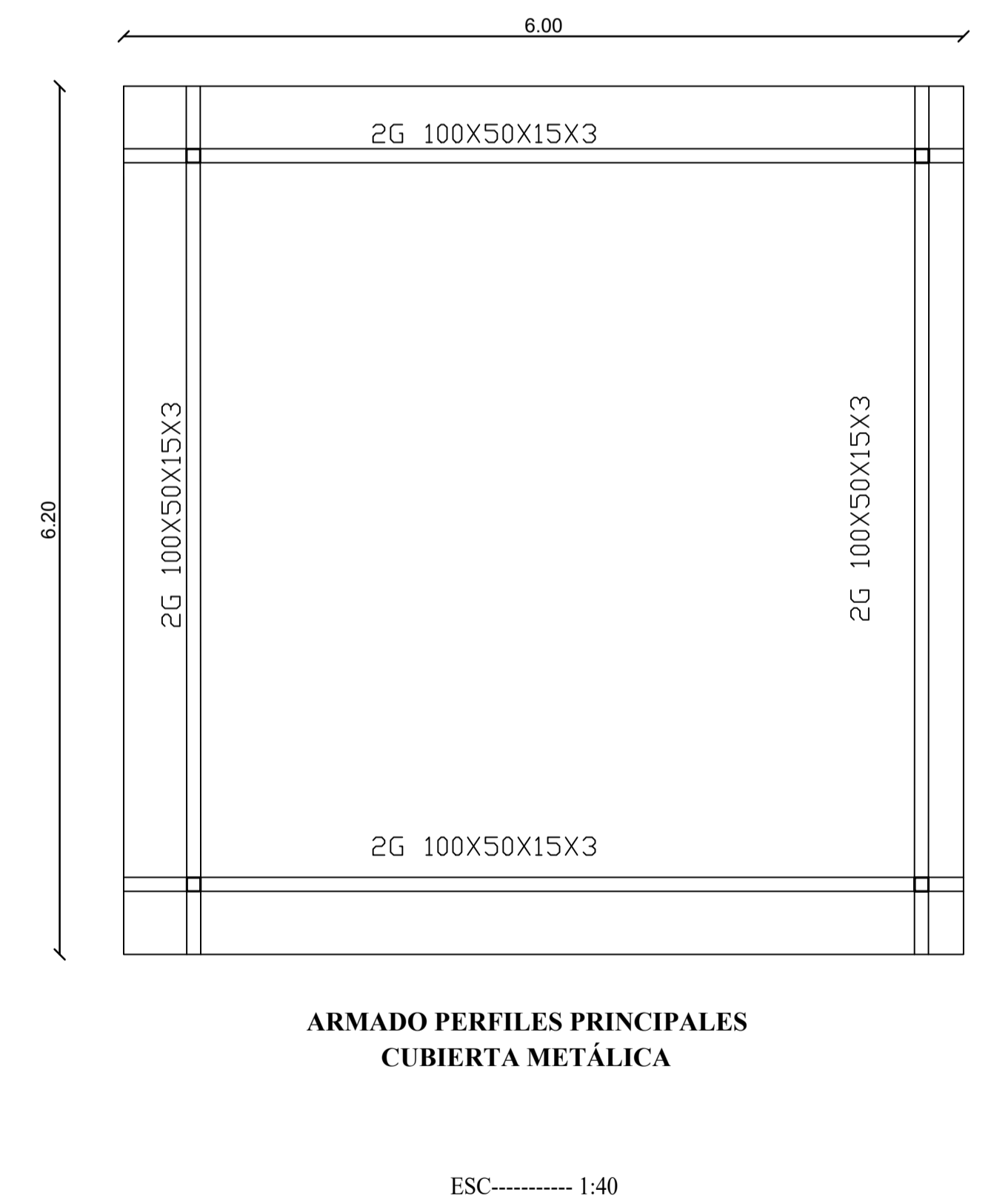
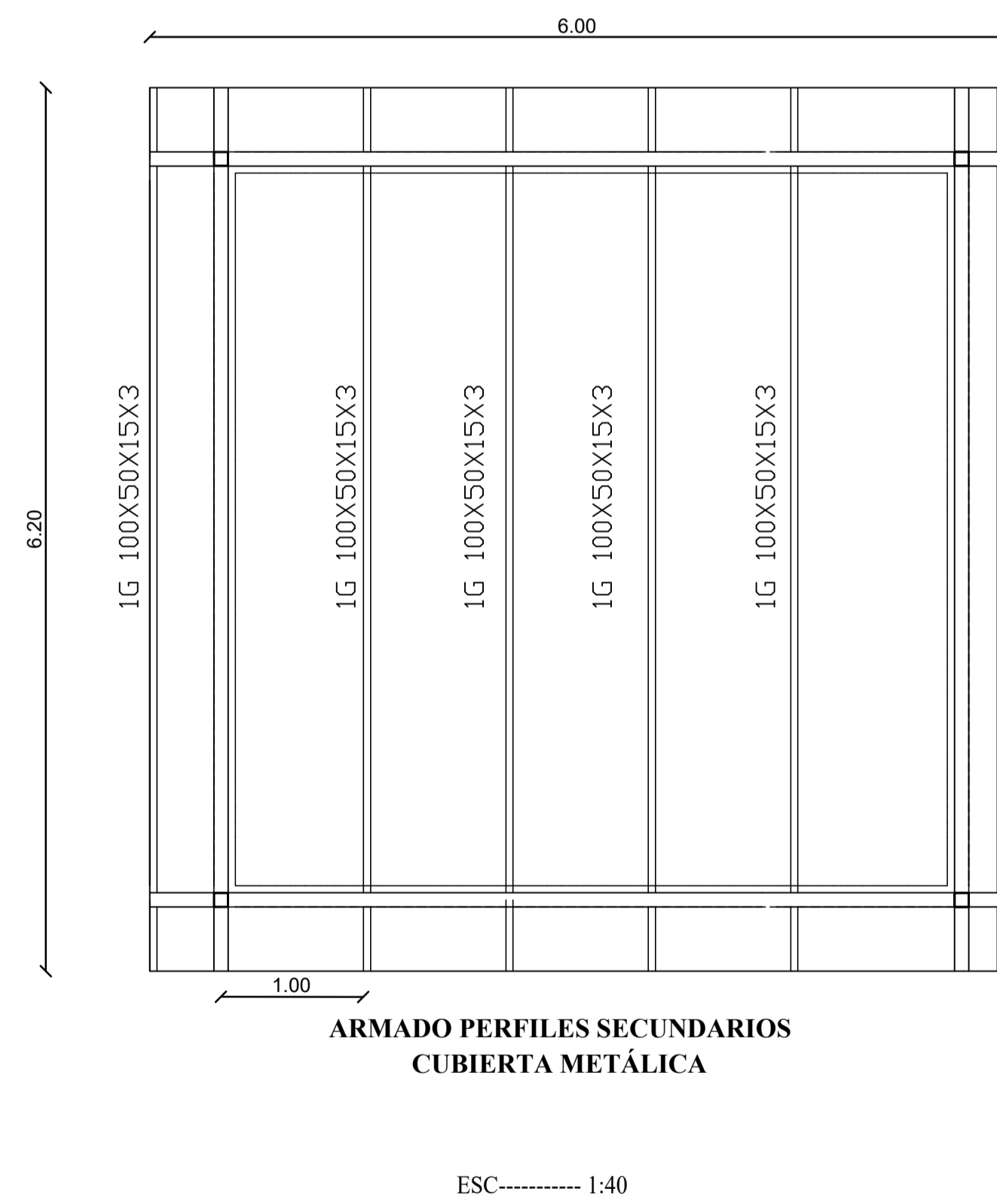
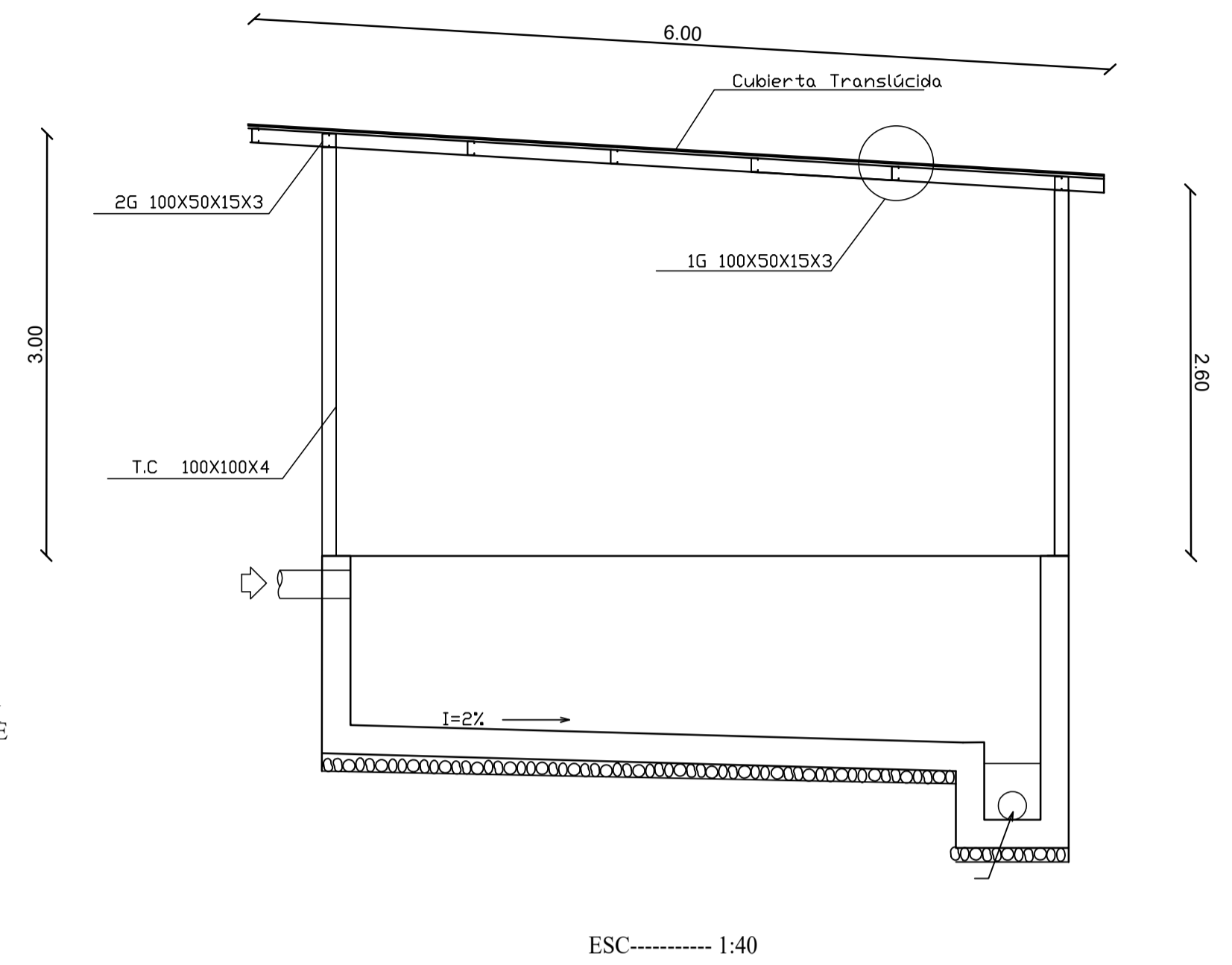
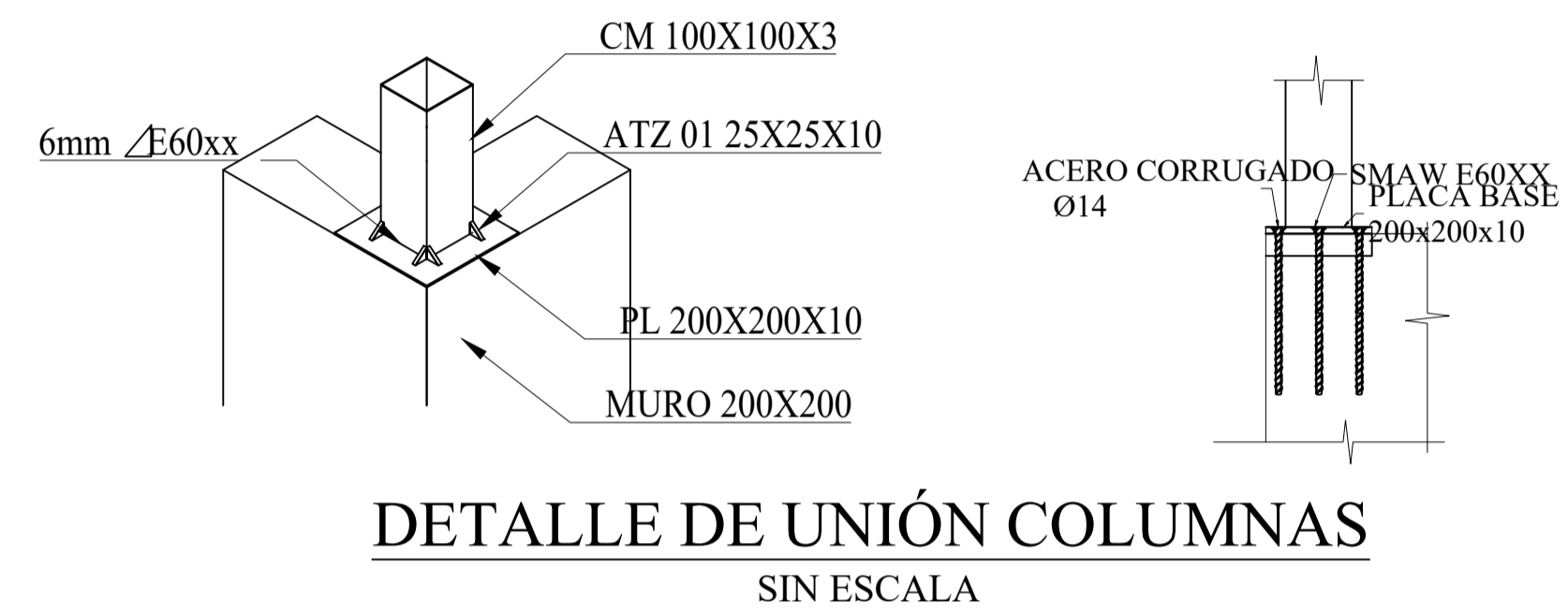
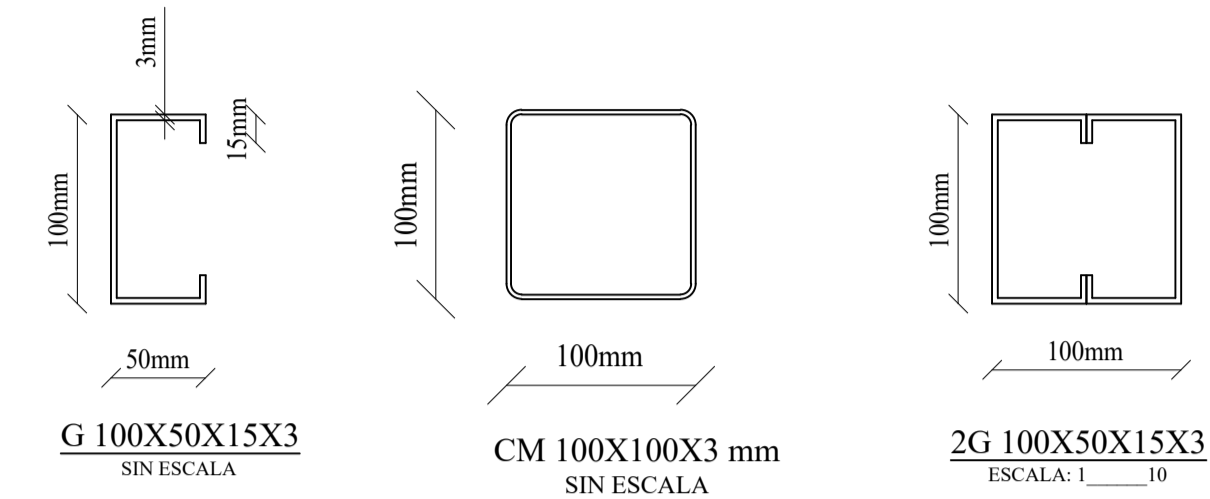
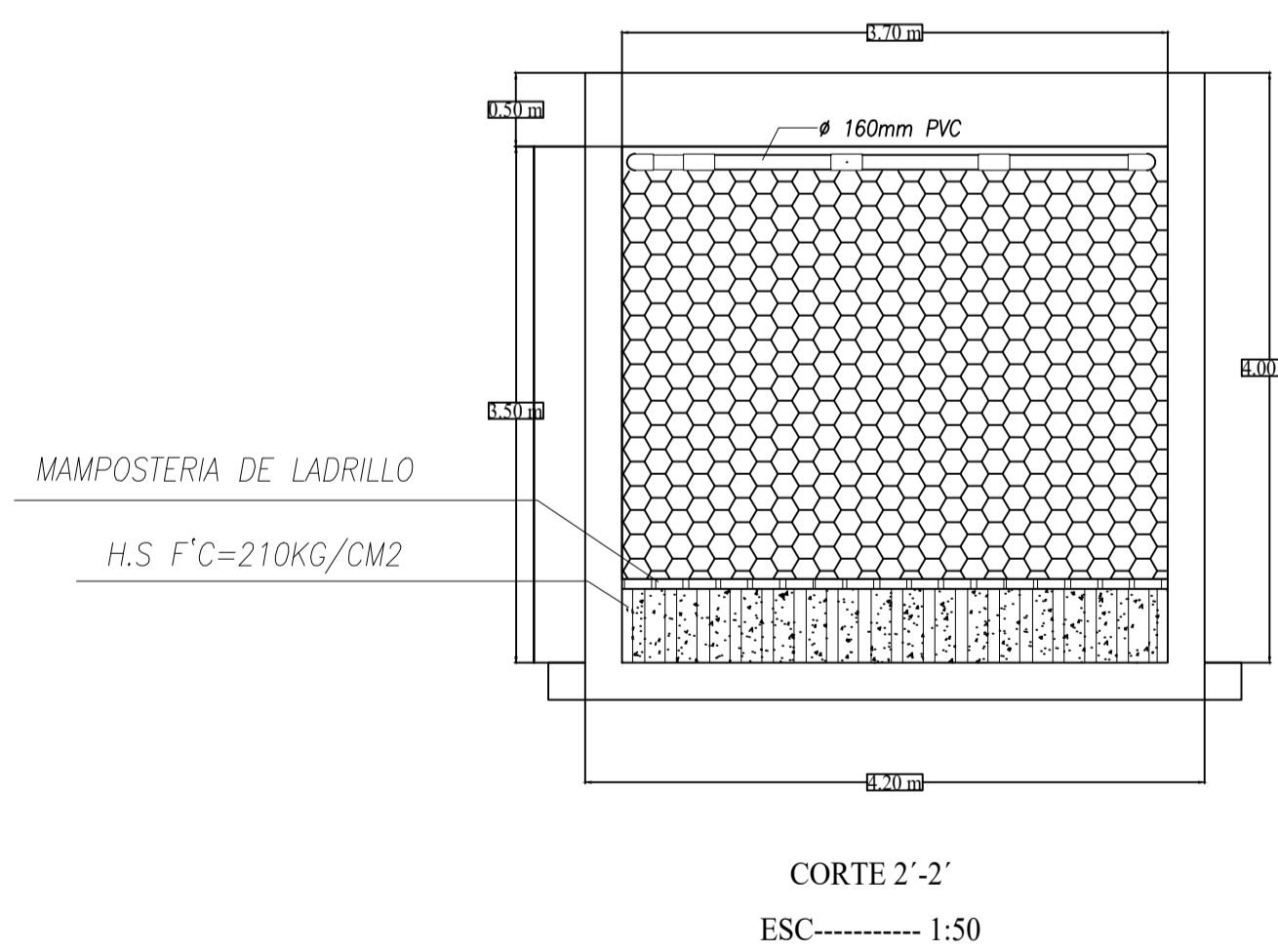
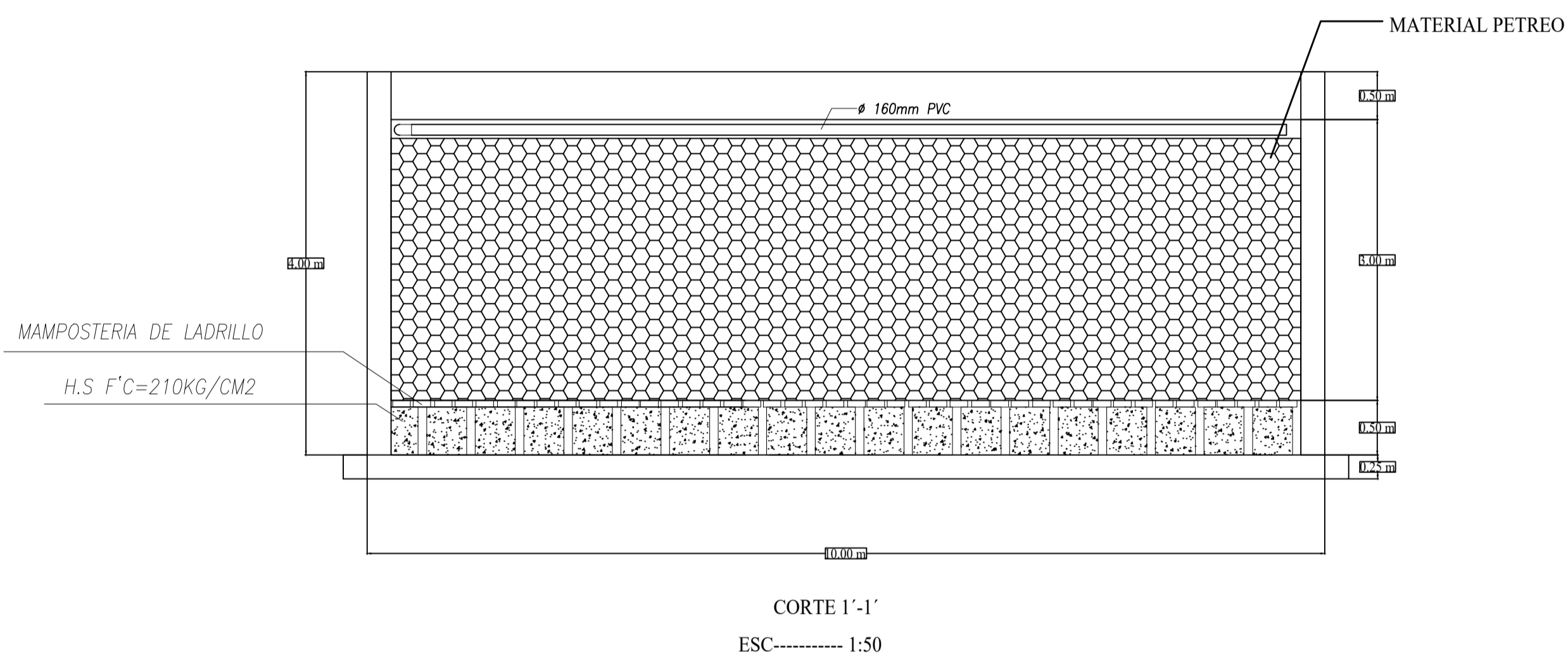
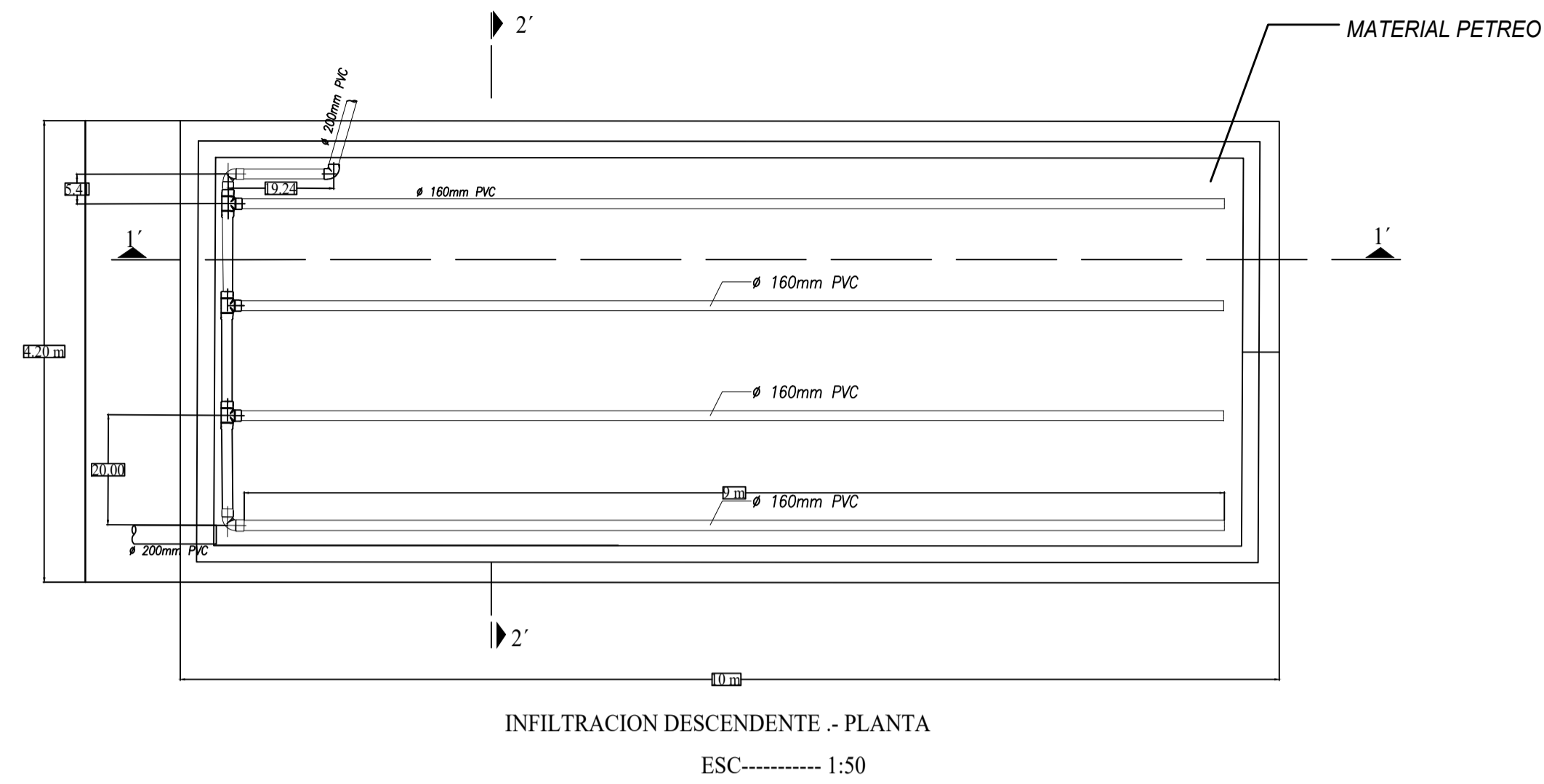


UBICACION:

Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina

Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua

FILTRO ANAEROBIO FLUJO DESCENDENTE Y CUBIERTA PARA LECHO DE SECADO DE LODOS



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

Proyecto
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DEL SECTOR
QUEBARADA CALLATE

ELABORÓ:

FABRICIO ALTAMIRANO

REVISÓ:

ING. MG. FABIÁN MORALES

CONTENIDO:

DETALLES DE LAS NUEVAS UNIDADES

FECHA:

Febrero 2023

ESCALA:

Indicada

HOJA

9

9



UBICACION:

Sector Quebrada Callate
Parroquia: Presidente Urbina

Cantón: Santiago de Pillaro
Provincia: Tungurahua