

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño del Sistema Depurador de Aguas Residuales del Hospital Básico
Manglaralto, Santa Elena

INGE - 2904

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Angie Gissell Vera Aspiazu

Andrés Josue Yagual Merino

Guayaquil – Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a mis padres, por ser mi pilar y ejemplo de constancia, por su amor infinito y enseñarme que el esfuerzo y la Fe lo hacen todo posible.

A mi ñaña, cuyo apoyo y compañía fue un abrazo constante en este camino. Gracias por siempre estar a mi lado.

A mi sobrina, que, aunque llegó en el último trayecto de este camino, fue la motivación y alegría que necesitaba para seguir adelante.

A Mariela, que, con su apoyo incondicional, me mostró que los lazos de sangre también son lazos de amistad y confianza.

A mis dos grandes amigas: May y Ale, que han estado conmigo en este proceso desde siempre, con palabras de aliento y cariño.

Este logro es tan mío como de ustedes, gracias por ser mi fuerza e inspiración.

Angie Gissell Vera Aspiazu

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mi familia, en especial a mis padres Miriam Merino y Edwin Yagual, por haber apoyado cada decisión tomada en mi etapa estudiantil. A mi madre por impulsarme a siempre dar lo mejor. A la memoria de mi querida abuela y tía, que siguen estando presentes en mí y que junto a las enseñanzas de mi madre, me siguen guiando.

Dedico este logro a las personas que fueron parte del camino, al tiempo invertido en mi capacitación y cada esfuerzo silencioso que hoy se transforman en una meta cumplida.

Andrés Josué Yagual Merino

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por ser mi fuerza, guía y compañía además de darme la sabiduría para poder terminar esta hermosa etapa.

A nuestra tutora, la M.Sc. Bethy Merchán, que guió nuestro camino desde el primer al último día brindándonos todos sus conocimientos y paciencia para superar cada desafío en el desarrollo de este trabajo.

A mi gran amigo y compañero de tesis, Andrés Yagual, por su colaboración, dedicación y entusiasmo, gracias por ser parte de este proceso ¡Lo logramos!

A mi novio, por su comprensión, ánimo y cariño constante durante los momentos difíciles.

Y finalmente a mí misma, por la disciplina, esfuerzo y determinación a pesar de todo, para jamás rendirme y que me permitieron culminar este logro con éxito.

Angie Gissell Vera Aspiazu

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haber sido guía. A nuestra tutora la M.Sc. Bethy Merchán por su paciencia en el desarrollo de este proyecto. A mi madre por cada vez que me alentó a seguir adelante, aprender de mis errores y no rendirme. A mi padre por el apoyo moral y económico. A cada uno de los maestros que inculcaron en mí el hambre por seguir aprendiendo, en especial a los Ing. Daniel Falquez y Rafael Cabrera. A mi gran amiga, por ser mi cómplice en todos los proyectos estudiantiles y de desarrollo pre-profesional que realizamos juntos, Angie Vera. A Pamela Menoscal por ser mi compañera incondicional, un pilar de comprensión y cariño a lo largo de este proceso. A mi querida mejor amiga y hermana de corazón, Vivian Villava, quien me mostró el camino hacia el conocimiento en ESPOL. Y, finalmente, me agradezco a mí mismo por la disciplina en demostrar que ningún segundo invertido en caerse y aprender fue en vano.

Andrés Josué Yagual Merino.

Declaración Expresa

Nosotros Angie Gissell Vera Aspiazu, Andrés Josué Yagual Merino acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 8 de septiembre del 2025.

Angie Gissell Vera

Aspiazu

Andrés Josué Yagual

Merino

Evaluadores

M.Sc. Lenin Dender

Profesor de Materia

M.Sc. Bethy Merchán

Tutor de proyecto

Resumen

La depuración de aguas residuales hospitalarias no es regulada por las normativas ecuatorianas, ocasionando que centros de salud usen sistemas obsoletos. El sistema actual del Hospital Básico de Manglaralto (pozo ciego) presenta colapsos durante las lluvias, poniendo en riesgo a pacientes y comunidad. El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema depurador de aguas residuales para el actual Hospital de Manglaralto mediante el uso y aplicación de las regulaciones locales, las características del agua residual, los procesos y operaciones unitarias, para la protección de la salud pública y el ambiente. Los análisis evidenciaron la relación DQO/DBO₅ de 28.74 (aguas de baja biodegradabilidad) que requieren un sistema depurador físico-químico. Con un período de diseño de 20 años, 25 camas proyectadas y un caudal de diseño de 1.31 L/s, se diseñó una planta compacta que incluye procesos de coagulación-floculación y doble filtración con lechos de arena-grava y zeolita con carbón activado. El sistema reduce la carga contaminante de turbidez (99%), amonio (91%) y contaminantes emergentes (90%), contribuyendo a los ODS 3,6 y 11. Se tendrá una inversión inicial en CAPEX de USD 62.230,71 y gastos de operación y mantenimiento (OPEX), de USD 18.675,73. Los costos ambientales suman de USD 2.853,75 (CAPEX) y 753,65 (OPEX) por año, sin incluir IVA. Finalmente, se propuso un manual de operación y mantenimiento que debe ser calibrado en la puesta en marcha y luego reajustado permanentemente.

Palabras clave: aguas residuales, hospital, depuración, contaminantes emergentes.

Abstract

The treatment of hospital wastewater is not regulated by Ecuadorian standards, causing healthcare facilities to use outdated systems. The current system at Manglaralto Basic Hospital (cesspool) experiences failures during rainfall events, putting patients and the community at risk. The objective of this project is to design a hospital wastewater treatment system for Manglaralto Basic Hospital through the use and application of local regulations, wastewater characteristics, and unit processes and operations, to protect public health and the environment. The analyses revealed a COD/BOD5 ratio of 28.74 (low-biodegradability wastewater), which requires a physicochemical treatment system. With a 20-year design period, 25 projected beds, and a design flow rate of 1.31 L/s, a compact treatment plant was designed, including coagulation-flocculation processes and dual filtration with sand-gravel beds and zeolite with activated carbon. The system reduces the pollutant load of turbidity (99%), ammonium (91%), and emerging contaminants (90%), contributing to SDGs 3, 6, and 11. The initial investment in CAPEX amounts to USD 62,230.71, with operation and maintenance (OPEX) costs of USD 18,675.73. Environmental costs total USD 2,853.75 (CAPEX) and USD 753.65 (OPEX) per year, excluding VAT. Finally, an operation and maintenance manual was proposed, to be calibrated during commissioning and then permanently adjusted as needed.

Keywords: Wastewater, hospital, treatment, emerging contaminants.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general	III
Abreviaturas	VII
Simbología	IX
Índice de figuras	X
Índice de tablas.....	XII
ÍNDICE DE PLANOS	XV
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	4
1.3 Justificación del Problema.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
Capítulo 2	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Revisión de literatura.....	11

2.1.1	Esquema metodológico	18
2.2	Área de estudio	20
2.3	Tratamiento de los Desechos Infecciosos y Especiales	22
2.4	Lista de Medicamentos Usados	23
2.4.1	Actividades Hospitalarias.....	27
2.5	Trabajo de campo y laboratorio	28
2.5.1	Toma de muestra	28
2.5.2	Trabajo de laboratorio	29
2.5.3	Levantamiento de Infraestructura.....	33
2.6	Análisis de datos	35
2.6.1	Periodo de diseño	35
2.6.2	Población.....	36
2.6.3	Estimación de Caudales	43
2.6.4	Lugar de Muestreo	43
2.6.5	Caudal de Consumo	46
2.6.6	Caracterización del Agua Residual	50
2.6.7	Índice de biodegradabilidad	51
2.7	Análisis de alternativas	52
Capítulo 3		61
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	62
3.1	Diseño	62
3.1.1	Caudal de Diseño	62

3.1.2	Caudal Máximo Horario.....	63
3.1.3	Depuración Preliminar	64
3.1.4	Depuración Secundaria	75
3.1.5	Depuración Cuaternaria.....	88
3.1.6	Cárcamo de bombeo.....	95
Capítulo 4.....		107
4.	ANÁLISIS AMBIENTAL	108
4.1	Descripción del proyecto	108
4.2	Intersección con áreas protegidas	109
4.3	Cumplimiento con ODS	110
4.4	Línea base ambiental	110
4.4.1	Medio Biofísico.....	111
4.5	Actividades del proyecto	116
4.6	Identificación de impactos ambientales.....	118
4.7	Valoración de impactos ambientales	125
4.7.1	Magnitud del impacto e impacto generado (importancia)	127
4.8	Medidas de prevención/mitigación.....	133
4.8.1	Construcción.....	133
4.8.2	Operación y mantenimiento	135
4.9	Conclusiones.....	137
4.10	Recomendaciones	138
Capítulo 5.....		139

5.	PRESUPUESTO	140
5.1	Estructura Desglosada de Trabajo	140
5.2	Rubros y análisis de precios unitario	143
5.3	Descripción de cantidades de obra	145
5.4	Valoración integral del costo del proyecto	148
5.5	Cronograma de obra	148
Capítulo 6		149
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
6.1	Conclusiones.....	150
6.2	Recomendaciones	152
7.	Bibliografía.....	154
PLANOS Y ANEXOS		165
ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		166
7.1.1	Dimensionamiento y costo del personal.....	303
ANEXO D: PLANOS		324
ANEXO E		335

Abreviaturas

CAPEX	Capital Expenditures (Gastos de Capital)
CE	Contaminantes Emergentes
COA	Código Orgánico del Ambiente
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ELG	Effluent Limitation Guidelines
EPA	Agencia de Protección Ambiental
ESPOL	Escuela Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
HBM	Hospital Básico de Manglaralto
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
JAAPMAN	Junta de Agua Potable de Manglaralto
MBR	Biorreactores de Membrana
NEC	Normativa Ecuatoriana de la Construcción
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
OD	Oxígeno Disuelto
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPEX	Operational Expenditures (Gastos Operativos)
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PDAR	Planta Depuradora de Aguas Residuales
PFAS	Sustancias Perfluoroalquiladas y Polifluoroalquiladas

POA	Procesos de oxidación avanzada
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SS	Sólidos Sedimentables
SSF	Sólidos Suspendidos Fijos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
ST	Sólidos Totales
SVS	Sólidos Volátiles Suspendidos
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
UE	Unión Europea
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPSE	Universidad Estatal Península de Santa Elena

Simbología

°C	Grados Celsius
cm	Centímetro
d	Día
L	Litro
m	Metro
mg	Miligramo
mL	Mililitro
pH	Potencial de Hidrógeno
Q	Caudal
s	Segundo
TiO₂	Dióxido de Titanio
L/s	Litros por segundo
m³/s	Metros Cúbicos por Segundo
Ha	Hectáreas
L/hab-día	Litros por habitantes días
m/h	Metro por hora
Al(SO₄)₃	Sulfato de Aluminio
kW	Kilovatios
HP	Horse Power (Caballos de Fuerza)

Índice de figuras

Figura 1. Rebose e ingreso de agua contaminada hacia hospital	5
Figura 2. Almacenamiento actual de aguas residual en hospital.....	6
Figura 3. Esquema metodológico del proyecto	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4. Ubicación geográfica del hospital.....	20
Figura 5. Mapa satelital del Hospital Básico de Manglaralto	21
Figura 6. Altimetría del Hospital Básico de Manglaralto	33
Figura 7. Planimetría del Hospital Básico de Manglaralto	33
Figura 8. Pozo ciego.....	35
Figura 9. Modelo del pozo	35
Figura 10. Comportamiento de la Población.....	42
Figura 11. Consumo anual del hospital.....	47
Figura 12. Consumo anual corregido	47
Figura 13. Esquema PDAR físico-químico que incluye carbón activado.....	57
Figura 14. Esquema PDAR físico-químico con fotocátalisis heterogénea y TiO ₂	58
Figura 15. Esquema PDAR físico-químico con electrocoagulación avanzada.....	59
Figura 16. Valores de K ₂ según la forma del barrote	69
Figura 17. Valores de K ₃ en función de la configuración del barrote	69
Figura 18. Datos de sedimentación de partículas	72
Figura 19. Concentraciones de coagulador	76
Figura 21. Valor de coeficiente de acuerdo con la temperatura.....	83
Figura 22. Modelo para la selección de un sistema de depuración por múltiples etapas.....	88
Figura 23. Granulometría y espesor de capa de acuerdo con el lecho filtrante escogido	89
Figura 24. Criterios de diseño para filtro lento de arena	91
Figura 25. Modelos de bomba dosificadora	103

Figura 26. Esquema de la PDAR	106
Figura 27. Mapa de ubicación	108
Figura 28. Mapa de ubicación de zonas protegidas del Ecuador	110
Figura 29. Zonas climáticas de Santa Elena.....	112
Figura 30. Tipos de suelo	113
Figura 31. Clasificación de impactos en matriz de Leopold	129
Figura 32. Estructura desglosada de trabajo.....	140
Figura 33. Plano de ubicación del Hospital Básico de Manglaralto	298
Figura 34. Consulta a laboratorios AVVE S.A. sobre ensayos de CE	336
Figura 35. Consulta CIBE sobre ensayos CE.....	337

Índice de tablas

Tabla 1. Datos climáticos de Manglaralto.....	21
Tabla 2. Stock de medicamentos del Hospital Básico de Manglaralto	23
Tabla 3. Selección de contaminantes emergentes a estudiar.....	26
Tabla 4. Dimensiones del pozo ciego.....	34
Tabla 5. Datos de visita al hospital según plan médico funcional	37
Tabla 6. Población diaria.....	38
Tabla 7. Proyección poblacional Método 1	38
Tabla 8. Datos poblacionales según la INEC	39
Tabla 9. Proyección poblacional Método 2.....	41
Tabla 10. Coordenadas del lugar de muestreo	43
Tabla 11. Datos de las muestras	45
Tabla 12. Parámetros evaluados.....	45
Tabla 13. Dotación por año	48
Tabla 14. Producción de aguas residuales.....	49
Tabla 15. Caudal de diseño según la normativa.....	49
Tabla 16. Resultados de la caracterización del agua.....	50
Tabla 17. Índice de biodegradabilidad	51
Tabla 18. Puntuación de la matriz de Likert	53
Tabla 19. Matriz de Likert.....	60
Tabla 20. Aporte de infiltración por área drenada	63
Tabla 21. Datos de entrada	65
Tabla 22. Características del canal de entrada	66
Tabla 23. Datos iniciales para el diseño de rejillas	67
Tabla 24. Resumen coeficientes K1, K2 y K3	70

Tabla 25. Resumen de las líneas de desbaste	71
Tabla 26. Resumen de las velocidades de la partícula de diseño	72
Tabla 27. Resumen del desarenador.....	74
Tabla 28. Concentraciones del coagulador	75
Tabla 29. Porcentajes de eficiencia de las soluciones con coagulante	76
Tabla 30. Tipo de canaleta en el mercado según capacidad.....	78
Tabla 31. Canaletas Parshall	79
Tabla 32. Dimensiones de canaleta escogida	87
Tabla 33. Resumen del diseño del sesimentador.....	90
Tabla 34. Capas de lecho filtrante	91
Tabla 35. Resumen del dimensionamiento de lecho filtrante ascendente en capas	91
Tabla 36. Resumen del dimensionamiento del lecho de arena	92
Tabla 37. Resumen del dimensionamiento del lecho de zeolita	92
Tabla 38. Resumen del dimensionamiento del lecho de carbón activado.....	93
Tabla 39. Resumen del dimensionamiento del lecho filtrante	97
Tabla 40. Dimensiones de la cámara.....	100
Tabla 41. Pérdida de carga por succión.....	100
Tabla 42. Pérdidas de carga por impulsión	101
Tabla 43. Resumen del cárcamo de bombeo	102
Tabla 44. Resumen de la bomba de impulsión hacia los filtros	102
Tabla 45. Resumen de la bomba de retrolavado de los filtros	104
Tabla 46. Porcentaje promedio de remoción por proceso	105
Tabla 47. Porcentaje seleccionado de remoción por proceso.....	105
Tabla 48. Carga de cada parámetro después de cada proceso.....	106
Tabla 49. Tabla comparativa de máximos permisibles y carga final	115

Tabla 50. Fauna registrada en Manglaralto	117
Tabla 51. Actividades del proyecto	119
Tabla 52. Actividades en fase de movimientos de tierras	120
Tabla 53. Actividades en fase de cimentación y superestructura.....	121
Tabla 54. Actividades en fase de instalación de equipos	122
Tabla 55. Actividades en fase de uso de infraestructura	124
Tabla 56. Actividades en fase de mantenimiento.....	126
Tabla 57. Pesos asignados.....	127
Tabla 58. Clasificación del impacto ambiental	128
Tabla 59. Clasificación de magnitud e importancia de impactos ambientales positivos	128
Tabla 60. Clasificación de magnitud e importancia de impactos ambientales negativos	131
Tabla 61. Matriz de Leopold de impactos ambientales de PDAR	132
Tabla 62. Valoración final.....	141
Tabla 63. Desglose de las actividades de la fase I	141
Tabla 64. Desglose de las actividades de la fase II	142
Tabla 65. Desglose de las actividades de la fase III.....	143
Tabla 66. Desglose de las actividades de la fase IV.....	145

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1325

Plano 2326

Plano 3327

Plano 4328

Plano 5329

Plano 6330

Plano 7331

Plano 8332

Plano 9333

Capítulo 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El agua es un recurso fundamental para la vida y la salud humana. Su uso intensivo genera una gran cantidad de aguas residuales con presencia de contaminantes que representan un riesgo significativo para la salud pública y el ambiente. En función del entorno en los que se generan, se pueden encontrar distintos tipos de compuestos que tienen consecuencias variadas en el medio. En los establecimientos hospitalarios, por ejemplo, se pueden encontrar agentes infecciosos, restos de medicamentos, productos químicos y materiales biológicos que deben ser depurados adecuadamente antes de su disposición final, para cumplir con las normativas ambientales y prevenir daños que afecten la calidad de vida de las personas (León et al., 2023).

Históricamente, las aguas residuales hospitalarias no han sido diferenciadas de la depuración de aguas domésticas, dificultando la eliminación de estos compuestos a través de los procesos convencionales (Castrillón-Marín & Rubio-Clemente, 2021). Con el avance de la microbiología y la preocupación ambiental, se ha evidenciado la presencia en el agua potable de contaminantes persistentes y resistentes que pertenecen a estos efluentes y que son un potencial riesgo para el ecosistema, siendo de especial interés los denominados “contaminantes emergentes”.

Los contaminantes emergentes comprenden productos farmacéuticos, de cuidado personal, aditivos industriales y plaguicidas, que son capaces de alterar las funciones endócrinas de los seres vivos, además de estar presentes en bajas concentraciones pueden entrar a medios acuáticos como acuíferos y sistemas marinos (Zurita-Méndez et al., 2024). Más de 150 medicamentos de uso humano han sido encontrados en entornos como el Ártico: un estudio demostró la presencia de diclofenaco en truchas arcoíris, lo cual causaba alteraciones en riñones y branquias (Jaimes Urbina & Vera Solano, 2020). En consecuencia, desde finales del siglo XX, ha surgido la necesidad de implementar sistemas especializados capaces de remover estos compuestos tales

como procesos de oxidación avanzada (POA) y biorreactores de membrana (MBR)(Araújo Lopes et al., 2021).

Estas soluciones han sido probadas en urbes y zonas rurales, buscando viabilidad económica, facilidad de operación y sobre todo eficiencia. En hospitales pequeños, por ejemplo, se ha estudiado el uso de humedales como tecnología natural, ofreciendo ventajas en costos y sostenibilidad ambiental, mientras que en establecimientos más grandes se apuesta por sistemas automatizados con un control más riguroso de depuración (Zurita-Martínez & Sandoval-Herazo, 2024).

La organización Mundial de la Salud (OMS, 2012) ha emitido ciertas directrices sobre el manejo adecuado de las aguas residuales en establecimientos de salud, siendo aún mayor en contextos de brotes epidémicos, donde las concentraciones de estos compuestos pueden incrementar significativamente. A su vez, muchos países han desarrollado sus propias normativas con el fin de prevenir la contaminación de fuentes hídricas y proteger las comunidades cercanas a los centros de salud.

En Ecuador, los marcos regulatorios vigentes son el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): la versión del 2015 a través del decreto ministerial n.º 028, su reforma el mismo año, con el acuerdo n.º 061 y la sustitución de varios anexos del libro VI en el acuerdo n.º 097 (Ministerio del Ambiente, 2015). Estos establecen los límites permisibles para el vertido de aguas en cuerpos receptores y sistemas de alcantarillado. En base a ello, existen diversas soluciones implementadas para la depuración de aguas residuales domésticas como tanques Imhoff, biodigestores y humedales artificiales. Sin embargo, su aplicación ha sido limitada o deficiente en zonas rurales, debido a falta de mantenimiento, diseño inadecuado o ausencia de adaptación a las condiciones locales. Ninguna de esas opciones depura contaminantes emergentes en un porcentaje significativo.

El Hospital Básico de Manglaralto (HBM), ubicado en una zona costera de alta pluviosidad, opera actualmente con un sistema de pozo ciego que ha colapsado en múltiples ocasiones por la infiltración de aguas lluvias, causando reboses, contaminación ambiental y riesgos sanitarios (El Universo, 2025). La falta de drenaje pluvial y la naturaleza del terreno agravan la situación.

Frente a esta problemática, se plantea el diseño de un nuevo sistema que responda a las condiciones climáticas y geotécnicas de la zona, garantice la depuración segura de las aguas residuales y contribuya a mejorar la calidad de vida de la población, en coherencia con los ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles).

1.2 Descripción del Problema

La depuración adecuada de aguas residuales en la actualidad es una prioridad global, debido a que un mal manejo de esta resulta en una amenaza directa para la salud pública. De acuerdo con la OMS, el 44% de las aguas residuales domésticas generadas en el mundo se vierten sin ser depuradas de manera segura (Organización Mundial de la Salud, 2024). Si bien hablar de la depuración de desechos puede conllevar un estigma, al tratarse de descargas humanas, resulta esencial realizar un saneamiento adecuado del agua residual para evitar propagación de enfermedades en una comunidad. Para lograr este objetivo de manera eficaz, el saneamiento requiere una inversión significativa en recursos financieros y políticos (Lofrano & Brown, 2010). La falta de depuración sanitaria en aguas residuales sigue siendo uno de los principales problemas socioambientales, con un déficit de cobertura, incluso en países desarrollados (Franceschini et al., 2021).

En Ecuador aún con los avances y actualizaciones en las normativas respectivas no se reflejan cambios significativos en la gestión de aguas residuales. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), del total de agua distribuida a nivel nacional,

únicamente el 24.6% ingresa a plantas depuradoras (INEC, 2023). Esto se agrava en sectores donde la concentración poblacional demanda mayor capacidad de servicios básicos, como es el caso de la provincia de Santa Elena.

La parroquia de Manglaralto, en la provincia de Santa Elena presenta condiciones que requieren una intervención sanitaria prioritaria. Al ser una zona costera de alta vulnerabilidad ambiental, cerca de ecosistemas sensibles como cuerpos de agua superficiales y subterráneos, representa un riesgo directo a la biodiversidad y la salud de los habitantes (Herrera-Franco et al., 2020). El mal estado de los sistemas de saneamiento en la zona refleja un desafío que requiere soluciones integrales, técnicas y sostenibles (Gobierno Descentralizado Parroquial de Manglaralto, 2023).

El hospital de la comunidad de Manglaralto, una localidad costera ubicada en la región del Pacífico ecuatoriano, enfrenta problemas críticos de funcionamiento sanitario debido a las inundaciones provocadas por lluvias intensas. Actualmente, el establecimiento cuenta con un sistema de depuración basado en un denominado “pozo ciego”. Sin embargo, el sistema existente se ha visto gravemente afectado por la infiltración y mezcla de aguas pluviales con aguas residuales, lo que ha provocado la sobresaturación del tanque, fallos en la depuración, reboses de aguas contaminadas y riesgos sanitarios para el personal, pacientes y la comunidad circundante como lo muestra la Figura 1.

Figura 1

Rebose e ingreso de agua contaminada hacia hospital.



La situación actual evidencia que el sistema no cuenta con el nivel ni las protecciones adecuadas contra la infiltración de aguas de lluvia ni con una capacidad de respuesta ante eventos de inundación, condiciones recurrentes en esta zona costera (Ver Figura 2). Además, la naturaleza del terreno, y la falta de un drenaje pluvial adecuado agravan el problema.

Figura 2

Almacenamiento actual de Aguas Residuales en Hospital Básico de Manglaralto



Dado el carácter sensible de los servicios de salud, se requiere diseñar y construir un nuevo sistema de depuración que garantice la seguridad sanitaria, la continuidad del servicio hospitalario y la protección ambiental.

1.3 Justificación del Problema

El inadecuado manejo de aguas residuales es una amenaza a la salud pública y el equilibrio ambiental, especialmente en zonas rurales y costeras. En este contexto, el Hospital Básico de Manglaralto opera sin un sistema eficiente que podría propiciar la contaminación de agua además del suelo adyacente, afectando el ecosistema costero, trabajadores, pacientes y comunidades aledañas. El pozo ciego, es un hueco que retiene los sólidos depositados en las aguas residuales, pero que permite que los líquidos se infiltren en el suelo, una solución no sostenible e incluso restringida por la normativa ecuatoriana en el Libro VI Anexo 2 del TULSMA.

Durante la época invernal, la situación se agrava por el aumento del caudal, generando desbordamientos hacia la intemperie que incumplen con los límites permisibles establecidos por las regulaciones nacionales como el TULSMA e INEN. La falta de intervención en instituciones de este tipo perpetúa un modelo de incumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible además del desarrollo desigual de todos los sectores del país.

Aplicando criterios de ingeniería civil en las áreas hidráulica, sanitaria-ambiental y geotécnica, se propone diseñar un sistema depurador de aguas residuales domésticas para el Hospital Básico de Manglaralto que mejorará la calidad del agua vertida y asegurará condiciones sanitarias seguras para los beneficiarios directos. Además, se incluirá un manual de operación y mantenimiento que garantizará su adecuada gestión y durabilidad en el tiempo.

Este sistema representa una respuesta frente a la problemática que afecta la salud pública y la calidad ambiental en una zona vulnerable. En adición, se busca fomentar la responsabilidad ambiental y la gestión de los servicios básicos en contextos de poca accesibilidad como zonas rurales del Ecuador.

Su implementación contribuirá al cumplimiento de los ODS 3, 6 y 11. A su vez podría servir como modelo replicable en otras instituciones de salud de zonas rurales del país al promover soluciones que respondan a realidades locales y protejan al ambiente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema depurador de aguas residuales para el actual Hospital de Manglaralto mediante el uso y aplicación de las regulaciones locales, las características del agua residual, los procesos y operaciones unitarias, para la protección de la salud pública y el ambiente.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el manejo de aguas residuales domésticas en el Hospital Básico de Manglaralto, mediante el análisis de caudales, características fisicoquímicas del agua residual y estado de infraestructura sanitaria, considerando su impacto en la salud pública, el bienestar social de la comunidad para la identificación de deficiencias y necesidades técnicas del sistema actual.
2. Proponer los procesos y operaciones unitarias priorizando tecnologías sostenibles, adaptadas al contexto económico, geográfico y cultural de la parroquia Manglaralto, para la depuración del agua residual y el cumplimiento de los ODS 3, 6 y 11.
3. Minimizar los impactos ambientales negativos sobre los cuerpos de agua y ecosistemas cercanos a través del diseño de un sistema depurador de aguas residuales eficiente y sostenible que considere criterios técnicos de ingeniería hidráulica, sanitaria y geotécnica para el bienestar de la comunidad de Manglaralto.

4. Elaborar un manual técnico de operación y mantenimiento del sistema propuesto considerando la sostenibilidad operativa del sistema y fortaleciendo la participación comunitaria en su gestión para la capacitación del personal local.

Capítulo 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

La falta de acceso a agua potable y saneamiento ha sido un desafío para los gobiernos durante décadas. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2020), la situación en el mundo del saneamiento es crítica y desigual, especialmente en países en vías de desarrollo; se estima que más de 2200 millones de personas carecen de agua potable segura y alrededor del doble, de saneamiento. Esto representa una amenaza directa al bienestar social, dignidad humana y el equilibrio ecológico, ya que las aguas residuales son una fuente importante de contaminación al tener concentraciones de agentes que interactúan con los seres vivos y el ecosistema, generando enfermedades y cambios en los procesos de la naturaleza (Sáenz-Arias et al., 2023).

En el 2023, el 9% de la población mundial continuaba depositando sus restos fecales al aire libre, generando que millones de personas beban agua contaminada con heces (OMS, 2023). La carga de enfermedades relacionadas al acceso inadecuado al agua, como infecciones estomacales, cólera y hepatitis causan alrededor de 1.5 millones de muertes, es decir, el 2.8% de la carga de la morbilidad mundial. Los niños por debajo de los 5 años son especialmente vulnerables a este tipo de infecciones: se estima que mejorando el sistema de saneamiento se llegaría a reducir en un 60% los casos de diarrea en la población infantil (Prüss-Ustün et al., 2019). Adicionalmente, las enfermedades relacionadas con la falta de saneamiento tienen impactos sociales y económicos relevantes, porque provocan ausentismo escolar, pérdida de productividad y aumento de los costos en los sistemas de salud pública.

La situación se agrava en entornos hospitalarios, donde una depuración deficiente puede amplificar la propagación de microorganismos nocivos, comprometiendo la seguridad sanitaria de las comunidades adyacentes y los ecosistemas receptores. A diferencia de las aguas residuales domésticas convencionales, las provenientes de establecimientos de salud contienen una mezcla

compleja de contaminantes biológicos, químicos y farmacéuticos que requieren una depuración especializada (Castro-Pastrana et al., 2021).

Por ejemplo, un problema identificado por la OMS como una de las principales amenazas para el mundo, son las plantas depuradoras hospitalarias y municipales convencionales, porque no eliminan correctamente bacterias portadoras de genes que agravan la situación de la resistencia antimicrobiana, (OMS, 2021). En Etiopía se identificaron cepas bacterianas, de los cuales el 57.5% fueron originados en entornos hospitalarios; se mostraron tasas de resistencia del 93% a la amoxicilina y 95% a la cefotaxima que conllevan a hospitalizaciones prolongadas y presentan desafíos para la salud pública (Tilahun et al., 2025).

En países en desarrollo como India o Bangladesh, se infringe las directrices de la OMS en seguridad de derechos hospitalarios, diversas investigaciones demostraron niveles preocupantes de antibióticos en efluentes que no fueron previamente depurados cercanos a establecimientos de salud (Sharma et al., 2024). Así mismo, en Reino Unido, se monitorean los residuos clínicos a través de las Regulaciones de Residuos Especiales; a pesar de que han diseñado vertederos para reubicar los lodos peligrosos y evitar su reincorporación directa a las fuentes de agua, estos lodos sufren procesos de degradación biológica que aumentan su capacidad de infiltración a los acuíferos a través de sus lixiviados, incumpliendo con la normativa (Kumari et al., 2020).

Por otro lado, también destacan los Contaminantes Emergentes (CE), compuestos que representan un gran desafío por su naturaleza compleja, persistencia ambiental y dificultad de depuración, además de la casi escasa regulación por parte de las entidades responsables (Milquez Sanabria & Montagut, 2023). A pesar de que existe una amplia gama de sustancias químicas que los componen, los productos farmacéuticos representan el grupo más grande (alrededor del 50% de los CEs) con presencia de antibióticos, analgésicos, hormonas y antidepresivos, que poseen efectos tóxicos, disruptores endocrinos o mutagénicos (Tejada et al., 2014).

En muchos países se han realizado investigaciones donde se determina la presencia de CE en la entrada y salida de las plantas depuradoras de aguas residuales (PDAR), demostrándose que no es posible su completa eliminación. En España, por ejemplo, en la PDAR de Murcia, a través de procesos de depuración con fangos activos, los fármacos como azitromicina, eritromicina y norfloxacino solo muestran un porcentaje de eliminación de 52.8%, 44.1% y 51.4%, respectivamente (Martínez-Alcalá et al., 2020). Por otro lado, en Bogotá, se mostró una remoción estimada de 11% para el acetaminofén, 24% de carbamazepina y 29% de ciprofloxacino con el mismo método de depuración; esto evidencia la limitada eficacia de la depuración por medios biológicos.

Los sistemas convencionales de depuración de aguas residuales generalmente se dividen en cinco etapas principales: depuración preliminar, enfocada en la remoción de sólidos gruesos y sedimentables a través de procesos físicos como cribado, desarenado y sedimentación; estos no tienen ningún efecto sobre los contaminantes disueltos, incluyendo los CE (Quintero-Yepes & Rodríguez-Valencia, 2022). La depuración primaria, que separa sólidos de menor tamaño a través de la sedimentación de materiales de acuerdo con su densidad. Posteriormente, la depuración secundaria, que incluye procesos biológicos como lodos activados, filtros percoladores o lagunas aireadas que permiten degradar la materia orgánica (Muñiz, 2019); sin embargo, como se demostró en la PDAR de Murcia y Bogotá, muestra eficiencias variables contra fármacos de alta persistencia. La etapa terciaria, donde se busca eliminar nutrientes como nitrógeno y fósforo, que en exceso pueden causar graves problemas ambientales y salud pública.

Finalmente, en la etapa cuaternaria se vuelve posible eliminar los contaminantes emergentes mediante tecnologías más avanzadas como ozonización, fotocátalisis, membranas de nanofiltración u ósmosis inversa; estas tecnologías han demostrado eficacias superiores al 90% en la eliminación de CE (Zahmatkesh et al., 2022). Sin embargo, implementar estos procesos

requieren de recursos técnicos y económicos que los países en desarrollo en ocasiones no pueden permitirse.

Frente a estas problemáticas surgen alternativas que buscan un equilibrio entre la eficiencia de depuración con la viabilidad económica y operativa. El desarrollo industrial permitió la fabricación en serie de módulos compactos y que implementan tecnologías avanzadas para la depuración de aguas residuales (Sha et al., 2024). En este contexto, surgen dos términos comúnmente confundidos. Por un lado, se encuentran las plantas empaquetadas como solución modular rápida especialmente para sitios remotos o localidades con infraestructura limitada. Si bien estas unidades permiten una rápida instalación, presentan desafíos significativos relacionados con la falta de acceso para mantenimiento y monitoreo, generando alta dependencia de técnicos especializados para resolver problemas operativos (Sathya et al., 2022). Debido a estas necesidades surgen las plantas compactas, que ofrecen módulos montables dispuestos de manera abierta o semiabierta para facilitar inspección. Este diseño se complementa con campañas de capacitación dirigidas al personal local, orientadas a garantizar la correcta operación y mantenimiento de todo el tren de depuración (Karczmarczyk et al., 2021).

Aunque los CEs han estado presentes en diversas investigaciones hace décadas, alertando sobre la presencia de residuos farmacéuticos que tendrían efectos adversos en los ecosistemas, no fue hasta la pandemia de COVID-19 en la que la atención regulatoria se intensificó. La crisis sanitaria causó que estas sustancias incrementaran exponencialmente, especialmente en hospitales; en base a ello, las instituciones empezaron a promover nuevas estrategias para el monitoreo y depuración de las aguas residuales (Durán-Álvarez et al., 2023).

Estas estrategias son realizadas dentro de los marcos regulatorios de cada región. En el caso de la Unión Europea (UE), la Directiva 91/271/CEE, recientemente actualizada, establece requerimientos para la eliminación de fármacos, hormonas y microplásticos, mediante depuración cuaternaria obligatoria. Los procesos deben alcanzar una eficiencia de remoción

mínima del 80% en al menos 6 de los 13 compuestos indicadores como carbamazepina y diclofenaco para una PDAR con una cantidad mayor a 150000 de población equivalente (U.S. Environmental Protection Agency, 2025).

Desde la perspectiva estadounidense los efluentes hospitalarios son regulados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), basándose en su documento los Effluent Limitation Guidelines (ELG), que incluye información sobre los límites para descargas de las sustancias peligrosas antes mencionadas (EPA, 2025). No obstante, en la actualidad los ELG no incluyen explícitamente CE, como los fármacos y antibióticos detectados en aguas hospitalarias. Debido a esto, han surgido iniciativas con el objetivo de añadir medidas para dichos contaminantes dentro de las regulaciones, considerando la inclusión de los PFAS (sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas) y compuestos farmacéuticos (EPA Office of Water, 2023). Además, recientes revisiones científicas están evaluando tecnologías avanzadas, como depuraciones biológicas acopladas con oxidación avanzada, que permitirían eliminar entre el 50 % y 90 % de estos contaminantes.

En Latinoamérica, por otra parte, la gestión de los residuos hospitalarios y principalmente servicios sanitarios presentan carencias que suponen un riesgo considerable para la salud pública y del entorno. La infraestructura presente no abastece la demanda de pacientes que ingresan a los centros de salud, especialmente en lo referente a los desechos generados. Esto último lo evidencia la Organización Panamericana de la Salud (OPS) indicando que el 70% de los residuos hospitalarios en América Latina y el Caribe se gestionan de manera inadecuada (OPS, 2023).. Por otro lado, los sistemas de alcantarillado de aguas residuales en donde se encuentran los hospitales atraviesan un considerable deterioro por falta de adecuado mantenimiento (Mora Alvarado, 2003). Las condiciones existentes de los sistemas complican el correcto manejo de los efluentes, tanto los municipales como los hospitalarios. Es así como, numerosos países en vías de

desarrollo vierten aguas residuales al ambiente sin la depuración adecuada, una realidad corroborada por la UNESCO (Jouravlev et al., 2017).

En Ecuador, existen brechas significativas, sobre todo en zonas rurales, en donde los centros de salud carecen a menudo de mantenimiento y equipos para la depuración de las aguas residuales. Esta insuficiencia provoca la mezcla de las aguas residuales hospitalarias con las aguas residuales domésticas sin depuración diferenciada. Investigaciones en la planta depuradora de Paute evidenciaron deficiencias en los procesos básicos de saneamiento debido al escaso mantenimiento de la infraestructura (Méndez-Ruiz et al., 2023). Este panorama revela la fragilidad de los sistemas de saneamiento y como su mala coordinación genera vertido de efluentes sin la depuración adecuada.

En el país, el manejo de las aguas residuales en establecimientos hospitalarios se encuentra regulada para impedir la contaminación y proteger la salud pública. El Código Orgánico del Ambiente (COA) establece las responsabilidades con las que debe regirse cada generador de descargas al cumplir con los límites permisibles antes de expulsar el agua hacia el efluente. Asimismo, se establece las autorizaciones correspondientes con las que los entes de salud deben depurar las aguas antes de depositarlas en el efluente o alcantarillado (Ministerio del Ambiente, 2017). El COA representa la ley orgánica en temas ambientales en el Ecuador, por otro lado, el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) tiene el propósito de detallar aspectos específicos de las disposiciones del COA (Ministerio del Ambiente, 2018). De manera similar a los estándares norteamericanos, los ecuatorianos no establecen secciones exclusivas para aguas residuales hospitalarias, esto significa que, si bien las aguas son provenientes de establecimientos de salud, estas deben cumplir con los mismos estándares de calidad que cualquier otra descarga industrial o municipal, que suele ser eminentemente doméstica.

Específicamente, en la provincia de Santa Elena, la falta de infraestructura de saneamiento agrava la situación de la gestión de aguas residuales en su territorio. De acuerdo con los últimos datos reportados por la Empresa Pública de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), gran parte de la provincia vierte sus aguas servidas a pozos sépticos (40.50%) o las descarga directamente en los cuerpos de agua más cercanos que encuentren (UPSE, 2020).

Como respuesta a la necesidad de disminuir los riesgos ambientales y sociales que una inadecuada depuración provoca, se han creado diversas tecnologías que han demostrado altas eficiencias en la depuración de aguas residuales hospitalarias. Por ejemplo, estudios en los biorreactores de membranas (MBR) han demostrado una eliminación del 90% de sustancias como paracetamol, metabolitos del metamizol y ciprofloxacina (Mousel et al., 2021). Una de las ventajas, es que degradan biológicamente la materia mientras la filtra, permitiendo que se pueda reutilizar el agua al atrapar bacterias, virus y componentes orgánicos e inorgánicos (González et al., 2020).

También, se estudió la combinación de lodos activados con depuración ultravioleta, método que logró eficiencias de eliminación de antibióticos como ciprofloxacino, claritromicina y sulfametoxazol mayores a 99%, 86% y 98%, respectivamente; mientras que, para la carbamazepina, un porcentaje del 86% (Al Qarni et al., 2016). Sin embargo, al comparar las eficiencias demostradas en invierno y verano, se reflejaron diferencias que sugieren que condiciones climáticas más cálidas promovían la eliminación más eficiente de estos fármacos.

Al analizar un sistema de depuración sonoquímico, el cual usa la cavitación acústica que produce radicales hidroxilos capaces de degradar contaminantes orgánicos, se logró una depuración del 91% en fármacos como el paracetamol y de 18% en valsartán, modificando los riesgos ambientales de alto a moderado (Serna-Galvis et al., 2023). Por otra parte, la ozonización y filtración con carbón activado han logrado reducir los compuestos prioritarios como ciprofloxacino e ibuprofeno en casi un 80% (Serna-Galvis et al., 2023).

En el contexto de las tecnologías aplicadas a la depuración de aguas residuales, la elección de materiales resulta esencial. El acero utilizado en embarcaciones navales EH36 se consolida como una opción destacada, gracias a su baja susceptibilidad a la corrosión en ambientes húmedos y agresivos (Xu et al., 2020), lo que minimiza los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de los equipos. Esta resistencia ha sido confirmada por estudios que comparan su comportamiento frente a condiciones de corrosión localizada, evidenciando su desempeño confiable en aplicaciones de depuración de aguas incluso en entornos con CE presentes (Lu et al., 2025).

En Ecuador también se están incorporando tecnologías similares para eliminar contaminantes emergentes. Sin embargo, una de las limitantes son los costos asociados a su implementación; se estima que, en el caso del método de ósmosis inversa, puede costar el doble que la ozonización para la adquisición de equipos (CAPEX) como generadores de ozono, filtros y membranas. Los costos operativos (OPEX) también juegan un papel fundamental al implicar insumos, energía eléctrica y mantenimiento (Makisha & Gulshin, 2024). Por lo tanto, elegir una tecnología para el hospital de Manglaralto, no sólo debe considerar criterios técnicos, compromisos ambientales y la protección de la salud pública, sino también la viabilidad financiera y operativa a largo plazo.

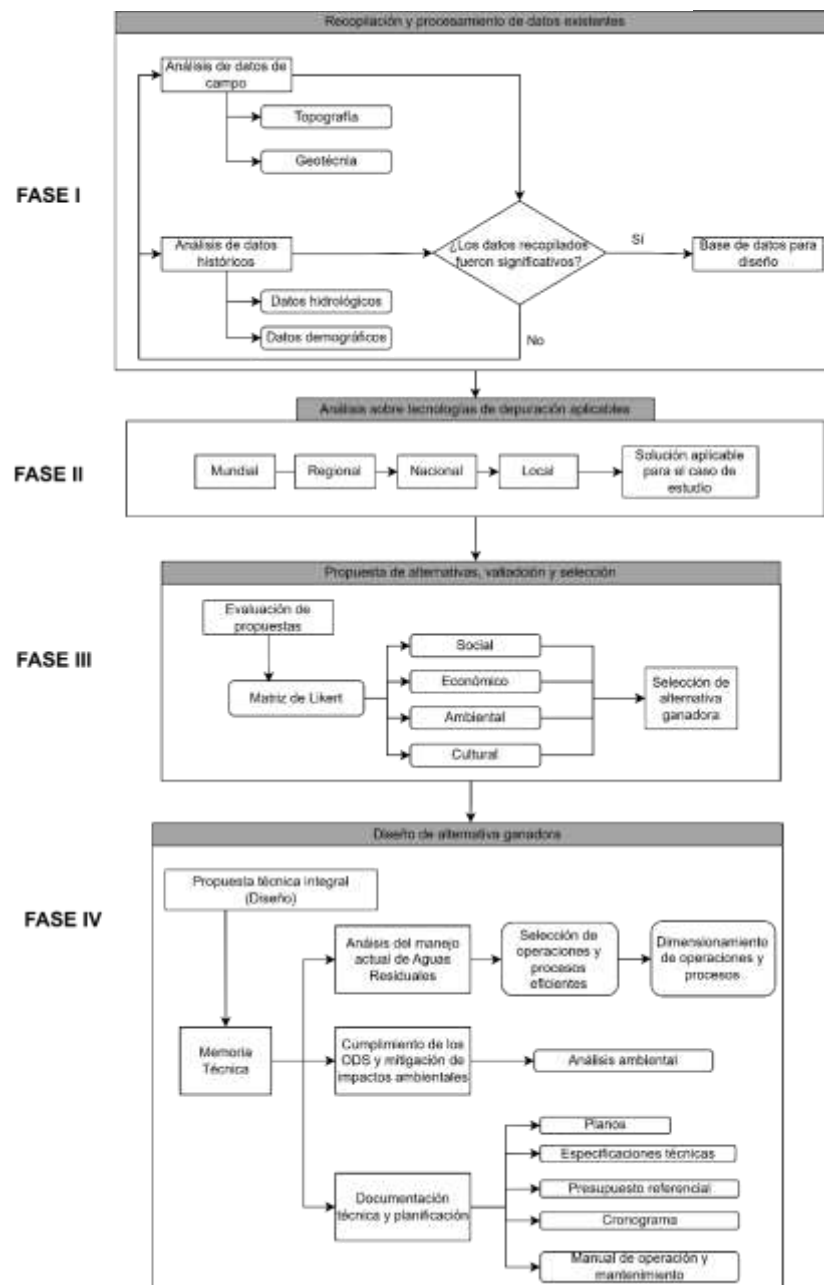
2.1.1 Esquema metodológico

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la metodología que se aplicará en este proyecto, la cual desglosa un proceso estructurado en fases que van, desde la recopilación de datos en campo, hasta culminar con la propuesta técnica integral, la cual pasará por un proceso de valoración a través de los ejes sociales, económicos, ambientales y culturales recopilados en una matriz de Likert. Esta metodología permite seleccionar la alternativa más viable, que se enfocará en la mejora de la fase operacional y de mantenimiento porque se

considerará los desafíos de la comunidad para el diseño del sistema depurador de aguas residuales.

Figura 3

Esquema metodológico del proyecto.



2.2 Área de estudio

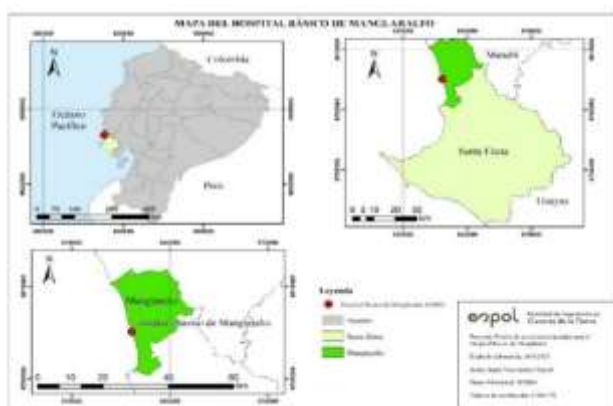
El Hospital Básico de Manglaralto está ubicado en la provincia de Santa Elena, en la parroquia rural de Manglaralto entre las calles 24 de mayo y 10 de agosto.

En 2025 el hospital cuenta con tres de las cuatro especialidades que debe contar un hospital básico, donde se tiene seis consultorios en la consulta externa para psicología, ecografía, odontología, medicina interna, cirugía general y ginecología-obstetricia. El HBM tiene un área de emergencia para atenciones de segundo nivel con su respectiva zona de triaje para descongestión de los pacientes que acuden por demanda espontánea, con patologías que corresponden al primer nivel derivándolos para su posterior atención, y por último el centro obstétrico y el centro quirúrgico están equipados para atender a los pacientes que ameriten pasar por dichas áreas, así como espacios de laboratorio y farmacia.

El sistema actual se encuentra en la parte Este de las inmediaciones, concretamente a la derecha de la entrada de camillas para emergencias, perpendicular a la calle 24 de mayo. El sistema depurador presente recolecta únicamente aguas residuales de todas las áreas del hospital hasta un volumen máximo de 32m³ sin considerar aporte externo de zonas residenciales ni industriales. En las Figura 4 y Figura 5, se presentan los mapas de ubicación del hospital.

Figura 4

Ubicación Geográfica del Hospital.



Nota. Datos shapefile obtenidos de Geoportal del Ecuador del 2017

Figura 5

Mapa satelital del hospital básico de Manglaralto



Nota. Datos shapefile obtenidos de Geoportal del Ecuador del 2017 y exportados a Google Maps.

Se registra una media de temperatura en Manglaralto de 23.1°C, con una precipitación de 795 mm anual (ver Tabla 1), de acuerdo con (Climate Data.org, 2021).

Tabla 1

Datos Climáticos de Manglaralto.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura media [°C]	24.4	25	25.3	24.8	23.7	22.4	21.8	21.5	21.5	21.7	22.2	23.3
Temperatura min. [°C]	22.5	23.3	23.4	23	22.1	20.8	20.1	19.7	19.6	19.8	20.1	21.2
Temperatura máx. [°C]	27.6	27.8	28.2	27.9	26.7	25.5	25.2	25.4	25.6	25.6	26.3	27.2

Precipitación	108	161	155	117	70	35	25	15	25	19	20	45
[mm]												
Humedad	0.83	0.84	0.83	0.85	0.86	0.86	0.84	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81
[%]												
Días												
lluviosos	10	14	14	12	10	6	4	2	4	3	3	5
(días)												
Horas de sol	6.1	6.7	7	6.4	3.9	2.7	2.3	2.5	2.6	2.3	3	4.7
(horas)												

Nota: Datos tomados de Climate Data.org (2021)

La parroquia de Manglaralto, se caracteriza por poseer una configuración territorial llana a ligeramente ondulada, propia de las zonas costeras ecuatorianas. El suelo es de textura franco-arenosa, afectando a la capacidad de infiltración y la esorrentía. En algunas zonas, cercanas a los cauces de los ríos Manglaralto y Caridad, se observa la presencia de materiales sedimentarios con riesgo moderado de erosión durante el invierno.

El sistema de drenaje es mixto y presenta problemas de colapso e insuficiencia durante eventos de lluvia intensa, no existen redes formales de alcantarillado sanitario lo cual ha generado vertidos de aguas servidas en el entorno del hospital.

2.3 Tratamiento de los Desechos Infecciosos y Especiales

De acuerdo con la información levantada durante el recorrido a campo, la directora del HBM mencionó dos tipos de residuos especiales producidos en las instalaciones: elementos cortopunzantes y placentas; ambos son depositados en recipientes separados que luego son recolectados por la empresa VEOLIA para su disposición final.

2.4 Lista de Medicamentos Usados

Debido al impacto ambiental y social que provoca la presencia de fármacos en el ambiente, se solicitó a la entidad correspondiente, la lista de medicamentos disponibles en el establecimiento de salud (ver Tabla 22), con el propósito de establecer qué contaminantes emergentes podrían analizarse previamente a la elección del método depurador que sea capaz de disminuir la carga que estos aportan.

Tabla 2

Stock de Medicamentos en el Hospital Básico de Manglaralto.

Stock de medicamentos HBM - 26 de junio de 2025			
(CHISPAZ) Hierro, multivitaminas y			
1	minerales: Hierro - Zinc - Vitamina A - Ácido fólico - Ácido ascórbico	66	Fosfomicina
2	Acetilcisteína	67	Furosemida
3	Aciclovir	68	Gentamicina
4	Ácido acetil salicílico	69	Gliclazida
5	Ácido ascórbico	70	Haloperidol
6	Ácido fusídico	71	Hidralazina
7	Ácido fólico	72	Hidrocortisona
8	Ácido tranexámico	73	Hierro polimaltosado
9	Ácido valproico	74	Hierro sacarado, óxido de
10	Agentes gelatinas	75	Ibuprofeno
11	Albendazol	76	Inmunoglobulina anti D
12	Alprazolam	77	Insulina humana NPH

Stock de medicamentos HBM - 26 de junio de 2025

13	Amikacina	78	Ipratropio bromuro
14	Aminofilina	79	Itraconazol
15	Amiodarona	80	Ivermectina
16	Amlodipina	81	Ketorolaco
17	Amoxicilina	82	Lactulosa
18	Amoxicilina + Ácido clavulánico	83	Lamivudina + Abacavir
19	Atorvastatina	84	Lamivudina + Tenofovir disoproxilo + Dolutegravir
20	Atropina	85	Lamotrigina
21	Azitromicina	86	Levonorgestrel
22	Betametasona	87	Levonorgestrel + Etinilestradiol
23	Bupivacaína hiperbárica	88	Levotiroxina sódica
24	Buprenorfina	89	Lidocaína
25	Calcio carbonato	90	Lidocaína sin epinefrina
26	Calcio gluconato	91	Loratadina
27	Carbamazepina	92	Losartán
28	Carbohidratos (Dextrosa en agua)	93	Magaldrato con simeticona
29	Carbón medicinal (activado)	94	Meropenem
30	Carvedilol	95	Metformina
31	Cefalexina	96	Metildopa
32	Cefazolina	97	Metilergometrina
33	Cefuroxima	98	Metoclopramida
34	Ciprofloxacina	99	Metronidazol

Stock de medicamentos HBM - 26 de junio de 2025

35	Clindamicina	100	Misoprostol
36	Clonazepam	101	Mometasona
37	Clopidogrel	102	Multivitaminas con minerales
38	Cloruro de potasio	103	Naloxona
39	Cloruro de sodio	104	Nifedipina
40	Clotrimazol	105	Nitrofurantoína
41	Combinaciones (Lactato de Ringer)	106	Omeprazol
42	Complejo B: Tiamina - Piridoxina - Cianocobalamina	107	Ondansetrón
43	Cotrimoxazol (Sulfametoxazol + Trimetoprima)	108	Oxitocina
44	Dexametasona	109	Paracetamol
45	Diazepam	110	Prednisona
46	Diclofenaco	111	Progesterona
47	Digoxina	112	Propofol
48	Dobutamina	113	Quetiapina
49	Dolutegravir	114	Remifentanilo
50	Efedrina	115	Retinol (Vitamina A)
51	Enalapril	116	Risperidona
52	Enoxaparina	117	Salbutamol
53	Epinefrina (adrenalina)	118	Sales de hierro + Ácido fólico
54	Eritromicina	119	Sertralina
55	Eritropoyetina	120	Sevoflurano

Stock de medicamentos HBM - 26 de junio de 2025			
56	Espironolactona	121	Simvastatina
57	Estradiol valerato + Noretisterona enantato	122	Suero antiofídico polivalente
58	Estriol	123	Sulfadiazina de plata
59	Etonogestrel	124	Sulfato de magnesio
60	Fenitoína	125	Sustitutos de la leche
61	Fentanilo	126	Terbinafina
62	Fitomenadiona	127	Tinidazol
63	Fluconazol	128	Tramadol
64	Flumazenil	129	Urea
65	Fluticasona	130	Zidovudina

Nota. Datos suministrados por la directora del Hospital Básico de Manglaralto, Doctora Karol Iñiguez.

De la lista presentada, se escogieron 9 medicamentos representativos en base a su presencia documentada en investigaciones realizadas en Ecuador como: carbamazepina, paracetamol, ibuprofeno y diclofenaco (Voloshenko-Rossin et al., 2015) la toxicidad como: estradiol valerato y progesterona (Lammertyn et al., 2024), y el riesgo de resistencia microbiana relacionada a antibióticos como amoxicilina, ciprofloxacina y sulfametoxazol (Satán et al., 2023). Esta información se presenta en la Tabla 33.

Tabla 3

Selección de Contaminantes Emergentes a estudiar.

Nº	Medicamento	Criterio de selección	Fuente bibliográfica
1	Carbamazepina		

Nº	Medicamento	Criterio de selección	Fuente bibliográfica
2	Paracetamol	Presencia documentada en aguas residuales en Ecuador	Voloshenko-Rossin et al., 2015
3	Ibuprofeno		
4	Diclofenaco		
5	Estradiol valerato	Toxicidad en organismos acuáticos	Lammertyn et al., 2024
6	Progesterona		
7	Amoxicilina	Riesgo de resistencia microbiana	Satán et al., 2023
8	Ciprofloxacina		
9	Sulfametoxazol		

Como parte del proceso investigativo, se realizaron las gestiones correspondientes con diferentes laboratorios con el fin de identificar la posibilidad de realizar análisis de contaminantes emergentes. Se enviaron solicitudes formales a los laboratorios pertinentes, cuyos responsables confirmaron mediante correo electrónico que no cuentan con los servicios ni equipos necesarios para este tipo de análisis (ver ANEXO E). Adicionalmente, se consultó en la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM), donde el personal de los laboratorios de química indicó que tampoco disponen del equipamiento especializado requerido. Asimismo, se verificó con el Centro de Agua y Desarrollo Sustentable (CADS) de la ESPOL, donde se nos informó que no es posible realizar dichos análisis por las mismas limitaciones técnicas.

2.4.1 Actividades Hospitalarias

El Hospital Básico de Manglaralto, como institución pública de la salud ha operado durante 47 años brindando atención médica integral a una población significativa del sector costero. La cartera de servicios del HBM cuenta con múltiples especialidades que comprenden desde consultas externas hasta procedimientos quirúrgicos. Las actividades dentro del hospital conllevan a un uso intensivo e ininterrumpido del agua en distintos procesos sanitarios, de

limpieza, clínicos e incluso de preparación de alimentos, generado en conjunto descargas domésticas y hospitalarias. Debido a las condiciones del afluente, el diseño del nuevo sistema depurador de aguas residuales requiere una caracterización precisa de las actividades que generan las descargas.

Entre la cartera de servicios con la que cuenta el hospital están: cirugía general, ginecología, medicina interna, pediatría, odontología, psicología, triaje, sala de procedimientos, unidad de choque, imagenología (ecografía), laboratorio clínico, farmacia y cocina. Todas estas áreas utilizan el agua para fines específicos incluyendo el lavado instrumental, higiene personal de pacientes y trabajadores del hospital, disposición de residuos líquidos y limpieza de áreas críticas. Así mismo, contribuyen con la presencia de diversos fármacos en los que resaltan grupos como antibióticos, analgésicos y antiinflamatorios, antisépticos, psicofármacos, agentes hormonales, y agentes de contraste para imagenología.

Además de las zonas clínicas, particularmente el área de cocina introduce cargas adicionales de grasas, aceites y residuos alimenticios, además de detergentes utilizados para limpieza de los utensilios y superficies. Por otro lado, el área de odontología puede aportar metales pesados por los procedimientos dentales que ahí se realizan.

2.5 Trabajo de campo y laboratorio

2.5.1 Toma de muestra

El viernes 27 de junio de 2024 se visitó el Hospital Básico de Manglaralto, ubicado en la intersección de las calles 24 de mayo y 10 de agosto, ingresando por la vía E15. Se realizaron las tomas de muestras en el pozo ciego del HBM, ya que corresponde al único punto accesible para el muestreo. La tapa del pozo se destapó con ayuda del equipo técnico del hospital, se desplazó una cubeta para recoger las muestras del afluente, posteriormente el agua se depositó en envases de Borosilicato color ámbar, para preservar la muestra para ensayos de DQO y DBO₅.

El muestreo de aguas residuales se realizó en concordancia con las recomendaciones establecidas con las normas NTE INEN 2176:2013, NTE INEN-ISO 5667-1:2014 y NTE INEN-ISO 5667-1:2014.

Para este proyecto, el tipo de muestreo seleccionado fue muestreo puntual o instantáneo debido a que no existe variación significativa del flujo. Los recipientes de vidrio ámbar se lavaron con agua y jabón neutro y enjuagados con agua destilada. Se marcó cada recipiente con la fecha, hora, punto de muestreo y parámetro a analizar.

Los recipientes se llenaron completamente, evitando el aire en su interior, especialmente para parámetros sensibles como DBO_5 , oxígeno disuelto (OD) y pH. Las muestras se conservaron en una hielera portátil entre 1 °C y 5 °C (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Dado que no se utilizó conservantes químicos, se aplicó los siguientes tiempos máximos de análisis:

- Para pH, OD, DBO_5 y sólidos sedimentables, el análisis se realizó en menos de 24 horas.
- Para sólidos totales (ST), sólidos suspendidos (SST), sólidos disueltos (SDT), sólidos suspendidos fijos (SSF), sólidos volátiles suspendidos (SVS), sólidos sedimentables (SS), DQO y amonio (NH_4^+), se realizó en un máximo de 48 horas.

2.5.2 Trabajo de laboratorio

Las muestras tomadas del pozo ciego del Hospital Básico de Manglaralto fueron llevadas al Laboratorio de Sanitaria de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT) en ESPOL para la evaluación de cada uno de los parámetros detallados a continuación:

2.5.2.1 Medición de DBO_5 y DQO

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) son parámetros que indican la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para

descomponer la materia orgánica en el caso de la DBO₅, mientras que la DQO mide la cantidad de oxígeno total para oxidar los dos, la materia orgánica e inorgánica. Esto, permite evaluar la calidad del agua y su capacidad para sustentar la vida acuática al medir la contaminación orgánica e inorgánica en aguas residuales.

Para medir la DBO₅, la muestra se colocó en un vaso de precipitado sobre un plano calentador/agitador para luego agregar un buffer de nutrientes, esto con la finalidad de alimentar a las bacterias presentes. Se introdujo un agitador metálico que empezó a moverse por imantación debido a la acción del plato agitador, de forma que la muestra se pudo homogeneizar. Después de ello, la muestra se transfirió a un frasco de vidrio ámbar para evitar la acción de la luz sobre los microorganismos y su proceso natural y se selló con un tapón de caucho.

Luego, se agregaron dos pellets de hidróxido de potasio para absorber el dióxido de carbono producido durante la reacción química y se ubicaron los frascos en el respirómetro para medir los cambios de presión. Esto es causado por el consumo de oxígeno que realizan los microorganismos durante sus procesos, lo cual provoca que el agua disuelva más oxígeno para equilibrar la concentración.

Finalmente, se dispuso la muestra en la incubadora, donde se mantuvieron durante 5 días a una temperatura constante de 20°C.

Para la DQO, la muestra se agitó en el matraz de Erlenmeyer logrando que los sólidos decantados con el tiempo puedan ser suspendidos nuevamente; se tomó una muestra de 2ml, la cual se colocó en un vial con solución digestiva de dicromato de potasio (agente oxidante) y ácido sulfúrico (catalizador) que desencadenaron una reacción exotérmica. Inicialmente el Cr₂O₇ posee un color naranja que cambia a verde a medida que se reduce a Cromo III durante su oxidación, la intensidad de este color refleja la cantidad de materia orgánica oxidada relacionada con la DQO. El mismo proceso se repitió con un vial con agua destilada que se usará para calibrar el espectrofotómetro posteriormente.

Después se precalentó el termorreactor a 150°C, y se colocaron los viales en su interior, dejándolos por 2 horas para que pudiesen completar la reacción. Una vez culminado el tiempo, las muestras se extrajeron y se dejaron enfriar para transferirlas al espectrofotómetro y medir el vial con la muestra.

2.5.2.2 Medición de SS, SST, SSF y SSV

La evaluación de los sólidos permite determinar la presencia de materiales suspendidos que podrían afectar los procesos de depuración del agua; estos datos son importantes para desarrollar sistemas de depuración que garanticen que la descarga de agua al ambiente sea adecuada para cumplir con los estándares regulatorios.

Para determinar los sólidos sedimentables (SS) se llenó una probeta de 1000 ml con una muestra de agua para agitar y homogeneizar la mezcla antes de verterla en el cono de Imhoff, que permite visualizar el volumen de sólidos en unidades de mL/L. Se dejó reposar la muestra por una hora, tomando lecturas a los 10 minutos y 60 minutos de la cantidad de sólidos en el vértice del cono, tomando una pausa a los 45 minutos para raspar suavemente las paredes del cono con una varilla de vidrio y desprender las partículas adheridas a las paredes del recipiente.

Los sólidos suspendidos totales (SST) se midieron empleando un matraz Erlenmeyer con un codo lateral conectado a una bomba de vacío y un embudo de filtro magnético. Con pinzas, se insertó un papel filtro en el filtro magnético y se lavó con agua destilada y posteriormente secado. El papel se pesó en la balanza analítica para obtener P1.

$$P_1 = P_{\text{vidrio reloj}} + P_{\text{filtro seco}} \quad (2.1)$$

El papel se volvió a colocar en el embudo y se vertió 100 ml de muestra, con la bomba de vacío se aceleró el proceso de filtrado. Luego, se colocó el vidrio reloj y la muestra en el horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas. Finalmente, después de pasar la muestra al

dsecador para enfriar y evitar que gane humedad, se pesa la muestra nuevamente para obtener P2.

$$P_2 = P_{\text{vidrio reloj}} + P_{\text{filtro seco}} + P_{\text{muestra seca}} \quad (2.2)$$

Los SST se calcularon usando la siguiente expresión

$$SST = \frac{P_2 - P_1}{V_{\text{muestra}}} \times 1000 \quad (2.3)$$

Los sólidos suspendidos fijos (SSF) se determinaron al colocar el papel filtro con la muestra seca en una cápsula de porcelana para colocarlo en la mufla. Se registró el peso de la cápsula de porcelana más el peso del filtro y la muestra seca; la mufla se configuró a una temperatura de 550°C durante 1 hora. La muestra se enfrió en el desecador y se registró el nuevo peso P4.

$$P_3 = P_{\text{cápsula de porcelana}} + P_{\text{filtro}} + P_{\text{muestra seca}} \quad (2.4)$$

$$SSF = \frac{P_3 - P_4}{V_{\text{muestra}}} \times 1000 \quad (2.5)$$

Por último, los sólidos suspendidos volátiles (SSV) fueron calculados con la siguiente ecuación:

$$SSV = SST - SSF \quad (2.6)$$

2.5.2.3 Potencial de Hidrógeno, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Conductividad

Estos parámetros se midieron con la multiparamétrica en campo.

2.5.3 Levantamiento de Infraestructura

El levantamiento de la topografía se realizó por un equipo de estudiantes de ESPOL perteneciente al curso de prácticas comunitarias. Se obtuvo datos de altimetría (ver Figura 6) y planimetría (ver Figura 7).

Figura 6

Altimetría del Hospital Básico de Manglaralto

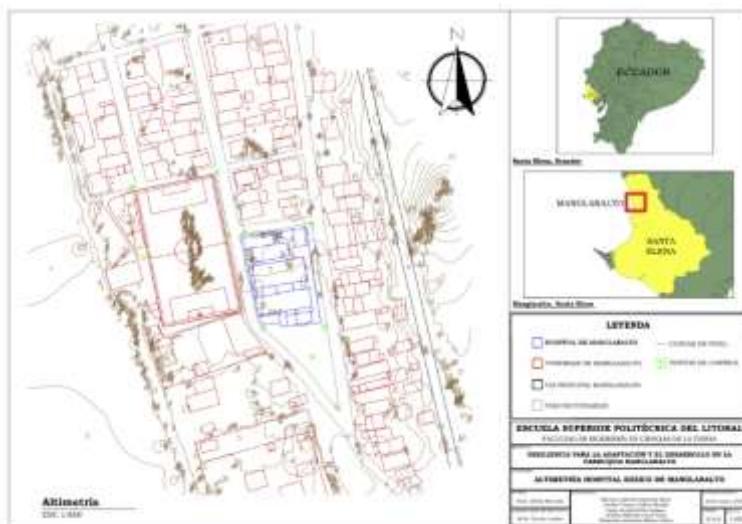
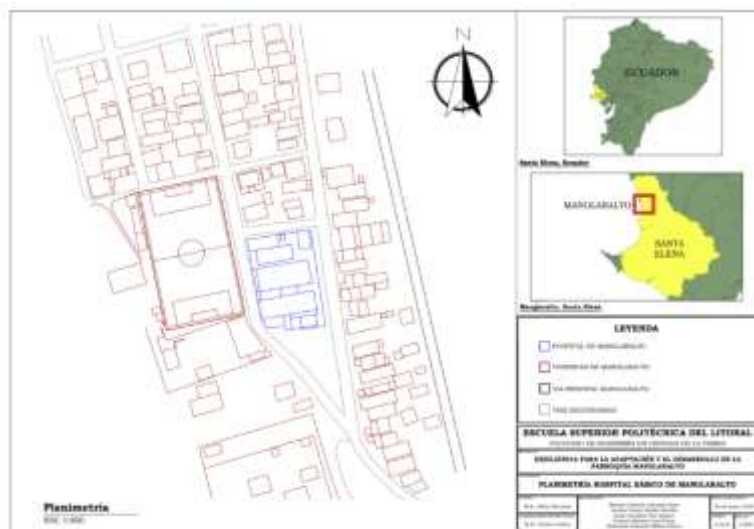


Figura 7

Planimetría del Hospital Básico de Manglaralto



Adicionalmente, se realizó la medición de las dimensiones del pozo ciego del Hospital Básico de Manglaralto con ayuda de flexómetro. Se midió la infraestructura visible, así como las dimensiones de la tapa y sus alrededores. Se utilizaron tubos para medir la profundidad del pozo. En la Tabla 4, se detalla las características geométricas del pozo, así mismo la vista actual (ver Figura 8) y un esquema tridimensional (ver Tabla 44).

Tabla 4

Dimensiones del pozo ciego

Largo [m]	Ancho [m]	Profundidad [m]
4	4	2

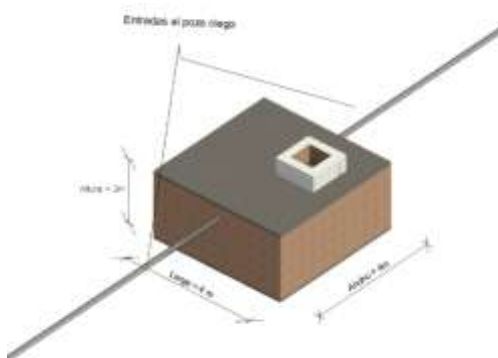
Figura 8

Pozo Ciego



Figura 9

Modelo del pozo



2.6 Análisis de datos

2.6.1 Período de diseño

El período de diseño escogido para este hospital es de 20 años; este período se escogió en vista a que el Hospital quedará obsoleto, ya que, existe un proyecto por parte del Ministerio de Salud Pública en el cual se construirá un nuevo hospital que abarcará una mayor población, por lo cual el diseño también podría ser utilizado para este proyecto.

2.6.2 Población

El Hospital Básico Manglaralto, en funcionamiento desde el 27 de noviembre de 1976, presta sus servicios a la parroquia Manglaralto, en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena. Esta unidad de segundo nivel de atención ha mantenido una capacidad de 15 camas hospitalarias, distribuidas entre Medicina Interna (6 camas), Ginecología (5 camas), Pediatría (3 camas) y Cirugía General (1 cama). Dentro de este total, se incluyen dos camas censables.

Durante el año 2023, el hospital estaba destinado a atender a una población referencial en salud de aproximadamente 79.000 habitantes, provenientes de la parroquia Manglaralto, Colonche y sectores del sur de la provincia de Manabí. El hospital recibe también una importante afluencia de población flotante originaria de distintas provincias del Ecuador e incluso de países vecinos como Colombia, Perú y Venezuela, debido a factores laborales y de movilidad regional.

Según el análisis de egresos correspondiente al año 2023, el Hospital Básico Manglaralto atendió a un total de 1528 pacientes con sus 15 camas disponibles. Sin embargo, 507 pacientes debieron ser referidos a otras instituciones por falta de capacidad resolutive, lo que representa un 57% de la demanda que debía ser cubierta localmente. Este dato refleja una presión significativa sobre los servicios hospitalarios y evidencia un uso intensivo de los recursos existentes.

En cuanto al indicador de ocupación de camas, el hospital presentó cifras superiores a los estándares permisibles del 80–85% durante los años 2018, 2019 y 2021, con porcentajes de ocupación del 97,84%, 102,73% y 116,8%, respectivamente. A partir de 2022 y 2023, se registró una disminución a 85,28% y 81,5%, manteniéndose dentro del rango recomendado, en cumplimiento con los protocolos de seguridad del paciente y control de infecciones.

Durante el año 2023, las 15 camas hospitalarias permanecieron operativas en la mayoría de los servicios, con excepción del área de Pediatría. Se observó un incremento importante en la demanda de ocupación, especialmente en Cirugía General y Ginecología, como resultado de la incorporación de un cirujano general y un anestesiólogo que brinda atención 8 horas diarias,

cinco días a la semana. Esta disponibilidad permitió realizar con mayor frecuencia procedimientos de emergencia, fortaleciendo la capacidad operativa en estas áreas.

2.6.2.1 Proyección poblacional

Para obtener la población, se realizaron dos análisis, el primero está basado en el promedio de pacientes que visitaron el hospital desde el año 2018 hasta el 2022, de acuerdo con el “Plan Médico Funcional” reportado por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador en el año 2024. El reporte notifica datos como el porcentaje de ocupación de camas promedio, el total de días de estada, total de días pacientes y promedio de días de estada, los cuales están mostrados en la Tabla 55.

Tabla 5

Datos de Visitas al Hospital según Plan Médico Funcional.

Parámetro	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Porcentaje de Ocupación de camas promedio	97.84%	102.74%	89.36%	116.89%	85.29%	81.50%
Total de días de Estada	3381	2.43	3260	3244	3080	3200
Total de días Pacientes	5264	5594	4825	5411	4699	4478
Promedio Días de Estada	2,13	2,53	2,17	2,04	2,09	6,83
Atención Emergencia	12708	14021	9444	9956	13062	15454

Nota: Datos obtenidos del Plan Médico Funcional 2024 provisto por la Directora del Hospital Básico de Manglaralto

En base a ello, se estimó el promedio de pacientes por día a través de la siguiente expresión:

$$Promedio\ de\ Pacientes\ por\ día = \frac{Total\ de\ días\ pacientes}{Promedio\ Días\ de\ estada} \tag{2.7}$$

Y se presentan los resultados en la Tabla 6.

Tabla 6*Población diaria.*

	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Promedio Pacientes por día	2472	2212	2224	2653	2249	656
Promedio de Trabajadores por día	78	78	78	78	78	78
Total	2550	2290	2302	2731	2327	734

Como enfoque principal se tomó el peor escenario atribuido al año en que más pacientes visitaron el hospital y por lo cual se generó la mayor cantidad de descarga de aguas residuales, es decir, el año 2021, con 2653 pacientes, de igual manera, se sumó la cantidad estimada de trabajadores por año. El hospital ha contado con 15 camas censables, en todo el período de estudio, por lo cual no se espera un aumento de estas, información corroborada por la directora del establecimiento. Sin embargo, por propósitos de estudio, se proyectará la población a la existencia de 25 camas censables que coinciden con el número camas que tendrá el nuevo proyecto, de forma que este modelo pueda ser replicado en el hospital a construirse. De esta manera, con una simple regla de 3, se obtuvo una población de 4552 pacientes para el año 2045, como se muestra en la Tabla 77.

Tabla 7*Proyección Poblacional Método 1.*

Parámetro	Cantidad	Unidad
Número de camas actual	15	Cama

Máxima Descarga En el Período de estudiado	2731	Pac
Número de camas proyectadas	25	Camas
Descarga para el número de camas proyectadas	4552	Pac

El segundo análisis se realizó tomando en cuenta la población censada en la provincia de Santa Elena por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) (ver Tabla 88).

Tabla 8

Datos Poblacionales según la INEC.

Año	Población
1950	8406
1962	10535
1974	12945
1982	15205
1990	17621
2001	23423
2010	29512
2022	38167

Nota: Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2022).

En base a esta información, se realizó la proyección de la población a través del método aritmético, geométrico y exponencial en el período de diseño definido, tomando en cuenta, que el 7% de la población visita al hospital; este valor se obtuvo a través de la relación del año con mayores visitas y el número de habitantes para el año más cercano. Así mismo, se obtuvo el

factor de correlación de acuerdo con la gráfica para escoger el método que se alinea mejor a la tendencia del crecimiento poblacional (ver Figura 10).

2.6.2.2 Método Aritmético

Suponiendo que el crecimiento de la población es constante:

$$P_t = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}(T_f - T_{uc}) \quad (2.8)$$

Donde:

P_t : Población en un tiempo t.

P_{uc} : Población del último censo.

P_{ci} : Población del primer censo.

T_f : Año de proyección

2.6.2.3 Método Geométrico

Suponiendo que la población crece a una tasa constante:

$$P_t = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})} \quad (2.9)$$

Donde:

r : Tasa de crecimiento.

2.6.2.4 Método Exponencial

Suponiendo que el crecimiento de la población disminuye a medida que se alcanza la capacidad de carga del entorno.

$$P_t = \frac{k}{1 + \frac{k - P_o}{P_o} e^{-rt}} \quad (2.10)$$

Donde:

K: Capacidad de carga del entorno

Los resultados se detallan en la Tabla 99:

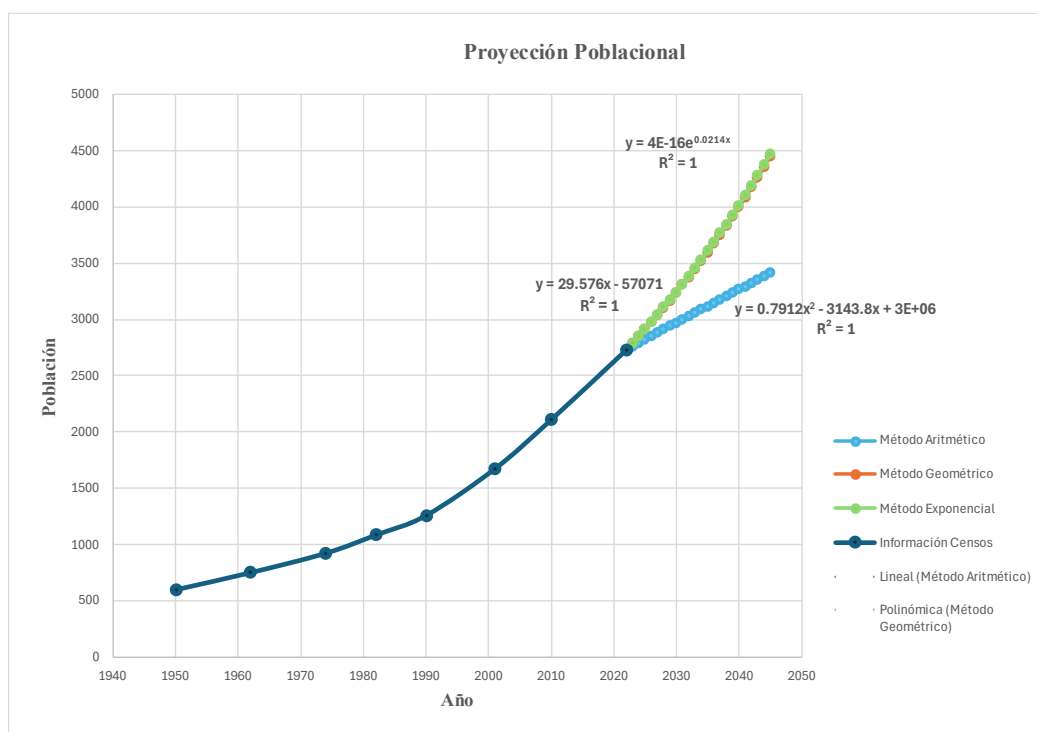
Tabla 9*Proyección Poblacional Método 2.*

Proyección Poblacional HBMA			
Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
2023	2761	2790	2791
2024	2791	2850	2851
2025	2820	2911	2913
2026	2850	2973	2976
2027	2879	3037	3040
2028	2909	3102	3106
2029	2939	3168	3173
2030	2968	3236	3241
2031	2998	3305	3312
2032	3027	3376	3383
2033	3057	3448	3456
2034	3086	3522	3531
2035	3116	3597	3608
2036	3146	3674	3686
2037	3175	3753	3765
2038	3205	3833	3847
2039	3234	3915	3930
2040	3264	3999	4015
2041	3293	4084	4102
2042	3323	4172	4190

Proyección Poblacional HBMA			
2043	3353	4261	4281
2044	3382	4352	4374
2045	3412	4445	4468

Figura 10

Comportamiento de la Proyección Poblacional.



Debido a que el R^2 es 1 para todos los métodos, se escogió el promedio entre estos para obtener la población final, dando como resultado 4108 pacientes para el año 2045.

En este caso, la población escogida para el diseño en este documento es la del primer método, ya que considera un mayor número de personas que puede estar asociado a los habitantes fuera de Manglaralto que son derivados a este hospital para su atención: 4552 pacientes.

2.6.3 Estimación de Caudales

Para el presente estudio, la estimación del caudal de aguas residuales generadas en el Hospital Básico de Manglaralto se realizó a través de la técnica indirecta basada en el consumo de agua potable registrado.

De acuerdo con las recomendaciones la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias:

“...Se determinará el caudal medio de diseño a base de la dotación de agua potable multiplicada por la población y un factor entre 0.75 y 0.80 más los caudales de infiltración, de aguas ilícitas y de aportaciones institucionales e industriales” (Senagua, 1992).

En base a ello, se obtuvo los consumos mensuales desde enero del 2019 hasta abril del 2025 a través de la Junta de Agua Potable de Manglaralto (JAAPMAN).

2.6.4 Lugar de Muestreo

El muestreo se lo realizó en el punto de descarga de las aguas residuales en el sistema de depuración actual, es decir el pozo ciego ubicado al oeste del hospital. Las coordenadas se muestran en la Tabla 1010.

Tabla 10

Coordenadas del lugar de Muestreo.

Coordenadas UTM	
X	528317.38
Y	9795172.72

2.6.4.1 Muestreo de Agua Residual

El muestreo de aguas residuales se realizó en concordancia con las recomendaciones establecidas en la norma NTE INEN 2169:2013 (ver Tabla 1111).

Para este proyecto, se seleccionó el tipo de muestreo puntual o instantáneo debido a que no existe variación significativa del flujo. Se utilizó recipientes de vidrio ámbar previamente lavados con agua y jabón neutro y enjuagados con agua destilada. Se marcó cada recipiente con la fecha, hora, punto de muestreo y parámetro a analizar.

Los recipientes se llenaron completamente, evitando el aire en su interior, especialmente para parámetros sensibles como DBO₅, oxígeno disuelto (OD) y pH. Las muestras se conservaron en una hielera portátil entre 1 °C y 5 °C (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Dado que no se utilizó conservantes químicos, se aplicó los siguientes tiempos máximos de análisis:

- Para pH, OD, DBO₅ y sólidos sedimentables, el análisis se realizó en menos de 24 horas.
- Para sólidos totales (ST), sólidos suspendidos (SST), sólidos disueltos (SDT), sólidos suspendidos fijos (SSF), sólidos volátiles suspendidos (SVS), DQO y amonio (NH₄⁺), se realizó en un máximo de 48 horas.

Tabla 11*Datos de las muestras.*

Lugar de muestreo	Volumen de muestra (L)	Número de muestras	Día de muestreo
Descarga de aguas residuales al pozo ciego	2.5	1	14 de julio del 2025
Descarga de aguas residuales al pozo ciego	5.0	1	25 de julio del 2025

Cabe recalcar, que debido a que se trata de un pozo ciego, sólo se hizo una medición en la entrada al pozo. Por lo cual, no existe comparación para determinar la eficiencia del sistema actual, ya que este no es hermético y no existe una salida del agua depurada definida.

2.6.4.2 Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua residual

Las pruebas de caracterización se realizaron en el Laboratorio de Ciencias de la Vida Acuática de la ESPOL.

En la Tabla 12 se detallan los parámetros, abreviaturas y unidad de medición.

Tabla 12*Parámetros Evaluados.*

Parámetros	Denotado como	Unidad
Sólidos totales	ST	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L

Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/L
Sólidos Suspendidos Fijos	SSF	mg/L
Sólidos Volátiles Suspendidos	SSV	mg/L
Sólidos Sedimentables	SS	mg/L
Potencial de Hidrógeno	pH	-
Temperatura	T	°C
Conductividad		µs/cm
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/L
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L
Ion Amonio	NH ₄	mg/L
Turbidez		NTU

2.6.4.3 Cumplimiento de la normativa ambiental vigente

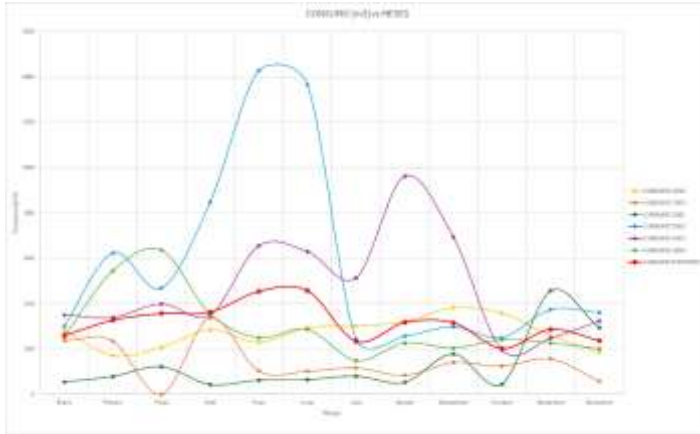
Los parámetros se compararon con los límites permisibles presentes en la Tabla 8 del Anexo 1 del Libro VI de TULSMA y en base al promedio de los resultados obtenidos del análisis de las muestras, se identificaron los que se encuentran fuera del rango.

2.6.5 Caudal de Consumo

El caudal se calculó a través de los consumos anuales del hospital provistos por la Junta de Agua de Manglaralto (ver Figura 11). En los siguientes gráficos se presenta el comportamiento del consumo (m³/año) en un período desde el 2019 hasta el 2024.

Figura 11

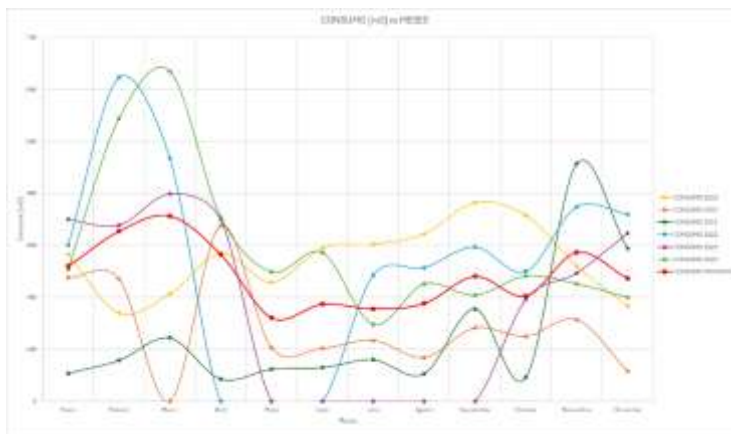
Consumo Anual del Hospital



La dotación de agua potable (l/hab-día) se calculó usando la fórmula 2.4. De los valores de consumo presentados previamente, se eliminaron valores picos correspondientes a datos que no siguen la tendencia de consumo mensual que pueden estar relacionados a posibles fugas en el sistema, con el fin de evitar el sobredimensionamiento de la planta depuradora, el comportamiento se detalla mejor en la Figura 12.

Figura 12

Consumo Anual Corregido



Así mismo, se debe tomar en cuenta que es necesario incluir el factor de promedio de días de estada a la ecuación; caso contrario, se asumiría que se tuvo la misma cantidad de pacientes

para cada día, dando valores poco realistas de dotación. Así, aplicando la ecuación 2.11, se obtienen los resultados presentados en la Tabla 13.

$$Dotación = \frac{Promedio\ del\ Consumo\ Anual}{Población\ Promedio \times promedio\ días\ de\ estada} \quad (2.11)$$

Tabla 13

Dotación por año.

Dotación (L/hab-día)				
Año	Caudal	Población	Días de estada	Dotación
2019	273.08	2290	2.53	47.13
2020	154.36	2302	2.17	30.90
2021	127.75	2731	2.04	22.93
2022	352.44	2327	2.09	72.47
2023	314.86	734	6.83	62.81

La dotación especificada es de agua potable; de acuerdo con la NTE INEN 1108:2014, se asume que el 80% del agua consumida se transforma en aguas residuales, por lo cual, al promediar los valores antes calculados, se incluye este factor (ver Tabla 14). El valor obtenido, demuestra gran similitud a las encontradas en la literatura, donde la dotación en hospitales está en el rango de 20 a 50 L/hab-día (Metcalf & Eddy, 1995).

Tabla 14*Producción de Aguas Residuales.*

Dotación/Producción (L/hab-día)	
Dotación AAPP	47.25
Producción AARR	37.80

$$Q = Población \times Dotación AARR \quad (2.12)$$

$$Q = 4552 \times 37,80$$

$$Q = 1,99 \frac{L}{s}$$

Se realizó la comparación con la producción dada por la tabla 16.2 de la Norma Hidrosanitaria NHE Agua de la NEC-11, la cual propone una dotación entre 800 a 1300 L/cama-día en hospitales. En la Tabla 15, se recopila la información del número de camas proyectadas, la dotación escogida y el caudal de diseño calculado.

Tabla 15*Caudal de diseño según Normativa.*

Producción (L/cama-día)	
Número de camas	25
Dotación Elegida	1300
Q	0.30

Debido a la variabilidad del caudal mostrado en la Figura 12, y la escasa información en base al cambio poblacional que no muestran comportamientos usuales, el caudal de diseño escogido fue el calculado a través de la Normativa Ecuatoriana.

$$Q = 0,30 \frac{L}{s}$$

A este valor, se le suma la producción dada por los empleados del establecimiento, en el cual figuran 78 personas. A estas se les asignó el valor típico de 50 L/empleado-día, por lo cual, se obtuvo un caudal de producción de 0.04 L/s, dando en total un caudal de 0.34 L/s

$$Q = 0.34 \frac{L}{s}$$

2.6.6 Caracterización del Agua Residual

Las aguas residuales fueron recolectadas directamente del pozo ciego, de forma superficial, debido a que no se tenía acceso a la tubería de descarga al sistema actual. De esta, se midieron in situ parámetros como temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, directamente con la multiparamétrica, mientras que los demás parámetros fueron analizados en laboratorio. En la Tabla 16, se detallan los resultados.

Tabla 16

Resultados de la Caracterización del Agua.

Parámetros	Unidad	Carga	LMP
Sólidos totales	mg/L	237.03	-
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	172.00	250
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	132.03	-
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/L	105.00	-
Sólidos Volátiles Suspendidos	mg/L	67.00	-
Sólidos Sedimentables	mg/L	0.00	-
Temperatura	°C	20.6	-
Conductividad	uS/cm	2131	-
Potencial de Hidrógeno	-	8.02	6-9
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	12.18	200

Demanda Química de Oxígeno	mg/L	350	400
Oxígeno Disuelto	mg/L	4.04	-
Turbidez	NTU	419	20
Ion Amonio	mg/L	32.58	-
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	430	2000
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	5400	-

2.6.7 Índice de biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad permite establecer qué tipo de proceso deberá llevarse a cabo para lograr una correcta depuración dependiendo de las características del agua. Esto se evalúa en base a la relación de la DBO₅ y la DQO, la cual estima la fracción biodegradable de materia orgánica presente en el agua residual, de forma que se puede evaluar si puede ser depurado mediante procesos biológicos o requiere procesos fisicoquímicos avanzados complementarios.

En la Tabla 17, se muestran las relaciones y sus correspondientes procesos sugeridos.

Tabla 17

Índice de Biodegradabilidad.

Biodegradabilidad del Agua	DQO/DBO₅	DBO₅/DQO	Proceso Sugerido
Muy Biodegradable	Menor de 2.5	Mayor de 0.4	Biológico
Biodegradable	Entre 2.5 y 5	Entre 0.2 y 0.4	Biológico-físico Químico-Físico

Poco	Mayor de 5	Menor de 0.2	Físico-Químico
Biodegradable			

Nota: Información tomada de Von Sperling (2007)

$$\frac{DQO}{DBO5} = \frac{350 \text{ mg/L}}{12.18 \text{ mg/L}} = 28.74$$

$$\frac{DBO5}{DQO} = \frac{12.18 \text{ mg/L}}{350 \text{ mg/L}} = 0.035$$

Los valores obtenidos, con valores bajos de DBO puede ser debido al uso intensivo de desinfectantes como creolina, cloro y amonio cuaternario que inhiben las bacterias usadas en entornos hospitalarios, por lo cual existe una menor actividad biológica.

De acuerdo con la Tabla 16 y Tabla 17, el proceso necesario será de tipo físico-químico. A pesar de que el desarenador podría no considerarse en este diseño debido a la nula presencia de sólidos sedimentables, se debe tomar en cuenta de que el muestreo se realizó de forma superficial, por lo que las arenas probablemente estarían sedimentadas en el fondo, así mismo, al tratarse de una planta que estará ubicada en una zona costera muy cercana a la playa, cuyo suelo es de orden en su mayoría arenoso, sí deberá ser diseñado con el fin de evitar futuros problemas con las eficiencias de los equipos presentes en las siguientes etapas de la depuración.

Así mismo, el proceso físico-químico seleccionado será coagulación-floculación, debido a la alta turbidez relacionada a los sólidos suspendidos (partículas coloidales con diámetros menores a 2 micras), por lo cual será necesario un proceso que permita desestabilizarlos para formar los flóculos y separarlos a través de sedimentación.

2.7 Análisis de alternativas

El análisis de alternativas representa una de las etapas fundamentales para la valoración de propuestas de diseño. Dado que permite tomar decisiones fundamentadas en una serie de criterios para una elección responsable del método a utilizar, en este caso, para depurar las aguas

residuales del Hospital Básico de Manglaralto. Con el fin de realizar una decisión objetiva, las alternativas se calificarán de acuerdo con los criterios de la escala Likert, basada en porcentajes específicos según su relevancia para el proyecto.

La escala de Likert es una herramienta inicialmente utilizada para investigaciones de índole social, ambiental y de salud con el objetivo de medir actitudes y opiniones obtenidas directamente de los beneficiarios de un proyecto. En este proyecto, la matriz de Likert ha sido adaptada al ámbito de la ingeniería civil para valorar, bajo diversos criterios técnicos, económicos, ambientales y operativos, la alternativa más adecuada como propuesta de solución. Se mide de acuerdo con una serie de criterios y emitir un juicio positivo o negativo respecto a un tema. En un contexto de uso social, para la matriz de Likert se responde escogiendo uno de los cinco niveles de aceptación, que van de ‘Totalmente en desacuerdo’, hasta ‘Totalmente de acuerdo’ (Likert, 1932). Los criterios se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18

Puntuación de la Matriz de Likert.

Valores de Puntuación				
Totalmente favorable	Parcialmente favorable	Ni favorable, ni desfavorable	Parcialmente desfavorable	Muy desfavorable
10	8	6	4	2

Adicionalmente, al adaptarla en ingeniería, toma importancia la identificación de restricciones, que son las condiciones que las diferentes alternativas deberían cumplir para ser idóneas al tratar de resolver el problema. En este proyecto, las siguientes restricciones se utilizarán para delimitar las alternativas a evaluar en la matriz:

1. Restricciones de espacio y seguridad.
2. Limitaciones en ensayos de laboratorio para CE.

3. Restricciones de accesibilidad al pozo ciego.
4. Falta de información en consumo farmacológico de los pacientes.

Finalmente, en este caso se deben considerar los pesos que cada uno de los ejes técnicos y los criterios de sostenibilidad aportan:

- 1. Consideraciones técnicas (40%):** Comprende la capacidad de depuración requerida hacia el efluente tomando en cuenta la normativa vigente en temas sanitarios, de salud y factibilidad de implementación de tecnologías considerando las restricciones. Se considera los siguientes:
- 2. Consideraciones Sociales (15%):** Evalúa el impacto en la población beneficiaria, considerando la aceptación comunitaria y mejoras de salud pública que generará en la zona.
- 3. Consideraciones Económicas (25%):** Engloba los gastos iniciales de inversión (CAPEX), los costos futuros de operación y mantenimiento (OPEX) y la viabilidad económica del proyecto, considerando además la optimización de recursos y ahorro energético.
- 4. Consideraciones Ambientales (15%):** Toma en cuenta la conformidad con las normativas ambientales, gestión de residuos de la depuración, eficiencia de remoción de contaminantes de origen doméstico, hospitalario y protección de ecosistemas de los alrededores.
- 5. Consideraciones culturales (5%):** Incluye las prácticas culturales de la comunidad beneficiaria, uso del sistema propuesto, percepción sobre la depuración del agua y las costumbres relacionadas con la higiene de la comunidad y su participación por mantener el proyecto operativo.

A continuación, se presentan las tres alternativas que cumplirían con los objetivos de este proyecto, las cuales se detallarán en los siguientes párrafos:

- Implementar PDAR Físico-químico con Doble Filtración que Incluye Carbón Activado.
- Implementar PDAR Físico-químico con Fotocatálisis Heterogénea con Dióxido de Titanio.
- Implementar PDAR Físico-químico con Electrocoagulación avanzada con electrodos de hierro.

Alternativas

1. Implementar PDAR físico -químico con doble filtración que incluye Carbón

Activado

El filtro de carbón activado es una tecnología ampliamente utilizada y eficaz para eliminar contaminantes emergentes como residuos farmacéuticos, pesticidas, hormonas y subproductos de desinfección. Se basa en el principio de adsorción, en el cual las moléculas contaminantes son atrapadas en los poros presentes del carbón activado a través de interacciones de tipo Van Der Waals, enlaces de hidrógeno, fuerzas dipolo-dipolo o enlaces covalentes débiles (Cheng et al., 2021).

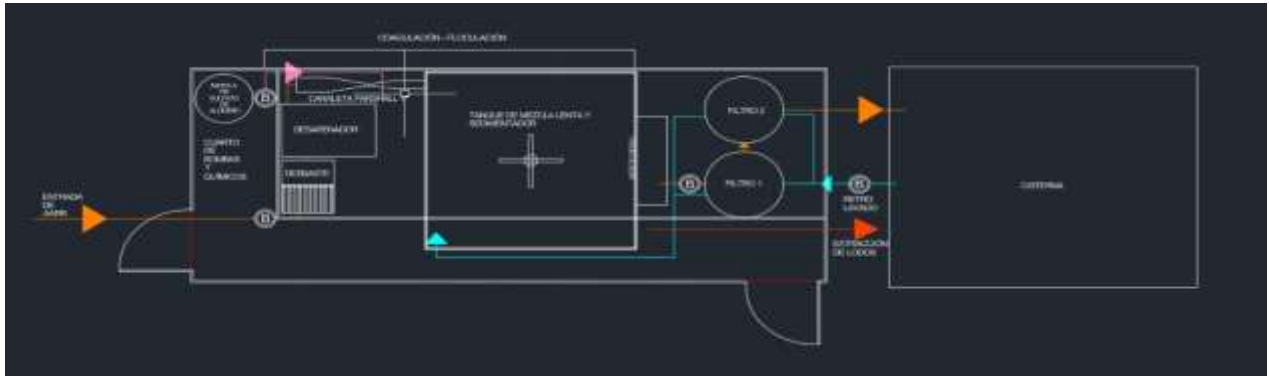
El carbón activado puede retener compuestos orgánicos de baja biodegradabilidad que no pueden ser eliminados a través de los procesos de depuración convencionales. Los contaminantes son atraídos y fijados en los poros internos que, a diferencia de la absorción, se colocan únicamente en la superficie del carbón (adsorbente) (Alyasiri et al., 2023).

Este proceso mejora significativamente la calidad del efluente y permite la posible reutilización del agua depurada. Estos filtros se pueden incorporar a la etapa final de la depuración física-química; son sistemas compactos, silenciosos y con un bajo impacto ambiental, siendo adecuado para entornos rurales y sistemas específicos como los hospitales (Snyder et al., 2007).

Entre sus desventajas, se representa el costo operativo adicional relacionado al reemplazo periódico del medio filtrante, ya que los poros se saturan y pierden la capacidad de adsorción, reduciendo su eficiencia de remoción con el tiempo, en el caso de la depuración de aguas residuales hospitalarias, estos deben ser cambiados cada 3 a 6 meses en función de la carga contaminante presente (Alyasiri et al., 2023). En la Figura 13 se detallan las partes de la PDAR considerando la planta compacta con la primera alternativa.

Figura 13

Esquema PDAR físico-químico con doble filtración que incluye Carbón Activado.



2. Implementar PDAR con Fotocatálisis Heterogénea y Dióxido de Titanio

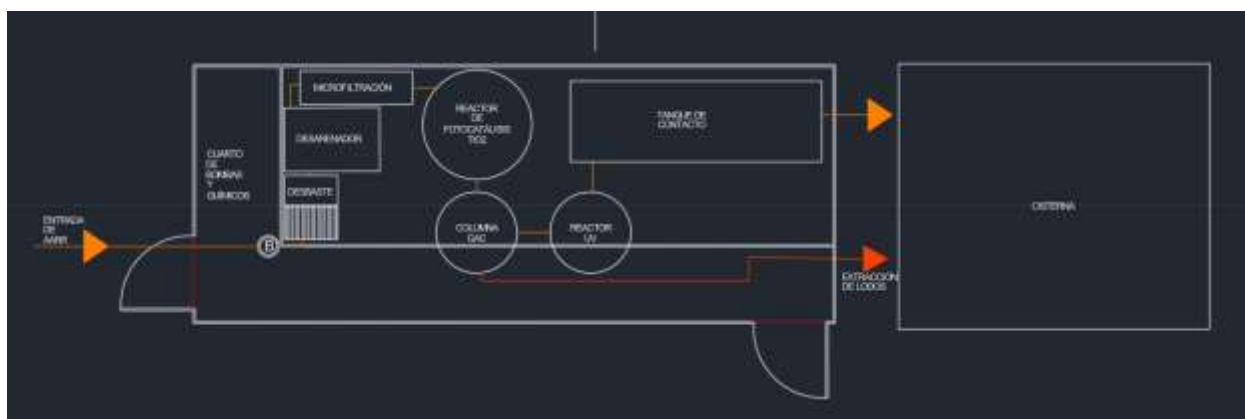
La Fotocatálisis Heterogénea con Dióxido de Titanio es uno de los procesos de depuración de oxidación avanzada, que aprovecha principios físicos y químicos para eliminar contaminantes orgánicos, micro contaminantes y patógenos (Ibhadon & Fitzpatrick, 2013). El proceso de fotocatálisis consiste en acelerar una reacción química mediante la acción de rayos UV en presencia de un fotocatalizador (Navidpour et al., 2023). En este caso, el sistema cuenta con el dióxido de titanio como catalizador, debido a que es un semiconductor con baja toxicidad, resistente a la foto corrosión. Cuando el fotocatalizador es expuesto a la luz se forman radicales hidroxilos ($\text{OH}^\cdot$) y aniones superóxido ($\text{O}_2^\cdot$) que son iones altamente reactivos y atacan a los contaminantes presentes en el agua, oxidándolos hasta convertirlos en dióxido de Carbono, agua y sales minerales. Este tipo de depuración avanzada llega a obtener eficiencias de remoción de hasta el 90%, sin formación de subproductos tóxicos (Navidpour et al., 2023).

La presentación de este sistema es de reactores tubulares, planos, de lecho fijo, lo que lo convierten en una opción muy compacta (Ver Figura 14). Para lograr el reúso del agua saliente de este sistema es necesario aplicar otra etapa de desinfección, evitando usar cloro en aguas residuales. El dióxido de titanio permite que el catalizador cuente con una larga vida útil debido a que es estable y no tóxico. La inversión inicial al implementar este sistema se centra en el

reactor, lámparas UV, bombas de recirculación y reactores. El sistema requiere de personal capacitado para mantener su funcionamiento óptimo y para preservarlo durante su vida útil ya que demanda de mantenimientos periódicos de limpieza de las superficies catalíticas. La implementación de un sistema de fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio cuenta con un sistema cerrado, evitando olores y al ser de depuración avanzada reforzará la imagen del hospital como institución comprometida con la innovación.

Figura 14

Esquema PDAR físico -químico con fotocátalisis heterogénea y dióxido de titanio.



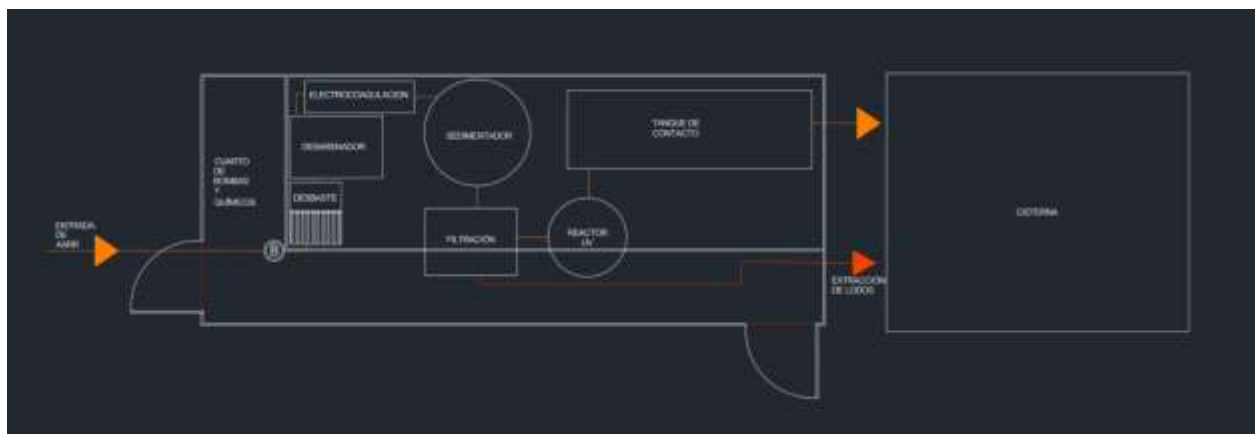
3. Implementar PDAR con Electrocoagulación avanzada y electrodos de hierro

La electrocoagulación es un proceso electroquímico utilizado para la depuración de aguas residuales mediante la eliminación de contaminantes por medio de coagulación (Al-Marri et al., 2023). Consiste en la generación de coagulantes in situ mediante la aplicación de corriente eléctrica a electrodos sumergidos en el agua. Mediante la manipulación de parámetros clave como la relación área-volumen y el tiempo de electrólisis se llega a mejoras sustanciales en eliminación de contaminantes, metales pesados, y micro contaminantes (Boinpally et al., 2023). Tomando en cuenta las aguas de origen hospitalario, alcanza eficiencias de hasta el 94%. El sistema se caracteriza por su alta compactibilidad, consiste en reactores modulares verticales compactos en forma de tanques rectangulares de acero inoxidable FPR o PVC, estos son adaptables sin comprometer la eficiencia de la depuración (Hassoune et al., 2024). Este sistema

requiere únicamente corriente eléctrica de bajo voltaje, por lo que es viable para la implementación de suministro de energía renovable. Los mantenimientos se basan en el reemplazo de electrodos, debido a que estos se consumen por la formación de óxido. Adicionalmente el equipo requiere ajustes de parámetros como el pH y el tiempo de retención, por lo que el personal capacitado es fundamental para la preservación de la solución a lo largo del tiempo.

Figura 15

Esquema PDAR físico-químico con electrocoagulación avanzada y electrodos de hierro.



En la Tabla 19 se presenta las ponderaciones de cada factor para cada una de las alternativas, de forma que se obtuvo la opción ganadora: implementar PDAR físico químico con doble filtración que incluye carbón activado.

Tabla 19

Matriz de Likert.

Factor			A1	A2	A3
Consideraciones técnicas 40%					
Eficiencia de depuración (Convencional)	7,5%	Puntos	9,00	8,67	8,00
		Subtotal	1,20	1,16	1,07
Eficiencia de depuración (CE)	7,5%	Puntos	6,67	6,00	6,67
		Subtotal	0,89	0,80	0,89
Viabilidad constructiva	10%	Puntos	9,00	8,00	9,00
		Subtotal	0,90	0,80	0,90
Vida útil	15%	Puntos	9,33	8,00	8,50
		Subtotal	0,62	0,53	0,57
Consideraciones sociales 15%					
Salud y calidad de vida	15%	Puntos	9,50	8,50	8,00
		Subtotal	0,63	0,57	0,53
Consideraciones económicas 25%					
Costos de Implementación (CAPEX)	10%	Puntos	6,00	7,00	9,00
		Subtotal	0,60	0,70	0,90
Costos de Operación y Mantenimiento (OPEX)	15%	Puntos	6,50	7,00	8,00
		Subtotal	0,43	0,47	0,53
Consideraciones ambientales 15%					
Generación de subproductos y desechos	10%	Puntos	8,00	7,50	7,00
		Subtotal	0,80	0,75	0,70
Monitoreo ambiental	5%	Puntos	8,50	8,00	7,50
		Subtotal	1,70	1,60	1,50
Consideraciones culturales 5%					
Uso del agua	5%	Puntos	8,50	7,00	8,00
		Subtotal	1,70	1,40	1,60
TOTAL		100.00%	9,48	8,77	9,19

Una vez que se han tabulado los datos, se encuentra que la opción ganadora es la alternativa 1 que consiste en una Planta Depuradora De Aguas Residuales -PDAR del tipo físico-químico con doble filtración que incluye Carbón Activado.

Capítulo 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1 Diseño

En esta sección, se llevará a cabo el diseño de la PDAR considerando la alternativa ganadora: PDAR físico-químico con doble filtración que incluye Carbón Activado.

Constará de varias secciones: en primer lugar, el sistema preliminar con un sistema de rejillas y un desarenador; seguida por la depuración secundaria que consiste en un sistema de coagulación-floculación y un sedimentador, para terminar con una depuración cuaternaria con lechos filtrantes: grava y arena, zeolita y carbón activado.

La selección de este tren de depuración se basa en los resultados de la Tabla 16. Debido a la alta turbidez causada a los sólidos suspendidos, es necesario un proceso que permita que estos se sedimenten, por lo cual fueron escogidos los tanques coaguladores y floculadores; el filtro de grava y arena que ayudará a remover los sólidos suspendidos y ciertos microorganismos; el filtro de zeolita que es eficaz para eliminar la concentración de amonio y turbidez y finalmente, el filtro de carbón activado, que elimina trazas de medicamentos, DQO residual y cloro libre asociados a las aguas hospitalarias de este problema.

Todos los elementos serán integrados en una planta compacta, la cual es una solución eficiente, modular y de rápida instalación, lo cual también permitirá su uso en el hospital actual e incluso en el nuevo hospital que está por construirse, sin inversiones extra al construir el sistema in situ. Consiste en un sistema ensamblado en una carcasa metálica prefabricada.

3.1.1 Caudal de Diseño

Como se revisó en el capítulo 2, el caudal de aguas residuales es de 0.30 L/s, sin embargo, también se debe tomar en cuenta el caudal de infiltración debido a la permeabilidad del suelo; a diferencia de los diseños en sistemas domésticos, el caudal ilícito no se toma en cuenta ya que la parroquia no cuenta con alcantarillado sanitario, por lo cual no se generarían

conexiones clandestinas. El aporte de infiltración se estima de acuerdo con la Tabla 20, en la cual se presentan los valores de acuerdo con el tipo de suelo, el cual presentan infiltraciones en rangos de alto a bajo, de acuerdo con su permeabilidad.

Tabla 20

Aporte de infiltración por área drenada.

Infiltración (L/s-Ha)		
Alta	Media	Baja
0.15 - 0.40	0.10 - 0.30	0.05 - 0.20

$$Q_{\text{infiltración}} = A_{\text{proyectada}} \times C_{\text{inf}} \quad (3.1)$$

Donde:

$Q_{\text{infiltración}}$: Aporte del caudal debido a infiltraciones.

A_p : Área del proyecto en hectáreas.

C_{inf} : Aporte de infiltración por hectárea.

Considerando una infiltración media de 0.20, debido al tipo de suelo costero:

$$Q_{\text{infiltración}} = 4.86 \times 0.20$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 0.97 \text{ L/s}$$

Finalmente, el caudal de diseño:

$$Q_{\text{diseño}} = 1.31 \text{ L/s}$$

3.1.2 Caudal Máximo Horario

Tomando en cuenta los consumos dados anteriormente, el caudal promedio máximo fue de 0.14 L/s, por debajo del caudal de diseño; esto debido a que para el diseño se considera el

mínimo dado por la normativa ecuatoriana y no el caudal obtenido a través del consumo. Por este motivo, el caudal máximo horario se lo calculará a través del coeficiente de Harmon presentado en la ecuación 3.2.

$$KMH = Q_{med} \left(\frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \right) \quad (3.2)$$

Donde:

P: Población futura servida. (4552 de acuerdo con lo presentado en el capítulo 2)

$$KMH = Q_{med} \left(\frac{18 + \sqrt{4552}}{4 + \sqrt{4552}} \right) = 1.60$$

$$Q_{KHM} = 1.6 \times 1.31 \quad (3.3)$$

$$Q_{KHM} = 2.00 \text{ L/s}$$

Una vez estimado el caudal máximo horario, se procede con el diseño de la depuración preliminar.

3.1.3 Depuración Preliminar

3.1.3.1 Desbaste

La remoción de sólidos grandes es uno de los pasos cruciales para la depuración de aguas residuales, ya que permite mejorar la eficiencia en los siguientes procesos, reduciendo a su vez los posibles daños a los equipos en las etapas posteriores debido a atascos de sólidos. Para este proyecto, se escogió un sistema de rejillas.

Para su sección transversal, será necesario usar el caudal máximo horario además de la velocidad del flujo, que, para evitar sedimentación, se toma como el mínimo de 0.6 m/s.

Teniendo los datos iniciales presentados en la Tabla 21.

Tabla 21

Datos de entrada.

Caudales		
Caudal Máximo	2.00	L/s
Caudal Medio	1.16	L/s
Velocidad	0.6	m/s

a) Canal de Entrada

$$Q = AV \quad (3.4)$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0012 [m^3/s]}{0.6 [m/s]}$$

$$A = 0.002m^2$$

Se consideró para el diseño la implementación de una tubería de PVC con un diámetro de 4" (D=0,1 m, A=0.008 m² y n=0.009), esta sería suficiente para abastecer el caudal a depurarse. En la Tabla 22, se detallan propiedades calculadas como radio hidráulico y la pendiente mínima para cumplir con la velocidad de diseño.

Debido a que la tubería trabajará a gravedad, esta se considerará parcialmente llena, en un nivel máximo de 80% para garantizar el buen funcionamiento, traslado de los sólidos y autolimpieza de esta.

Ángulo del sector circular

$$\theta = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{\frac{D}{2} - h}{\frac{D}{2}} \right) \quad (3.5)$$

Perímetro mojado

$$P = \frac{D}{2} \theta \quad (3.6)$$

Área mojada

$$A = \frac{r^2}{2} (\theta - \sin \theta) \quad (3.7)$$

Radio Hidráulico

$$R = \frac{A}{p} \quad (3.8)$$

Pendiente

$$S = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \quad (3.9)$$

Tabla 22

Características del canal de Entrada.

Características del Canal de Entrada		
Llenado de Tubería	80	%
Área mojada	0.007	m ²
h/D	0.08	m
Theta	4.43	rad
Perímetro mojado	0.22	m
Radio Hidráulico	0.03	m
Rugosidad (n)	0.009	
Pendiente	0.17	%

b) Diseño del Desbaste

El diseño de la línea de desbaste y rejillas parte de la elección de una sola línea, a pesar de que se recomienda tener dos, debido al caudal bajo y que será de tipo de limpieza manual, se seleccionó una sola línea. Los datos de entrada se detallan en la Tabla 23.

Tabla 23

Datos Iniciales para el Diseño de Rejillas.

Datos Iniciales del Desbaste		
# Líneas	1	
Q línea	0.0020	m ³ /s
Ancho de barrotes (d)	0.01	m
Separación de barrotes (e)	0.02	m
Espesor de barrotes (z)	0.03	m
Coefficiente de seguridad	0.10	
% Atascamiento	40	%

Coeficiente de seguridad (0,1 para rejillas finas, 0.3 para rejillas gruesas); porcentaje de atascamiento obtenido de Metcalf & Eddy (40% a 60% para rejillas finas).

Sección necesaria

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0020 [m^3/s]}{0.6 [m/s]} \quad (3.10)$$

$$A = \frac{Q}{V} = 0.003 \text{ m}^2$$

Dimensión mínima

Considerando que el desbaste será un cuadrado de base y altura iguales.

$$L = \sqrt{A} = 0.06 \text{ m} \quad (3.11)$$

Altura Sumergida

La altura sumergida fue escogida, tomando en cuenta que el canal debe ser limpiado, una dimensión de 4 cm no sería la adecuada para esto por lo cual se escoge un valor de 25 cm, mayor al mínimo.

$$h = 0.25 \text{ m}$$

Coeficientes K1, K2 y K3

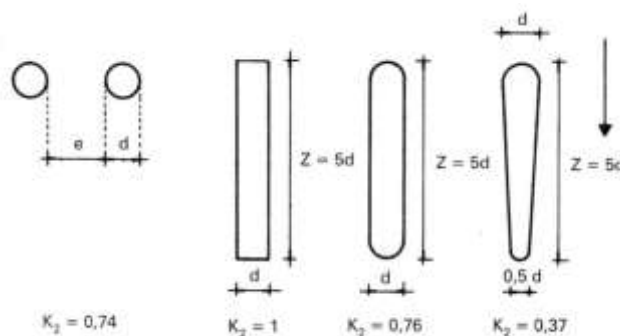
Los coeficientes son usados para estimar el nivel del agua aguas arriba de las rejillas teniendo en cuenta las pérdidas locales por fricción y contracción o expansión del flujo. El coeficiente K1 (coeficiente de pérdida de carga por entrada o contracción del flujo) se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$K1 = \left(\frac{100}{100 - \%atascamiento} \right)^2 = 2.78 \quad (3.12)$$

El coeficiente K_2 depende del área bloqueada y forma de los barrotes, en este diseño se usarán barrotes rectangulares con el valor de 1 como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Valores de K_2 según la forma del barrote



Fuente: https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12612/mod_resource/content/

Finalmente, el valor de k_3 se obtiene usando la tabla presentada en la Figura 17, donde mediante doble interpolación, se obtuvo un valor de 0.86. Los valores se resumen en la Tabla 24.

Figura 17

Valores de K_3 en función del espacio entre barrotes (e), ancho de barrotes (d), el espesor (z) y la altura sumergida (h)

	$\frac{e}{e+d}$									
$\frac{z}{4} \left(\frac{2}{e} + \frac{1}{h} \right)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0	245	51,5	18,2	8,25	4,0	2,0	0,97	0,42	0,13	0
0,2	230	48	17,4	7,70	3,75	1,87	0,91	0,40	0,13	0,01
0,4	221	46	16,6	7,40	3,60	1,80	0,88	0,39	0,13	0,01
0,6	199	42	15	6,60	3,20	1,60	0,80	0,36	0,13	0,01
0,8	164	34	12,2	5,50	2,70	1,34	0,66	0,31	0,12	0,02
1	149	31	11,1	5,00	2,40	1,20	0,91	0,29	0,11	0,02
1,4	137	28,4	10,3	4,60	2,25	1,15	0,58	0,28	0,11	0,03
2	134	27,4	9,90	4,40	2,20	1,13	0,58	0,28	0,12	0,04
3	132	27,5	10,0	4,50	2,24	1,17	0,61	0,31	0,15	0,05

Fuente: https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12612/mod_resource/content/

Tabla 24

Resumen coeficientes K1, K2 y K3.

K1	2.78
K2	1
K3	0.86

Nivel de Aguas Arriba de la Rejilla

$$\Delta H = K_1 K_2 K_3 \frac{V_c^2}{2g} \quad (3.13)$$

$$\Delta H = 0.04 \text{ m}$$

Ancho necesario

$$W = \frac{Q_{max}}{V_r D} \left(\frac{d + e}{e} \right) + C \quad (3.14)$$

Donde:

V_r = Velocidad máxima (m/s) igual a 1 m/s.

D = Nivel aguas arriba de la rejilla a caudal máximo (Altura sumergida + Nivel de aguas arriba de la rejilla).

C = Coeficiente de seguridad.

$$W = 0.11 \text{ m}$$

Debido a que este valor es muy pequeño, se escoge una sección mayor que pueda garantizar un espacio adecuado para la limpieza y mantenimiento. Sin embargo, al verificar la velocidad con la sección de 35x35 cm, esta resulta en 0.07 m/s, muy por debajo de la mínima de 0.4 m/s para garantizar la autolimpieza del canal. Por lo cual, será necesario agregar una pendiente mínima para aumentar la velocidad a través de la gravedad actuante, con la ecuación de Manning, teniendo un coeficiente de rugosidad del hormigón de 0.013, se obtiene una pendiente mínima de 0.13%. En la Tabla 25 se resume la configuración de las líneas de desbaste.

$$S = \left(\frac{v \times n}{(Rh)^{2/3}} \right)^2 \times 100 \quad (3.15)$$

Tabla 25

Resumen de las líneas de desbaste.

Datos Iniciales del Desbaste		
# Líneas	1	
Q línea	0.0023	m3/s
Ancho de barrotes (d)	0.01	m
Separación de barrotes (e)	0.02	m
Espesor de barrotes (z)	0.03	m
Número de barrotes	10	un
Ancho del canal	0.35	m
Altura del canal	0.35	m
Altura de rejillas	0.25	m
Longitud del canal	0.60	m
Área del canal	0.09	m2
Pendiente	0.15	%

3.1.3.2 Desarenador

El desarenador tiene la función de eliminar las partículas de arena que pueden causar abrasión y obstrucción en la planta depuradora. Tomando en cuenta el caudal por línea y el diámetro de la partícula de arena, de la cual fue seleccionada una de 0.03 cm que de acuerdo con la Figura 18, presenta una velocidad horizontal nula (V_c) de 0.04, velocidad horizontal (V_c') de 0.03 y velocidad crítica de arrastre de partícula depositada (V_h) de 0.32, se calculan las dimensiones mínimas de esta.

Figura 18

Datos de sedimentación de partículas.

d	cm	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,10	0,20	0,30	0,50	1,00
V_c	cm/s	0,2	0,7	2,3	4,0	5,6	7,2	15	27	35	47	74
V_c'	cm/s	0	0,5	1,7	3,0	4,0	5,0	11	21	26	33	
V_h	cm/s	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

Fuente: https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12612/mod_resource/content/

Tabla 26

Resumen de velocidades de la partícula de diseño.

V_c (m/s)	0.04
V_c' (m/s)	0.03
V_h (m/s)	0.32

a) Sección transversal

$$Sh = \frac{Q}{V_c} \quad (3.16)$$

$$Sh = \frac{0.0023}{0.04} = 0.06 \text{ m}^2$$

b) Sección Vertical

$$Sv = \frac{Q}{Vh} \quad (3.17)$$

$$Sv = \frac{0.0023}{0.32} = 0.072 \, m^2$$

c) Sección Transversal

Las secciones no pueden ser cuadradas, por lo que las longitudes de base y altura deben diferir, además que deben guardar una relación de 1 a 5; adoptando el valor inicial intermedio de 3, se obtienen los valores de ancho y altura.

$$1 < \frac{a}{h} < 5$$

$$a = 3h$$

$$Sv = ah = 0.007$$

$$a = \frac{0.007}{h}$$

$$0.007 = 3h^2$$

$$h = 0.05 \, m$$

$$a = 0.15 \, m$$

d) Sección Longitudinal

$$Sh = aL = 0.06 \, m^2$$

$$L = 0.40 \, m$$

e) Volumen del Desarenador

$$V = ahL = 0.003 \, m^3 \quad (3.18)$$

f) Tiempo de retención

$$T_{ret} = \frac{V}{Q} \quad (3.19)$$

$$T_{ret} = \frac{0.003}{0.0023} = 1.21 \text{ s}$$

El tiempo de retención mínimo debería ser mínimo un minuto o 60 segundos, por lo cual se necesita un redimensionamiento, el cual se obtuvo de los valores a partir del tiempo sugerido; las medidas se presentan en la Tabla 27.

g) Volumen necesario

$$V = Q \times T_{ret}$$

$$V = 0.14 \text{ m}^3$$

Con este valor mínimo, se proponen nuevas medidas en la tabla 27.

Tabla 27

Resumen del desarenador.

Dimensiones del Desarenador		
Ancho	0.90	m
Altura	0.25	m
Longitud	0.60	m
Tiempo de retención	70.03	s
Velocidad del flujo	0.69	cm/s

Con la velocidad de flujo, se confirma que no excede las velocidades de la partícula necesarias para que se sedimenten, de forma que pueden caer al fondo sin riesgos de arrastres hacia las siguientes etapas de depuración.

3.1.4 Depuración Secundaria

El objetivo de la depuración secundaria es eliminar los sólidos, los cuales en su mayoría son los causantes de la turbidez del agua. Estas partículas logran sedimentarse a través de químicos floclulantes que desestabilizan los enlaces que los mantienen suspendidos, de forma que se reagrupan, aumentando su masa y cayendo más rápido debido a la gravedad.

3.1.4.1 Concentración Óptima de Coagulante.

Para estimar cuál será la dosis de coagulante óptima para las aguas residuales hospitalarias que el sistema de depuración recibirá, se utilizó el test de jarras. Para esto, se definieron seis concentraciones de sulfato de aluminio para preparar las soluciones con 1000 ml de muestra en cada vaso de precipitación; luego, estas fueron sometidas a un proceso de agitación rápida y lenta, para finalmente sedimentarse. Los resultados se presentan en la Tabla 28 y su comportamiento en la Figura 19.

Tabla 28

Concentraciones de coagulador.

Soluciones		
Concentración 1	10	mg/L
Concentración 2	20	mg/L
Concentración 3	30	mg/L
Concentración 4	40	mg/L
Concentración 5	50	mg/L
Concentración 6	60	mg/L

a) Agitación Rápida

Los vasos se colocaron en el floclulador para agitar la muestra a 100 rpm por un minuto.

b) Agitación Lenta

La muestra se agitó a 35 rpm por 20 minutos para permitir la formación de flóculos.

c) Sedimentación

Una vez terminada la agitación, la muestra se dejó reposar por 20 minutos.

Se midió la turbidez inicial y final para estimar el porcentaje de eficiencia a través de la ecuación 3.20 (ver Tabla 29).

$$\%Eficiencia = \frac{T_o - T_f}{T_f} \quad (3.20)$$

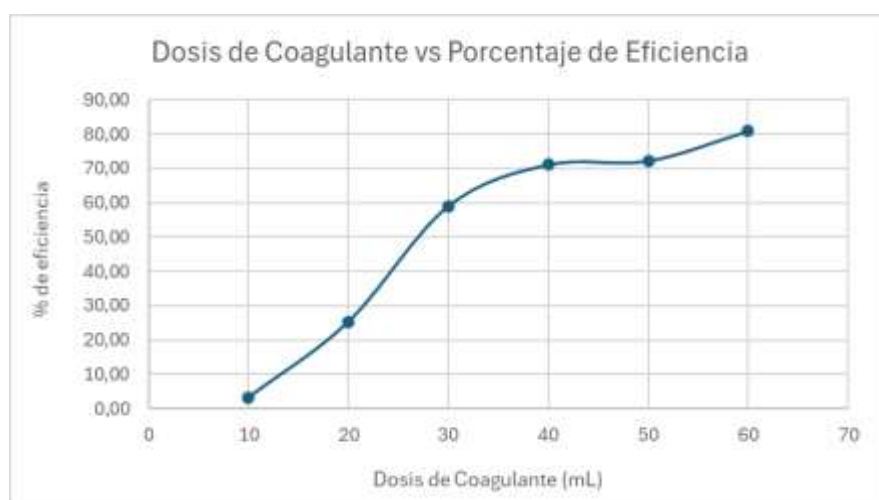
Tabla 29

Porcentajes de eficiencia de las soluciones con coagulante.

Porcentaje de Eficiencia				
Jarra	Concentración	To	Tf	%Eficiencia
1	10	532	462	13.16%
2	20	548	409	25.36%
3	30	520	213	59.04%
4	40	591	171	71.06%
5	50	320	89.1	72.16%
6	60	365	70	80.82%

Figura 19

Comportamiento de la eficiencia de remoción según coagulante.



Se observa que a medida que se agrega más coagulante, la turbidez disminuye, sin embargo, aún con la mayor cantidad de coagulante, la turbidez final sigue siendo muy alta en comparación a la permitida por la normativa (20 NTU)

Para este diseño, se usará la dosis de 20 mg/L, ya que no se ven grandes variaciones con las mayores concentraciones, además de que el tren de depuración posterior también permitirá eliminar la DQO y turbidez restante, así mismo, debido a que se busca una solución compacta, también se prevé evitar la generación de lodos excesivos al usar más químicos.

3.1.4.2 Dosificación del Coagulante

$$D_{coag} = Q \times dosis \quad (3.21)$$

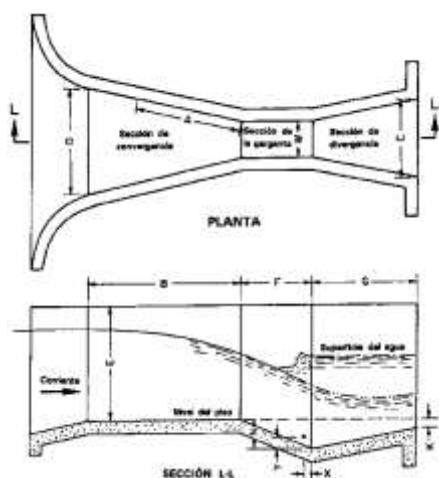
$$D_{coag} = 1.31 \frac{L}{s} (3600 \frac{s}{h}) \times 20 \frac{mg}{L}$$

$$D_{coag} = 94.32 \text{ g/hora}$$

El coagulante necesita ser mezclado rápidamente con el agua para reaccionar y luego flocular, en este caso, no se usará un tanque de mezcla rápida, sino que se logrará la mezcla a través de un resalto hidráulico producido por una canaleta Parshall, de forma que se reducirá el espacio requerido para la planta depuradora. Tal y como se muestra en la Figura 20, este tipo de canaleta genera una turbulencia natural al pasar de un régimen supercrítico a subcrítico y permite mezclar el coagulante sin usar agitadores mecánicos.

Figura 20

Esquema en corte transversal y planta de la canaleta Parshall.



Fuente: <https://www.fao.org/4/t0848s/t0848s06.htm>

3.1.4.3 Diseño de la Canaleta Parshall

a) Selección de la Canaleta

Según el caudal, se escogió el tipo de canaleta mostrado en la Tabla 30.

Tabla 30

Tipo de canaleta en el mercado según capacidad.

Tamaños de Canaletas Parshall			
Ancho de garganta	K	n	Capacidad (L/s)
2.5 (1'')	0.055	1.55	0.3-5
5 (2'')	0.110	1.60	0.6-13
7.6 (3'')	0.176	1.67	0.8-55
15.2 (6'')	0.381	1.58	1.5-110
22.9 (9'')	0.535	1.53	2.5-250
30.5 (12'')	0.690	1.522	3.1-455
45.7 (18'')	1.054	1.528	4.3-700

Fuente: <https://www.carlinhosnica.com/>

El Canal seleccionado será de 1'' con un ancho de garganta de 2.50 cm, las dimensiones de este canal, se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32

Dimensiones de la canaleta escogida.

A	36.30
B	35.60
C	9.30
D	16.80
E	22.90
F	7.60
G	20.30
K	1.90
N	2.90

Fuente: <https://www.carlinhosnica.com/>

Como se observa en la Tabla 32, la canaleta consta de tres partes, la sección convergente, la garganta y la sección divergente, en las cuales debe estimarse las alturas y velocidades del flujo con el fin de determinar que efectivamente se produzca el resalto hidráulico necesario para la mezcla rápida.

b) Altura del Flujo en la Sección Convergente

$$H_o = \left(\frac{Q}{K}\right)^{1/n} \quad (3.22)$$

$$H_o = \left(\frac{Q}{K}\right)^{1/n}$$

$$H_o = 0.08 \text{ m}$$

c) Ancho del flujo en la Sección Convergente

$$D' = \frac{2(D - W)}{3} + W \quad (3.23)$$

$$D' = 0.12 \text{ m}$$

d) Velocidad en la Sección Convergente

$$V_o = \frac{Q}{A} \quad (3.24)$$

$$V_o = 0.12 \text{ m/s}$$

e) Caudal Específico en la Garganta

$$q = \frac{Q}{W} \quad (3.25)$$

$$q = 0.05 \frac{\text{m}^3}{\text{s} - \text{m}}$$

f) Velocidad en la Garganta

$$V_a = \frac{Q}{H_o \times W} \quad (3.26)$$

$$V_a = 0.56 \text{ m/s}$$

g) Carga Hidráulica en la Garganta

$$E_o = \frac{V_a^2}{2 \times g} + H_o + N \quad (3.27)$$

$$E_o = 0.13 \text{ m}$$

h) Altura antes del Resalto Hidráulico

Por conservación de la energía y asumiendo que no existe pérdidas debido a fricción, se mantiene entonces que la energía en la garganta será la misma para la sección antes del salto hidráulico.

$$Eo = E2 \quad (3.28)$$

$$0.13 = \frac{q^2}{2 \times g \times H2^2} + H2$$

Debido a que se obtiene una ecuación polinómica de tercer orden, se calculan las tres raíces, en este caso se escoge el mínimo valor positivo, debido a que en este punto se da la altura más baja antes de que la altura se eleve debido a la turbulencia del resalto.

$$H2 - 1 = 0.12 \text{ m}$$

$$H2 - 2 = -0.02 \text{ m}$$

$$H2 - 3 = 0.03 \text{ m}$$

i) Velocidad antes del Resalto Hidráulico

$$V2 = \frac{q}{H2} \quad (3.29)$$

$$V2 = 1.54 \text{ m/s}$$

j) Número de Froude antes del Resalto Hidráulico

$$F = \frac{V2}{\sqrt{g \times H2}} \quad (3.30)$$

$$F = 2.84$$

k) Altura después del Resalto Hidráulica

$$Hr = \frac{H2}{2} (\sqrt{1 + 8F^2} - 1) \quad (3.31)$$

$$Hr = 0.11 \text{ m}$$

l) Velocidad Después del Resalto Hidráulico

$$Vr = \frac{q}{Hr} \quad (3.32)$$

$$Vr = 0.43 \text{ m/s}$$

m) Número de Froude Después del Resalto Hidráulico

$$F = 0.42$$

Al realizar la comparación de los números de Froude antes y después del resalto, se observa que se pasa de un flujo supercrítico a subcrítico, condición necesaria para generar el resalto hidráulico.

n) Altura en la Sección Divergente

$$H_c = H_r - (N - K) \quad (3.33)$$

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

o) Velocidad en la Sección de Salida

$$V_a = \frac{Q}{C \times H_c} \quad (3.34)$$

$$V_a = 0.13 \text{ s}$$

p) Pérdida de Carga

$$H_f = H_o + K - H_c \quad (3.35)$$

$$H_f = 0.01 \text{ m}$$

q) Tiempo de Mezcla en el Resalto Hidráulico

$$T = \frac{2 \times G}{V_r + V_c} \quad (3.36)$$

$$T = 0.72 \text{ s}$$

r) Gradiente de Velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{H_f}{T}} \quad (3.37)$$

Donde, el primer término se basa en la temperatura del agua, se escogió el valor relacionado a 22°C:

Figura 20

Valores de coeficiente de acuerdo con la temperatura.

Temperatura (°C)	$\sqrt{\nu/\mu}$
0	2.336,94
4	2.501,56
10	2.736,53
15	2.920,01
20	3.114,64
25	3.266,96

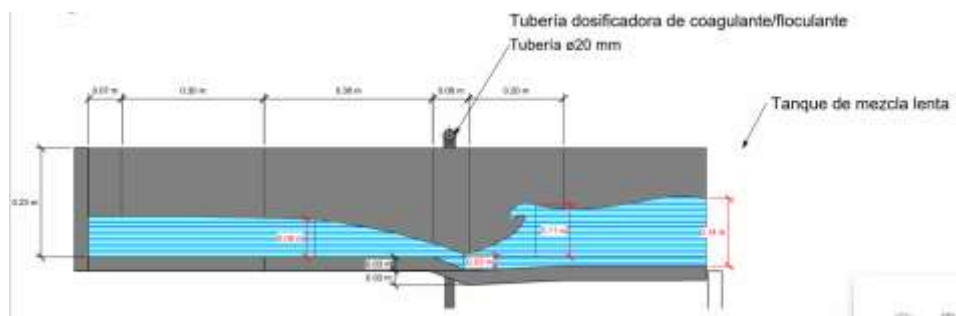
Fuente: <https://www.carlinhosnica.com/>

Por lo cual:

$$G = 266 \text{ s}^{-1}$$

Figura 20

Modelo 3D de Canaleta Parshall.



3.1.4.4 Dimensionamiento del Tanque de Mezcla Lenta

Se dimensiona de la misma manera, pero considerando un tiempo de retención de 20 minutos.

$$V = 1.39 \text{ m}^3$$

$$L = 1.12 \text{ m}$$

La longitud escogida será 1.15 m.

3.1.4.5 Volumen del Flóculo

Escogiendo un diámetro de partícula de 0.01 cm, un factor de eficiencia entre partículas de 1, y el gradiente de velocidad de 35 s⁻¹, se determina la siguiente ecuación:

$$\Omega = \frac{\pi d_i^3 (n_i)}{6} \quad (3.38)$$

Donde:

Di : diámetro de la partícula.

Ni: Gradiente de velocidad.

$$\Omega = 0.0052 \text{ cm}^3/\text{L}$$

3.1.4.6 Tiempo Medio de Floculación

$$T_{\text{med}} = \frac{-\pi \ln(0.95)}{4\alpha\Omega\bar{G}} \quad (3.39)$$

Donde:

α : Factor de eficiencia de colisión de partículas.

$\bar{G}$: Gradiente de velocidad (s-1).

$$T_{\text{med}} = 0.22 \text{ s}$$

3.1.4.7 Tamaño de la Partícula Fractal

Con el tamaño de la partícula fractal, se define el volumen fractal, lo cual permite determinar la velocidad de sedimentación y poder ajustar las dimensiones de los floculadores o sedimentadores.

$$V_{\text{agregado}} = \frac{4}{3}\pi(0.315)^3 \frac{N_{\text{departagreg}}}{\text{porosidad}} \quad (3.40)$$

$$Da = 2\left(\frac{3}{4\pi}V_{\text{agregado}}\right)^{1/3}$$

Donde:

$N_{\text{departagreg}}$: Número de partículas que conforman el agregado (se toma el valor de 100)

Da: Diámetro del agregado.

Porosidad: 0.4 para flóculos.

$$V_{\text{agregado}} = 32.73 \times 10^{-13} L$$

$$D_a = 4 \times 10^{-6} m$$

3.1.4.8 Velocidad de sedimentación

Usando la ecuación de la Ley de Stokes:

$$V_s = \frac{g \times d^2 (\rho_p - \rho_f)}{18\mu} \quad (3.41)$$

Donde:

g : gravedad (9.81 m/s).

$\rho_p - \rho_f$: Diferencia entre la densidad de la partícula (1050 kg/m³) y la densidad del agua (1000 kg/m³).

μ : Viscosidad dinámica del agua a 20°C (1.002 x 10⁻³ Pa-s).

$$V_s = 0.00027 m/s$$

3.1.4.9 Dimensionamiento de las propelas de agitación

a) Longitud de Propelas

De acuerdo con las sugerencias en varias bibliografías, este debe ser igual a 2/3 de la altura total interna de cada tanque.

$$H_{\text{propelas}} = \frac{2 \times H_{\text{total}}}{3} \quad (3.42)$$

Tanque floculador

$$H_{\text{propelasf}} = 0.77 m$$

b) Diámetro de las Propelas

$$T_e = \sqrt{\frac{4 \times A_{\text{plana}}}{\pi}} \quad (3.43)$$

$$D_{\text{propelas}} = 0.45 T_e$$

Donde:

Te: Ancho total de la cámara

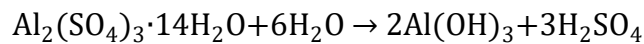
Aplana: Área plana del tanque.

Tanque floculador

$$D_{propelas} = 0.60 \text{ m}$$

3.1.4.10 Volumen de Lodos Producidos

Se estima que, por cada kilogramo de sulfato de aluminio utilizado, se generan 0.55 kg de lodo seco. A través de la siguiente reacción:



En el que:

- El coagulante tiene una masa molar de 594.14 g/mol.
- La reacción produce 77.98 g/mol de hidróxido de aluminio (155.96 por 2 moles)

De forma que:

$$\text{Residuos generados} = \text{Dosis} \times Q \quad (3.44)$$

$$\text{Residuos generados} = 20 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{155.96 \text{ g Al(OH)}_3}{594.14 \text{ g Al}_2(\text{SO}_4)_3} \times 1.31 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$\text{Residuos generados} = 0.005 \frac{\text{g Al(OH)}_3}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 0.59 \frac{\text{kg Al(OH)}_3}{\text{día}}$$

Sin embargo, esta es sólo la carga debido a los residuos del coagulante, por lo que se calcula la carga de sólidos precipitada, tomando en cuenta que la eficiencia ronda el 60%.

$$\text{Carga de sólidos} = 172 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \text{eficiencia} \times Q$$

$$\text{Carga de sólidos} = 172 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ kg}}{100000 \text{ mg}} \times 0.60 \times 1.31 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} = 11.67 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Sin embargo, este es el valor de lodo seco generado. Así que se usa la ecuación 3.45:

$$Volumen\ de\ lodo\ húmedo = \frac{lodo\ generado}{\%sólidos \times \rho_{lodo}} \quad (3.45)$$

El contenido de lodos, se estima que es del 2% y su densidad es de 1500 kg/m³.

$$Volumen\ de\ lodo\ húmedo = 0.41\ m^3/día$$

Se consideró que este ocupará el 25% del sedimentador, por lo cual, el volumen del sedimentador designado para los lodos será de 49 m³, de forma que con la relación de estos valores se obtuvo el tiempo de purga de 30 días.

3.1.4.11 Diseño del Sedimentador

El sedimentador, se añadirá como una extensión del floculador. Las bibliografías proponen que los lodos deben ocupar del 15 al 25% del volumen del tanque si no existe extracción mecánica continua, en este caso la extracción se dará a través de hidrocleaners.

a) Tiempo de Purga

Se estima un tiempo de purga de lodos de 30 días, de forma que se reduzcan los gastos de OPEX por limpieza con Hidrocleaners.

b) Volumen Mínimo del Sedimentador

$$V_s = \frac{Volumen\ de\ lodo\ húmedo \times 100}{30} \quad (3.46)$$

$$V_s = 49\ m^3$$

Se asumió una profundidad útil de 2.50 metros, un ancho de 3.5 metros y largo 5.6 metros, obteniendo un volumen de 49 m³.

a) Carga sobre vertedero

$$C_s = \frac{Q}{perímetro} \quad (3.47)$$

$$C_s = 0.59 \frac{m^3}{m - hora}$$

Tabla 33

Resumen del diseño del Sedimentador.

Dimensiones del Sedimentador		
Borde libre	0.20	m
Altura total	2.70	m
Largo	5.60	m
Ancho	3.50	m
Volumen	49.0	m ³

3.1.5 Depuración Cuaternaria

Para el final del tren depurador, se propusieron cuatro lechos filtrantes diferentes, los dos primeros se encargarán de reducir la turbiedad y la carga de sólidos remanentes de los procesos anteriores a través del uso de grava y arena y los lechos de zeolita y carbón activado que reducen la carga de amonio y contaminantes emergentes, respectivamente.

El primer lecho filtrante, también denominado de múltiples etapas, presenta unidades variadas que son seleccionada en base a las características del agua cruda a depurar; entre ellos consta la filtración gruesa dinámica (FGDi), la cual consta de una capa de grava fina sobre una de grava gruesa y un sistema de drenaje en el fondo; la filtración gruesa (FG) que consiste en un lecho cuyas partículas reducen su tamaño con la dirección del flujo y la filtración lenta en arena (FLA), que posee un lecho de arena fina sobre una capa de arena gruesa.

El modelo para la selección de depuración en múltiples etapas se observa en la Figura 21. Los subíndices representan la velocidad de filtración recomendada en m/h y todas incluyen FGDi y FLA con velocidades de filtración de 2 y 0.15 m/h, respectivamente.

Figura 21

Modelo para la selección de un sistema de depuración por múltiples etapas

Coliformes Fecales (UFC/100 ml)	Turbiedad (UNT)	< 10	10-20	20-50	50-70 (*)
	Color Real (UC)	< 20	20-30	30-40	30-40 (*)
< 500	Sin FGA		FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}
500 - 10000		FGAC _{0.6}	FGAC _{0.6}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}
10000 - 20000 (*)		FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAC _{0.45}	FGAS _{3.0.3}

Fuente:

<http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>

Así, para nuestro caso de estudio, se selecciona el FGAC (Filtro grueso ascendente en capas), con una velocidad de 0.45 m/h.

3.1.5.1 Diseño del Filtro Grueso Ascendente en Capas

a) Lecho filtrante

La granulometría recomendada y el espesor de capas se detallan a continuación en la Figura 22:

Figura 22

Granulometría y espesor de capas de acuerdo con el lecho filtrante escogido.

Lecho Filtrante (mm)	Altura (m)					
	FGAC	FGAS 2		FGAS 3		
		1	2	1	2	3
19 - 25	0.30*	0.30*		0.30*	0.20*	
13 - 19	0.20 - 0.30	0.30 - 0.45	0.20*	0.15	0.15*	0.15*
6 - 13	0.15 - 0.20	0.30 - 0.45	0.15*	0.45 - 0.75	0.15*	0.15*
3 - 6	0.15 - 0.20		0.30 - 0.45		0.40 - 0.70	0.15*
1.6 - 3	0.10 - 0.20		0.25 - 0.40			0.45 - 0.75
Total (m):						
• Soporte	0.30	0.30	0.35	0.30	0.50	0.45
• Lecho Filt.	0.60 - 0.90	0.60 - 0.90	0.55 - 0.85	0.60 - 0.90	0.40 - 0.70	0.45 - 0.75

Fuente:

<http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>

La estructura del lecho filtrante será entonces:

Tabla 34

Capas del lecho filtrante.

Capas del Lecho filtrante	
Granulometría (mm)	Altura (m)
20	0.30
15	0.20
10	0.15
5	0.15
2	0.10

Por lo cual la altura total del lecho será de 0.90 metros.

b) Área Superficial

$$As = \frac{Q}{N \times Vf} \quad (3.48)$$

Donde:

N: Número de unidades (1 para este caso)

Vf: Velocidad de filtración (0.45 m/h)

$$As = 9.25 \text{ m}^2$$

Las dimensiones seleccionadas son: 2.40 de ancho y 3.90 de largo. Sin embargo, al ser un lecho muy grande, y nuestra limitación es el espacio, se decide el uso de filtros a presión, por lo cual se recalcula el área superficial con una velocidad de 15 m/h, siendo de 0.28 m². Para mejorar la distribución de presiones a través de este, se selecciona un filtro redondo.

Tabla 35

Resumen del dimensionamiento del lecho de grava ascendente en capas.

Dimensionamiento del Lecho de Grava		
Diámetro	0.60	m
Altura	0.90	m

3.1.5.2 Filtro lento de Arena

a) Selección de parámetros

El filtro de arena lenta se diseña en base a los criterios mostrados en la Figura 23.

Figura 23

Criterios de diseño para filtro lento de arena.

Criterios de Diseño	Valores Recomendados
Altura de arena (m)	
Inicial	1.00
Mínima	0.50
Diámetro efectivo (mm)	0.15 - 0.35
Coefficiente de uniformidad	
Aceptable	< 3
Deseable	1.8 – 2.0
Altura del lecho de soporte, incluye drenaje (m)	0.1 – 0.3

Fuente:

<http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>

Se seleccionó una altura de 0.50 metros, diámetro efectivo de 0.15 mm y la velocidad de filtración será de 0.15 m/hora.

b) Área superficial

Usando la ecuación 3.28, se obtuvo un área superficial necesaria de 27.8 m², por lo cual, aplica el mismo criterio, usando en cambio una velocidad de 10 m/h.

Tabla 36

Resumen del dimensionamiento del lecho de arena.

Dimensionamiento del Lecho de Arena		
Diámetro	0.75	m
Altura	0.50	m

3.1.5.3 Lecho Filtrante de Zeolita

Con una velocidad de filtración de 8 m/h (siendo común entre 4 y 8 m/h) y una altura de 50 cm (siendo común rangos de 40 a 80 cm)

Tabla 37

Resumen del dimensionamiento del lecho de zeolita

Dimensionamiento del Lecho de Zeolita		
Diámetro	0.80	m
Altura	0.50	m

3.1.5.4 Lecho Filtrante de Carbón Activado

Con una velocidad de filtración de 10 m/h (siendo común entre 4 y 10 m/hora) y la altura de 60 cm (rangos de 50 a 100 cm)

Tabla 38

Resumen del dimensionamiento del lecho de carbón activado.

Dimensionamiento del Lecho de Carbón activado		
Diámetro	0.75	m
Altura	0.60	m

Para mejorar la eficiencia de espacio, estos se dispondrán en dos módulos con dos capas, el primer módulo será de los filtros de arena y grava, con un diámetro de 0.75 m, y el segundo

módulo de zeolita y carbón activado, con un diámetro de 0.75 m. Ambos módulos tendrán una altura de 1.10 metros en total.

Tabla 39

Resumen del dimensionamiento de los lechos filtrantes.

Diseño de Lechos Filtrantes			
Módulo 1			
Capa de Arena	0.50	m	
Capa de Grava	0.90	m	
Altura Total	1.40	m	
Diámetro	0.75	m	
Módulo 2			
Capa de zeolita	0.50	m	
Capa de Carbón activado	0.60	m	
Altura Total	1.10	m	
Diámetro	0.75	m	

Figura 21

Filtro de grava y arena.

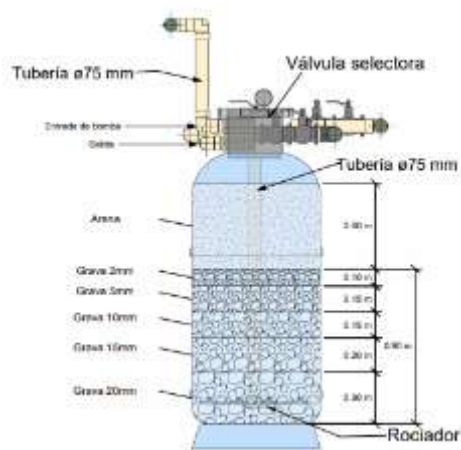
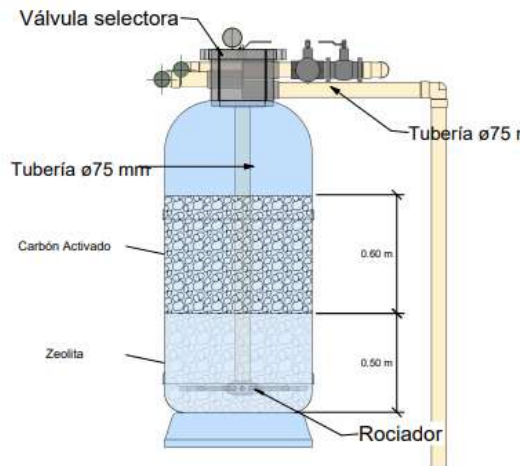


Figura 22

Filtro de zeolita y carbón activado.



3.1.5.5 Cisterna de Agua Depurada

Finalmente, el agua depurada se depositará en una cisterna, de la cual, y en contexto de economía circular, se extraerá el agua para uso del hospital en el riego y lavado de pisos, así mismo, se usará parte del agua para reutilizarla en el sistema y realizar el retro lavado de los filtros con el fin de evitar su colmatación, aumentar su tiempo de vida útil y no afectar su eficiencia de . Considerando un tiempo de almacenamiento de 6 horas, el volumen necesario será de 25 m³, por lo cual las medidas seleccionadas para cumplir con esto serán:

Tabla 38

Dimensiones de la Cisterna.

Dimensiones de la Cisterna		
Altura	2.5	m
Ancho	2.5	m
Largo	4.00	m
Volumen	25	m ³

3.1.6 Cárcamo de bombeo

Comúnmente, las aguas residuales provenientes de las descargas se van acumulando en el sistema de alcantarillado propio del sitio de análisis, hasta juntarse e ingresar directamente a una planta depuradora por gravedad. Sin embargo, en este proyecto es necesario diseñar un sistema de bombeo debido a que la planta depuradora comienza sus operaciones primarias sobre el nivel de piso, lo que hace imprescindible impulsar las aguas residuales desde la cisterna de recepción. Para el diseño de este sistema es necesario partir de los caudales ya calculados en apartados anteriores.

$$Q_d = 1.31 \frac{L}{s}$$

$$Q_{mh} = 2.05 \frac{L}{s}$$

$$Q_{min} = 0.97 \frac{L}{s}$$

3.1.6.1 Periodos de retención

Periodo de retención máxima

De acuerdo con recomendaciones técnicas obtenidas de bibliografía como la de los autores Metcalf & Eddy, el tiempo máximo que pueden permanecer las aguas residuales dentro del cárcamo de bombeo antes de ser impulsadas hacia el desbaste es de 30 minutos.

$$T1 = 30 \text{ min}$$

Por otro lado, la cantidad de veces que el volumen útil del cárcamo se vacía y se llena en una hora de operación, por recomendaciones es de 20 por hora. El período de retención mínima en un cárcamo de bombeo corresponde al tiempo más corto que tarda en renovarse completamente el volumen útil del cárcamo, y está directamente relacionado con el número de renovaciones por hora.

$$T2 = \frac{60}{T1}$$

$$T2 = 3 \text{ min.}$$

a) Coeficiente K

$$K = \frac{Q_{mh}}{Q_{min}} \quad (3.49)$$

$$K = 1.61$$

b) Coeficiente a'

$$a' = \frac{T1}{T2} \quad (3.50)$$

$$a' = 10$$

c) Coeficiente K'

$$K' = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (3.51)$$

$$K'1 = -0.78$$

$$K'2 = 1.66$$

d) Caudales de bombeo amplificados

$$Qb1 = K1 \cdot Q_{min} \quad (3.52)$$

$$Qb1 = -0.75 \frac{L}{s}$$

$$Qb2 = K2 \cdot Q_{min}$$

$$Qb2 = 1,61 \frac{L}{s}$$

e) Volúmenes de cámara de bombeo

$$V1 = \frac{T2 \cdot Q_{mh} \cdot (K1 - 1)}{(K1 + K - 1)} \quad (3.53)$$

$$V1 = 3.01 \, m^3$$

$$V2 = \frac{T2 \cdot Q_{mh} \cdot (K2 - 1)}{(K2 + K - 1)}$$

$$V2 = 0.08 \, m^3$$

f) Caudal de bombeo y volumen útil de cámara

El caudal de bombeo y volumen de cámara de diseño son los mínimos absolutos correspondientes de cada coeficiente

$$Qb = 0.75 \frac{L}{s}$$

$$V = 0.08 \, m^3$$

g) Dimensiones de cámara

Las dimensiones deberán satisfacer el volumen útil de diseño y a su vez disponer del espacio adecuado para mantenimiento. Se calcula para una geometría rectangular.

$$Ancho_{asumido} = 0.50 \, m$$

$$Largo_{asumido} = 0.50 \, m$$

$$Altura_{\acute{u}til} = 0.55 \, m$$

Tabla 40

Dimensiones de la cámara.

Dimensiones finales	
Ancho	0.5 m
Largo	0.5 m
Altura	0.55m

h) Diámetro de impulsión y succión

$$D_i = 1.3 \cdot \left(\frac{N}{24} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot \sqrt{Q_b} \quad (3.54)$$

Donde:

N: Horas de bombeo

$$D_i (\text{demanda}) = 0.03 \text{ m}$$

Se asume un diámetro de impulsión y sección comercial de 4", el cual es el mínimo para aguas residuales.

$$D_{com-imp} = 160 \text{ mm}$$

$$D_{com-suc} = 160 \text{ mm}$$

i) Cálculo de pérdidas de carga

$$V_{media} = \frac{4Q_b}{\pi \cdot D_{com-imp}^2} \quad (3.55)$$

$$V_{media} = 0.04 \text{ m/s}$$

$$V_{suc} = \frac{4Q_b}{\pi \cdot D_{com-suc}^2}$$

$$V_{suc} = 0.04 \text{ m/s}$$

j) Pérdida de Carga por fricción

$$h_f = \left(\frac{Q_b}{0.2785 \cdot C \cdot D_{com}^{2.63}} \right)^{1.85} \cdot L \quad (3.56)$$

Donde:

L: Longitud de tubería

C: Constante de Hazen-Williams para PVC equivalente a 140

Dcom: Diámetro comercial

k) Pérdida de Carga por Succión

$$h_{f-s} = \left(\frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 \cdot 140 \cdot 0.16 \text{ m}^{2.63}} \right)^{1.85} \cdot 0.7 \text{ m}$$

$$h_{f-s} = 0.00001 \text{ m}$$

l) Pérdida de Carga por impulsión

$$h_{f-i} = \left(\frac{0.0008 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 \cdot 140 \cdot 0.16 \text{ m}^{2.63}} \right)^{1.85} \cdot 2 \text{ m}$$

$$h_{f-i} = 0.00003 \text{ m}$$

Pérdida de carga local

$$h_F = \sum K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (3.57)$$

Donde:

K: Coeficiente de pérdida local

V: Velocidad del flujo

g: Gravedad

Succión

Cálculo de coeficiente de pérdida local total

$$K_{total} = K \cdot \text{Cantidad de accesorios} \quad (3.58)$$

Tabla 41*Pérdidas de Carga por Succión.*

SUCCIÓN					
Accesorios	Cant	K	Ktotal	V(m/s)	Hi (m)
Codo de 90	3	0.4	1.2	0.04	0.00009
Válvula de Check	1	2.5	2.5	0.04	0.00018
Total					0.00027 m

Tabla 42*Pérdidas de Carga por Impulsión.*

IMPULSIÓN					
Accesorios	Cant	K	Ktotal	V(m/s)	Hi (m)
Codo de 90	1	0.4	0.4	0.04	0.00003
Válvula de Check	1	2.5	2.5	0.04	0.00018
Total					0.00021 m

Por lo que la pérdida de carga total es

$$h_F = 0.001m$$

Altura dinámica total

$$HDT = H_s + CTf - CTi + h_{total} + P_s \quad (3.59)$$

Donde:

HDT: Altura dinámica total

hf Total: Pérdida de cargas totales en tubería

Ps: Presión de salida, dado que se descarga en un tanque abierto, la presión es 0

Hs: Altura de succión de válvula de hasta eje de bomba

CTf: Cota de terreno al final

CTi: Cota del eje de la bomba

$$HDT = 0.70m + (3.59 - 0.00)m + 0.0001m + 0.00m$$

$$HDT = 4.291m$$

Potencia de consumo de la bomba

$$P_c(HP) = \frac{\rho_{agua} \cdot Q_b(m^3/s) \cdot HDT(m)}{75 \cdot \eta_b} \quad (3.60)$$

Donde:

nb: Eficiencia de la bomba

$$P_c(HP) = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.0008 \frac{m^3}{s} \cdot 4.291m}{75 \cdot 78\%}$$

$$P_c(HP) = 0.06 HP$$

Potencia instalada de la bomba

$$P_i(HP) = \frac{\rho_{agua} \cdot Q_b(m^3/s) \cdot HDT(m)}{75 \cdot \eta_b \cdot Nb}$$

Nb: Eficiencia del motor

$$P_i(HP) = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 0.0008 \frac{m^3}{s} \cdot 4.291m}{75 \cdot 78\% \cdot 83\%}$$

$$P_i(HP) = 0.07 HP$$

Tabla 43

Resumen del Cárcamo de Bombeo.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de bombeo	0.75	l/s

Volumen útil de bombeo	0.08	m3
Diámetro de impulsión	160	mm
Diámetro de succión	160	mm
Potencia de consumo de bomba	0.06	HP
Potencia instalada de bomba	0.5	HP

El proceso de selección se repite para las bombas de impulsión hacia filtros (Ver Tabla 44) y la bomba de retro lavado (ver Tabla 45).

Tabla 44

Resumen de la Bomba de Impulsión hacia los filtros.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de bombeo	0.77	l/s
Volumen útil de bombeo	0.09	m3
Diámetro de impulsión	75	mm
Diámetro de succión	75	mm
Potencia de consumo de bomba	0.04	HP
Potencia instalada de bomba	0.50	HP

Tabla 45

Resumen de la Bomba de retro lavado de los filtros.

Parámetro	Valor	Unidad
Caudal de bombeo	2.44	l/s

Volumen útil de bombeo	0.23	m3
Diámetro de impulsión	75	mm
Diámetro de succión	75	mm
Potencia de consumo de bomba	0.11	HP
Potencia instalada de bomba	0.50	HP

3.1.7 Bomba dosificadora

Para la selección de bomba dosificadora se parte de la dosis de coagulante calculado de 40mg/L y del caudal máximo horario de 2.05 l/s.

3.1.7.1 Dosis máxima de coagulante

$$D_{max} = Q_{hm} \times Dosis \quad (3.61)$$

$$D_{max} = 294.82 \text{ g/h}$$

3.1.7.2 Caudal de bombeo

Se asume una concentración de 1% de químico debido al bajo caudal de la planta.

$$Q_{bombeo} = \frac{D_{max}}{Concentración}$$

$$Q_{bombeo} = 0.0082 \text{ L/s}$$

$$Q_{bombeo} = 29.48 \text{ L/h}$$

De acuerdo con el proveedor Hidroconta se escoge la bomba modelo M15-25 con un caudal máximo soportado de 52 L/h.

Figura 24

Modelos de bomba dosificadora.

Modelo	Golpes por l*	Caudal máx l/h	Presión máx 01 bar	Bocas 01	Presión máx 03 bar	Bocas 03
M 15 - 25	60	26	30	3/8" Gm	10	3/8" Gf
M 15 - 25	120	52	30	3/8" Gm	10	3/8" Gf
M 15 - 38	60	61	13	1/2" Gm	10	1/2" Gf

3.1.7.3 Porcentaje de Remoción del Tren depurador

Para estimar la eficiencia del tren depurador, se determina en la Tabla 46 los intervalos de porcentaje de remoción de cada uno de los procesos y operaciones unitarias por parámetro medido según diferentes fuentes.

Tabla 46

Porcentaje promedio de remoción por proceso.

Parámetro	Desbaste	Desarenador	C-F	FA	FG	FZ	FCA
SST	0%	0-10%	60-90%	60-90%	30-50%	40-90%	10-30%
DBO ₅	0%	0-5%	50-80%	10-20%	10-20%	20-30%	30-50%
DQO	0%	0-5%	40-60%	10-30%	10-30%	30-80%	50-90%
Turbidez	0%	0-10%	60-99%	70-90%	50-75%	60-75%	40-70%
Amonio	0%	0%	0-10%	10-30%	5-10%	70-95%	40-70%
Coliformes							
Fecales	0%	0%	10-40%	50-60%	20-30%	30-40%	0%
Contaminantes							
Emergentes	0%	0%	5-10%	5-10%	5-10%	60-95%	80-90%
Fuente	Metcalf & Eddy	Metcalf & Eddy	Abuda & Nirmala, 2019	Maiyo et al., 2023	El-Taweel & Ali, 2000	Ocampo et al., 2022	Elkhashab et al., 2017

Se presenta en la Tabla 47, los porcentajes promedio de remoción teórica de cada fase del tren de depuración escogida para este proyecto.

Tabla 47

Porcentaje seleccionado de remoción por proceso.

Parámetro	Desbaste	Desarenador	C-F	FA	FG	FZ	FCA
SST	5%	0%	60%	60%	30%	40%	10%
DBO ₅	0%	0%	20%	10%	10%	20%	30%
DQO	0%	0%	30%	20%	20%	30%	50%
Turbidez	0%	10%	25%	70%	50%	60%	40%
Amonio	0%	0%	10%	10%	5%	80%	40%
Coliformes Fecales	0%	0%	10%	50%	20%	30%	0%
Contaminantes Emergentes	0%	0%	10%	5%	5%	60%	80%

Con la ecuación 3.49, se estima la carga de cada parámetro después de cada proceso.

$$C_{\text{proceso}} = C_{\text{proceso anterior}} (1 - \% \text{remoción del proceso}) \quad (3.62)$$

Tabla 48

Carga de cada Parámetro después de cada proceso.

Parámetro	Carga	Desbaste	Desarenador	C-F	FA	FG	FZ	FCA
SST	172	163.4	163.4	65	26	18	11	10
DBO ₅	12.18	12.2	12.2	10	9	8	6	4
DQO	350	350	350	245	196	157	110	55
Turbidez	419	419	377.1	283	85	42	17	10
Amonio	32.58	32.6	32.6	29	26	25	5	3

Coliformes Fecales	430	430	430	387	194	155	108	108
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

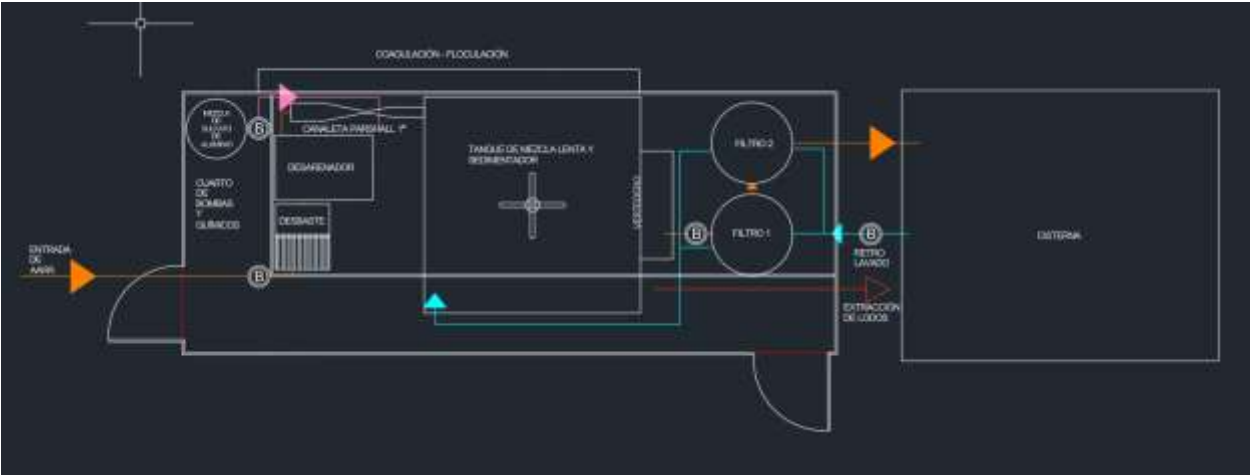
Con estos valores, se verifica que pueden ser usados para retorno a la zona de rompientes, para riego, y también para riego agrícola.

Tabla 49
Tabla Comparativa de Máximos Permisibles y Carga Final.

Parámetros	Unidad	Zona de Rompiente		Carga Final
		LMP	LMP	
SST	mg/L	250	-	10
DBO ₅	mg/L	200	-	4
DQO	mg/L	400	-	55
Turbidez	NTU	20	-	10
Amonio	mg/L	-	5	5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2000	1000	33

Fuente: TULSMA

Figura 25
Esquema de la PDAR.



Capítulo 4

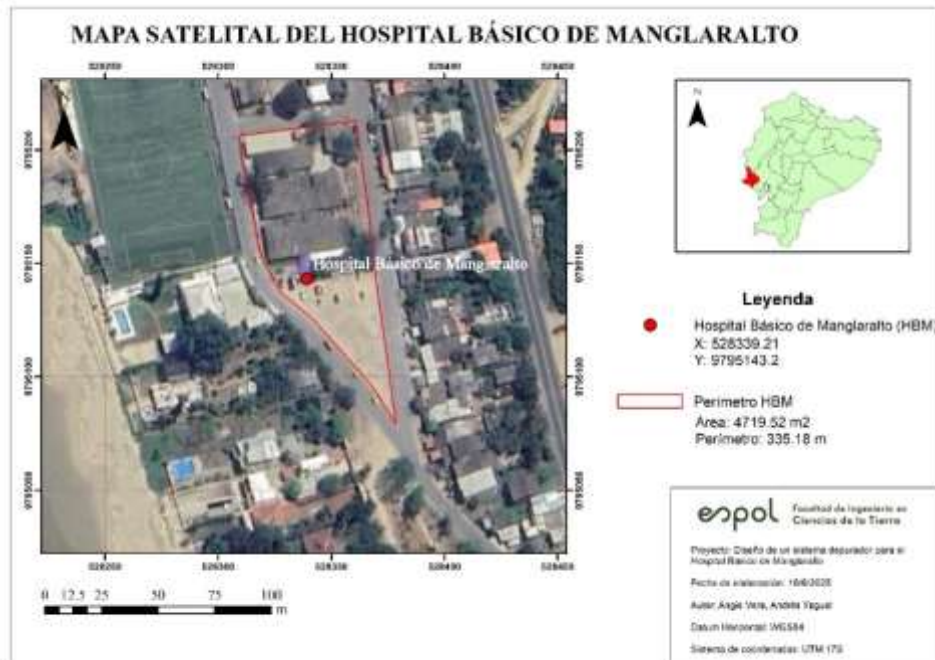
4. ANÁLISIS AMBIENTAL

4.1 Descripción del proyecto

El análisis ambiental se realiza con el fin estimar los posibles impactos ambientales causados por la implementación del proyecto. Esto permite proporcionar una descripción detallada de la implementación de las actividades de mitigación y compensación que serán necesarias tanto en la fase de construcción, así como en la fase de operación y mantenimiento para que el proyecto produzca la menor afectación posible. En la Figura 26 se muestra la delimitación del perímetro de la zona de estudio para el análisis ambiental, así como la ubicación en el territorio ecuatoriano.

Figura 26

Mapa de ubicación.



Para el análisis ambiental se utilizó la valoración ambiental, que tiene como objetivo calificar los impactos positivos o negativos que cualquier obra civil deja en la naturaleza. En ese contexto es cuando adquiere una mayor importancia el realizar un análisis ambiental para

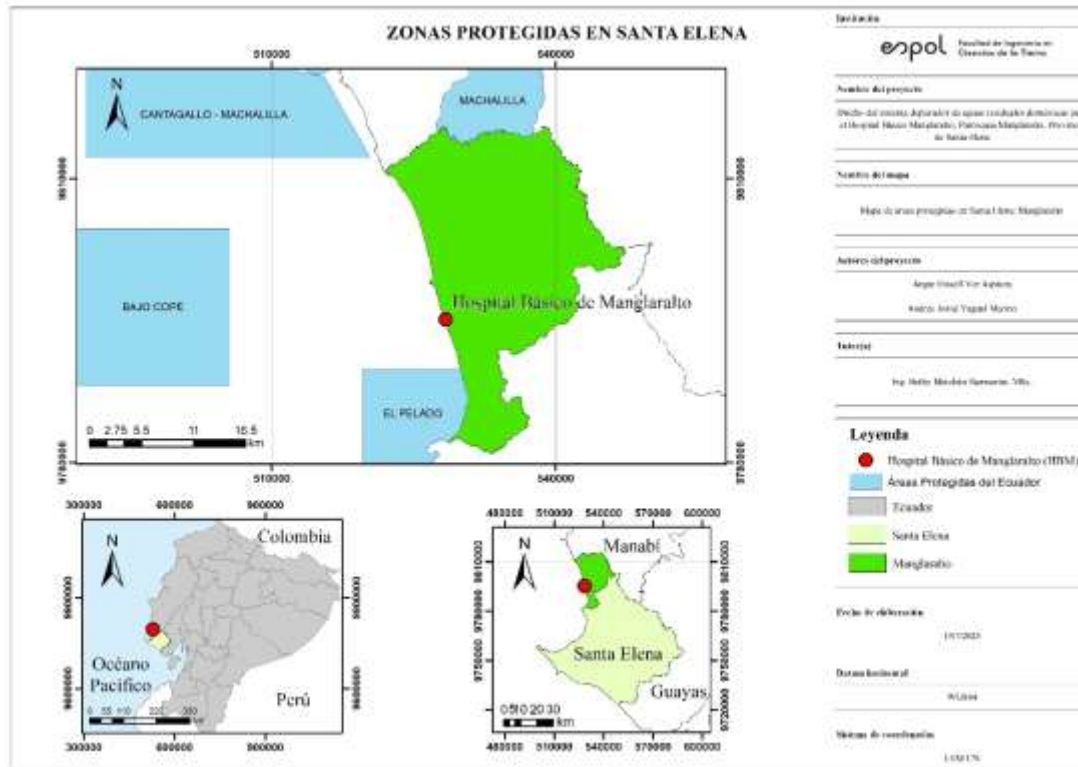
cuantificar los impactos producidos en todas las etapas de un proyecto. Así, se evalúan distintos escenarios que puedan presentarse para establecer medidas preventivas y de mitigación adecuadas para cada actividad. Este análisis requiere un estudio de los ecosistemas cercanos, la calidad del agua depurada por el sistema, el crecimiento de la población (demografía).

4.2 Intersección con áreas protegidas

De acuerdo con la revisión geoespacial proporcionada por la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales, la zona destinada para la implementación del sistema de depuración de aguas residuales no se encuentra dentro de ninguna área protegida del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), ni forma parte de áreas de conservación y uso sostenible, bosques protectores o zonas de amortiguamiento ambiental reconocidas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. La Figura 27 presenta la ubicación del hospital, el mapa muestra que la zona de estudio se encuentra fuera de las áreas protegidas (marcadas de color celeste).

Figura 27

Mapa de ubicación de zonas protegidas del Ecuador.



4.3 Cumplimiento con ODS

Respecto a los ODS, este proyecto guarda concordancia con el ODS 3 (Salud y Bienestar), el ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y el ODS 11 (Comunidades Sostenibles). Esto debido a su objetivo de garantizar una depuración idónea del efluente, favoreciendo a los ecosistemas acuáticos y promoviendo la reutilización de agua depurada. De igual manera, se reduce considerablemente el área de implementación de la planta adaptándose al espacio disponible en el sitio del proyecto.

4.4 Línea base ambiental

Constituye el comienzo para la identificación y evaluación de los impactos que el proyecto generará en su entorno. Su propósito es describir con claridad las condiciones actuales. A través de este análisis se espera obtener una comprensión detallada del estado de los componentes

ambientales y aspectos sociales relevantes, lo cual permitirá comparar los cambios que puedan presentarse durante las fases de construcción y operación.

Los factores ambientales que afectarán el proyecto se dividen en dos categorías: factores bióticos y abióticos. Los factores bióticos son todos los que hacen referencia a los seres vivos presentes en el entorno, que interactúan de manera directa o indirecta con el medio a través de elementos como el suelo, clima o recursos hidrográficos que condicionan su supervivencia. Estos organismos van desde microorganismos hasta el propio ser humano, cuya presencia constituye un indicador del estado del ambiente en el que habitan.

Los factores abióticos, son los componentes físicos y químicos como la temperatura, humedad, forma del terreno, composición del suelo, aire y agua que son esenciales para mantener los procesos biológicos. Estos factores son los que regulan la energía, materia y las condiciones para que los organismos puedan subsistir.

En conjunto, forman un sistema interdependiente, cuyo conocimiento es indispensable para identificar los riesgos y prever impactos al construir, urbanizar o usar los recursos que alterarán el equilibrio entre estos factores.

4.4.1 Medio Biofísico

4.4.1.1 Clima

De acuerdo con el PDyOT de Santa Elena (2023), el clima en la zona de estudio se clasifica como DdA', lo que indica que presenta un índice hídrico seco (D), una variación estacional de humedad mínima o con leve exceso (d), y un régimen térmico caracterizado por temperaturas cálidas (A') (Gobierno Descentralizado Parroquial de Manglaralto, 2023). La Figura 28 resalta las zonas climáticas presentes en la provincia de Santa Elena.

Figura 28

Zonas climáticas de Santa Elena.



Nota: Recuperado de PDyOT 2023 de la provincia de Santa Elena.

Manglaralto presenta un régimen climático definido por dos estaciones, lluviosa de enero a mayo, y seca de junio a diciembre, cada una con una duración aproximada de seis meses. En la época lluviosa, la temperatura media mensual oscila entre 19.6°C y 25.3°C, con valores pico en marzo con 28,2°C. Durante este mismo periodo las precipitaciones alcanzan sus valores más altos con un máximo de 161mm en febrero y una frecuencia de lluvia de hasta 14 días al mes (Climate Data.org, 2021).

Por otro lado, la humedad relativa se mantiene elevada, llegando a un valor máximo de 86% en mayo. La estación seca, se caracteriza por temperatura medias bajas, que varían entre 21,5°C y 23,3°C. Se presentan una disminución en las precipitaciones con mínimos de hasta 15mm en agosto, así como también únicamente de 2 a 4 días de lluvia por mes. En conjunto, la parroquia de Manglaralto posee una temperatura media anual de 24°C y una humedad relativa promedio del 83% (Climate Data.org, 2021).

4.4.1.2 Aire

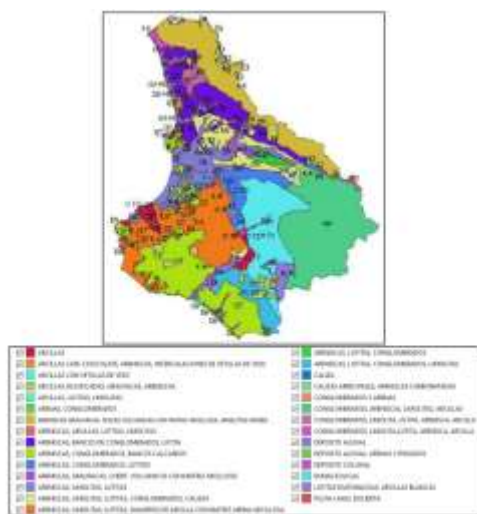
La calidad del aire en la parroquia Manglaralto se encuentra dentro de rangos aceptables para la salud humana, sin registros de contaminación severa. Según datos de la plataforma AccuWeather el índice de calidad del aire suele mantenerse en niveles buenos a moderados, con valores promedio alrededor de 43°C, aunque ocasionalmente puede alcanzar niveles de hasta 52 °C, considerados moderadamente perjudiciales para personas sensibles. Estos niveles están asociados a la presencia de partículas finas en suspensión (PM2.5), principalmente durante la estación seca, cuando la reducción de lluvias y el aumento de vientos pueden incrementar la concentración de polvo ambiental (AccuWeather, 2025).

4.4.1.3 Suelo

En Manglaralto, estudios realizados indican la presencia de suelo franco, franco arcilloso y franco-arcillo limoso (Gobierno Descentralizado Parroquial de Manglaralto, 2023) que favorecen la captación de agua debido a su permeabilidad y porosidad, lo que ha impulsado la recolección de agua potable mediante pozos. La Figura 29 resalta la distribución geotécnica del suelo en la provincia de Santa Elena.

Figura 29

Tipos de suelo.



Nota: Recuperado del PDyOT 2023 de Santa Elena

4.4.1.4 Agua

La cuenca hidrográfica del río Manglaralto es de gran importancia para el cantón Santa Elena ya que provee de agua superficial y subterránea para el abastecimiento doméstico, riego y uso turístico. Está compuesto por tres subcuencas principales, los ríos Manglaralto, Simón Bolívar y Cadeate. La subcuenca del río Manglaralto es la más representativa dentro del área del proyecto, siendo un recurso hídrico vital para las comunidades locales. Durante la estación húmeda (de diciembre a mayo), existe escorrentía superficial significativa con un déficit hídrico anual de 389mm de precipitación y 1250mm de evapotranspiración, lo que resalta la dependencia local de las aguas subterráneas (Catuto Quinde et al., 2020).

4.4.1.5 Percepción visual del entorno

Durante los recorridos de campo realizados al pozo ciego del Hospital Básico de Manglaralto, se constató la presencia de olores intensos a aguas residuales crudas en los alrededores de este. Esta percepción fue evidente en varias ocasiones, tanto en un primer recorrido, destinado a la verificación visual de las condiciones del pozo, como en un segundo, cuando se procedió con la recolección de muestras de aguas residuales. Además, se observó una notable presencia de moscas en los alrededores del pozo, incluso antes de proceder con su apertura. Al momento de destaparlo, la concentración de estos insectos aumentó significativamente.

4.4.1.6 Fauna

La avifauna costera es la más destacada entre la biodiversidad local. Durante estudios realizados entre diciembre de 2019 y febrero de 2020 en los manglares de Manglaralto y Olón, se registraron un total de 17 especies de aves pertenecientes a 8 familias, comprobándose que la familia Ardeidae (garzas) fue la más representativa en abundancia y diversidad en Manglaralto. Las especies más frecuentes incluyeron *Phalacrocorax brasilianus*, *Nyctanassa violacea* y *Ardea alba*, reflejando tanto la presencia de aves residentes como migratorias (Pigauve & Pezo, 2020).

Además de las aves, los ecosistemas de manglar albergan una basta diversidad en fauna acuática y terrestre, las cuales aportan valor socioeconómico a la comunidad y son clave dentro del equilibrio biológico. Entre las especies más relevantes se encuentran peces estuarinos, crustáceos, moluscos y mamíferos (Cornejo, 2014). Se presenta una tabla a continuación de la fauna registrada en la zona. La Tabla 5050 muestra un resumen de las especies identificadas en Manglaralto de acuerdo con las fuentes antes citadas.

Tabla 50

Fauna registrada en Manglaralto

Grupo	Familia / Género	Nombre científico	Nombre común
Aves	Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca
	Nycticoracidae	<i>Nyctanassa</i>	Garza nocturna
		<i>violacea</i>	coroninegra
	Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Cormorán neotropical
Crustáceos	Ucididae	<i>Ucides occidentalis</i>	Cangrejo rojo
	Portunidae	<i>Callinectes</i>	Jaiba azul, jaiba nadadora
		<i>arcuatus, C.</i>	
		<i>toxotes</i>	
Moluscos	Penaeidae	<i>Litopenaeus spp.</i>	Camarones blancos
	Arcidae /	<i>Anadara</i>	Concha prieta, mejillón, ostra, almeja
	Mytilidae /	<i>tuberculosa,</i>	
	Ostreidae /	<i>Mytella</i>	
	Veneridae	<i>guyanensis,</i>	

		<i>Crassostrea</i>	
		<i>columbiensis,</i>	
		<i>Protothaca sp.</i>	
Peces	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	Lisa
	Sciaenidae	<i>Cynoscion albus</i>	Corvina blanca
	Centropomidae	<i>Centropomus spp.</i>	Robalo
	Lutjanidae	<i>Lutjanus sp.</i>	Pargo
Mamíferos	Procyonidae	<i>Procyon</i> <i>cancrivorus</i>	Mapache cangrejero

Nota: Recuperado de Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador, Cornejo, 2014

4.4.1.7 Medio socioeconómico

Desde el año 2023, el hospital está destinado a atender a una población referencial en salud de aproximadamente 79.000 habitantes, provenientes de la parroquia Manglaralto, Colonche y sectores del sur de la provincia de Manabí. El Hospital se encuentra en una zona rural de la parroquia, caracterizada por un desarrollo limitado en cuanto a infraestructura y servicios públicos. Las familias de la zona suelen depender de actividades como la pesca artesanal y el turismo ocasional en su mayoría (Ron & Arévalo, 2021).

4.5 Actividades del proyecto

El proyecto se organiza en dos etapas fundamentales. La primera (A) corresponde a la construcción, que comprende labores necesarias para implementar la infraestructura del sistema depurador, desde la excavación y cimentación hasta la instalación y puesta en marcha de los equipos. La segunda etapa (B) se divide en actividades de operación y mantenimiento, enfocadas

a garantizar el funcionamiento continuo y el cumplimiento de la eficiencia estimada en el diseño.

La Tabla 5151 presenta en detalle las actividades de ambas etapas.

Tabla 51

Actividades del proyecto.

A.	Construcción
1	Movimiento de tierras
	1.1 Excavación
	1.2 Remoción de concreto
	1.3 Logística para disposición de desechos y aprovechamiento de residuos
	1.4 Implementación de medidas para manejo de aguas lluvias en obra
2	Cimentación y Superestructura
	2.1 Fundición de cimentación
	2.2 Estructuras temporales
	2.3 Fundición de losa
	2.4 Reubicación e instalación de tuberías
	2.5 Construcción de cisterna para almacenamiento y reúso de agua depurada para riego o descarga técnica
	2.6 Instalación de sistema de ventilación pasiva
3	Instalación de equipos
	3.1 Montaje general del sistema de depuración (Planta Compacta)
	3.1 Instalación de rejilla de desbaste y desarenador
	3.2 Instalación de sistema de coagulación–floculación con dosificadores químicos
	3.3 Construcción e instalación de sedimentador
	3.4 Instalación de filtros de arena, zeolita y carbón activado
	3.5 Instalación de bomba de recirculación y sistemas de conducción
	3.6 Conexión entre módulos prefabricados

B	Operación y Mantenimiento
4	Uso de la infraestructura
	4.1 Generación de desechos sólidos de depuración preliminar (rejas y rejillas)
	4.2 Dosificación de coagulantes y floculantes en el sistema
	4.3 Generación y secado de lodos
	4.4 Monitoreo de parámetros del efluente depurado antes de la descarga
	4.5 Reutilización del agua depurada para riego de áreas verdes o descarga técnica
5	Mantenimiento
	5.1 Retiro periódico de residuos de depuración preliminar y lodos del sedimentador
	5.2 Logística para disposición de residuos de la depuración preliminar
	5.3 Mantenimiento de bombas, válvulas y dosificadores químicos
	5.4 Mantenimiento eléctrico
	5.5 Limpieza y recambio de medios filtrantes (arena, zeolita, carbón activado)
	5.6 Desinfección periódica de ambientes
6	Evaluación de impacto ambiental continuo

4.6 Identificación de impactos ambientales

Identificar los impactos ambientales permite valorar su magnitud e importancia para orientar la aplicación de medidas que garanticen la sostenibilidad del proyecto, y contribuyan a minimizar los impactos negativos sobre el área de implementación de la planta. A continuación, se describen las actividades con los impactos detectados.

A. Construcción

En esta etapa se contemplan todas las actividades requeridas para la implementación de la infraestructura del sistema depurador que permitirá la depuración eficiente de las aguas residuales hospitalarias generadas por el Hospital Básico de Manglaralto. Esta etapa abarca los procesos necesarios para asegurar el funcionamiento

sostenible del sistema, desde el punto crítico del área donde se implantará, la instalación de los componentes, hasta las estructuras de base que permitirán su operación a largo plazo.

1) Movimiento de tierras

La fase de movimiento de tierras es un paso fundamental para la preparación del área designada para la instalación del sistema depurador en el hospital. Esta etapa comprende labores como excavación y la intervención del pozo ciego actual, cuya estructura deberá ser demolida para liberar y aprovechar espacios. De igual manera, se realizará la recolección y disposición adecuada de residuos generados.

Tabla 52

Actividades en fase de movimiento de tierras.

Actividad	Descripción	Impactos ambientales
1.1 Excavación	Remoción del suelo para preparar el terreno donde se ubicará la planta.	Generación de polvo, ruido, alteración de hábitat superficial, riesgo de erosión.
1.2 Remoción de concreto	Retiro de estructuras existentes de concreto para liberar el área.	Generación de escombros, polvo, consumo energético, posible contaminación del suelo.
1.3 Logística para disposición de desechos y aprovechamiento de residuos	Planificación del transporte y depuración adecuada de residuos.	Emisión de CO ₂ por transporte, riesgo de mala disposición.

1.4 Implementación de medidas para manejo de aguas lluvias en obra	Instalación de zanjas, canales o cubiertas temporales.	Reducción de escorrentías contaminadas, posible afectación a la infiltración natural.
---	--	---

2) Cimentación y superestructura

La cimentación representa las bases que soportarán el sistema depurador asegurando la estabilidad para el funcionamiento en el periodo de diseño.

Tabla 53

Actividades en fase de cimentación y superestructura.

Actividad	Descripción	Impactos ambientales
2.1 Fundición de cimentación	Colocación de concreto para formar las bases estructurales.	Uso intensivo de agua y cemento, generación de CO ₂ , residuos de construcción.
2.2 Estructuras temporales	Construcción de muros de contención y encofrados	Consumo de materiales, ruido y polvo, generación de residuos.
2.3 Fundición de losa	Elaboración de losas para soporte de módulos o equipos.	Emisiones por maquinaria, consumo de recursos, generación de residuos.
2.4 Reubicación e instalación de tuberías	Instalación subterránea de conducciones hidráulicas.	Alteración del suelo, generación de escombros, posible afectación de vegetación.

2.5 Construcción de cisterna	Construcción de tanque para almacenar agua depurada.	Consumo de materiales, ocupación de espacio, riesgo de filtraciones si hay fallas.
2.6 Instalación de sistema de ventilación pasiva	Implementación de ductos o aberturas para ventilación natural.	Alteración visual.

3) Instalación de equipos

Esta fase asegura el correcto posicionamiento, ensamblaje y conexiones, permitiendo un funcionamiento integral y asegurar el cumplimiento de las eficiencias calculadas.

Tabla 54

Actividades en fase de instalación de equipos.

Actividad	Descripción	Impactos ambientales
3.1 Montaje general del sistema de depuración (planta compacta)	Instalación de módulos prefabricados del sistema.	Ruido, tránsito de maquinaria, generación de residuos temporales.
3.2 Instalación de rejilla de desbaste y desarenador	Colocación de equipos de depuración preliminar.	Consumo eléctrico, generación de residuos sólidos.
3.3 Instalación de sistema de coagulación–floculación	Montaje de tanques y dosificadores químicos.	Riesgo de manejo inadecuado de reactivos, generación de lodos químicos.

3.4 Construcción e instalación de sedimentador	Implementación de tanque para decantación.	Uso de materiales, consumo de espacio, generación futura de lodos.
3.5 Instalación de filtros de arena, zeolita y carbón activado	Montaje de sistema de filtración avanzada.	Generación de residuos filtrantes, posible manipulación de materiales finos.
3.6 Instalación de bomba de recirculación y sistemas de conducción	Colocación de equipos para mover y distribuir agua.	Consumo energético, riesgo de fugas o mal funcionamiento.
3.7 Conexión entre módulos prefabricados	Ensamblaje de las unidades para operación integral.	Ruido, uso de maquinaria, residuos menores.

B. Operación y mantenimiento

En esta fase se describen las actividades necesarias para asegurar el correcto desempeño óptimo y durabilidad del sistema a lo largo del tiempo.

4) Uso de la infraestructura

El uso adecuado de la infraestructura del sistema depurador garantiza un funcionamiento eficiente, reduciendo la probabilidad de fallos y optimizando el proceso de depuración.

Tabla 55

Actividades en fase de uso de infraestructura.

Actividad	Descripción	Impactos ambientales
4.1 Generación de desechos sólidos de depuración preliminar (rejas y rejillas)	Acumulación de sólidos gruesos retenidos por los sistemas de desbaste.	Olores, proliferación de vectores, necesidad de

disposición adecuada de
residuos.

4.2 Dosificación de coagulantes y floculantes en el sistema	Agregado controlado de productos químicos al agua residual.	Riesgo por almacenamiento y manipulación de químicos, generación de lodos.
4.3 Generación de lodos	Producción de lodos provenientes de la sedimentación.	Olores, manejo de residuos semisólidos, riesgo de lixiviados.
4.4 Monitoreo de parámetros del efluente depurado antes de la descarga	Control y seguimiento de calidad del agua depurada.	Generación de residuos menores de laboratorio, impacto positivo en prevención de descargas contaminantes.
4.5 Reutilización del agua depurada para riego de áreas verdes o descarga técnica	Uso del efluente depurado en actividades no potables.	Reducción del consumo de agua potable, posible riesgo si hay fallos en la calidad del depurado.

5) Mantenimiento

Actividades para mantener en condiciones óptimas el sistema depurador del hospital, garantizar la eficiencia en la depuración de las aguas residuales y prologar la vida útil de los equipos.

Tabla 56

Actividades en fase de mantenimiento.

Actividad	Descripción	Impactos ambientales
5.1 Retiro periódico de residuos de depuración preliminar y lodos del sedimentador	Extracción programada de sólidos acumulados en el sistema.	Olores, necesidad de transporte adecuado, riesgo de contaminación si hay fugas.
5.2 Logística para disposición de residuos de la depuración preliminar	Planificación y gestión del transporte y destino final de residuos.	Emisiones por transporte, posible mala disposición si no se controla.
5.3 Mantenimiento de bombas, válvulas y dosificadores químicos	Revisión y reparación de los equipos hidráulicos y de dosificación.	Generación de residuos menores, uso de repuestos, riesgo de fugas temporales.
5.4 Mantenimiento eléctrico	Inspección y reparación de sistemas eléctricos del depurado.	Consumo de energía, generación de residuos eléctricos o electrónicos.
5.5 Limpieza y recambio de medios filtrantes (arena, zeolita, carbón activado)	Retiro y reemplazo de materiales usados en los filtros.	Generación de residuos sólidos, necesidad de disposición adecuada de materiales contaminados.
5.6 Desinfección periódica de ambientes	Limpieza profunda para asegurar condiciones higiénicas de operación.	Uso de productos químicos, generación de residuos líquidos o empaques.

4.7 Valoración de impactos ambientales

Para identificar los impactos ambientales se usará la matriz de Leopold como herramienta, la cual representa un método estructurado para evaluar el impacto ambiental de un proyecto. Se evalúan las etapas del proyecto en relación con las condiciones ambientales existentes. De esta manera se resalta significancia de estas actividades sobre los factores ambientales como su extensión o escala en el área de estudio son aspectos fundamentales para un análisis riguroso y efectivo (Tedjio et al., 2016).

La matriz de Leopold corresponde a una herramienta utilizada para evaluar los impactos ambientales de un proyecto, tanto positivo como negativos de acuerdo con (Boris, 2020). Esta metodología considera diversos criterios, entre ellos la extensión, duración y reversibilidad de los impactos. La extensión se refiere al área afectada por el impacto, que puede derivarse como puntual, particular, local, generalizada o regional. La duración está relacionada con el tiempo que persiste el impacto, pudiendo ser esporádica, temporal, periódica, recurrente o permanente. Por último, la reversibilidad evalúa la capacidad de restaurar las condiciones originales del entorno tras la ocurrencia del impacto.

La siguiente expresión proveniente de (Boris, 2020) se utilizará para realizar la valoración de impacto ambiental.

$$Imp = (We * E) + (Wd * D) + (Wr * R) \quad (4.1)$$

Donde:

Imp= Valor de importancia del impacto ambiental

E= Criterio de extensión

We= Peso del criterio de extensión

D= Criterio de duración

Wd= Peso del criterio de duración

R= Criterio de reversibilidad

Wr= Peso del criterio de reversibilidad

Con el fin de reflejar con mayor precisión las condiciones particulares del sistema depurador, se consideró necesario ajustar los pesos asignados a los criterios de evaluación de impactos ambientales en la matriz de Leopold modificada. Inicialmente, se contempló un sistema convencional del depurado de aguas residuales, por lo que los pesos seguían una distribución más general. Sin embargo, dado que finalmente se propone implementar de una planta de depuración prefabricada tipo planta compacta, y debido a la limitada disponibilidad de espacio en el área del hospital, se modificó los pesos para representar adecuadamente los impactos asociados a esta nueva solución. Ya que muchos de los impactos podrían prolongarse durante toda la vida útil del sistema, se asignó un mayor peso al criterio de extensión (0.45). En segundo lugar, se otorga una importancia significativa a la duración (0.35), debido a que ciertos efectos, como la contaminación del suelo o la exposición a productos químicos, pueden ser difíciles o costosos de mitigar. Finalmente, se asigna un peso menor a la reversibilidad (0.20). Los pesos se muestran en la siguiente Tabla 5757.

Tabla 57

Pesos asignados.

Característica	Peso
Extensión We	0.45
Duración Wd	0.35
Reversibilidad	0.20
Total	1

El valor de impacto ambiental se calcula con los pesos definidos con la expresión XX.

$$IA = \pm \sqrt{I \times |M|} \quad (4.2)$$

Donde:

IA= Valor de Impacto Ambiental

I= Impacto generado

M= Magnitud del impacto

A partir de la ecuación mencionada se obtiene una categorización por el valor de impacto ambiental.

Tabla 58

Clasificación del impacto ambiental.

CALIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	VALOR DEL ÍNDICE DE IMPACTO AMBIENTAL (IA)
Altamente significativo	$IA \leq -6.5$
Significativo	$-4.5 \geq IA \leq -6.5$
Despreciable	$0 \geq IA \leq -4.5$
Benéfico	$IA > 0$

4.7.1 Magnitud del impacto e impacto generado (importancia)

Se asignó valores de magnitud e importancia, ambos clasificados en una escala del 1 al 10 para evaluar los impactos ambientales. La magnitud se determinó considerando dos criterios principales: la intensidad del impacto y el nivel de afectación, categorizándose en niveles bajo, medio, alto y muy alto. La importancia se evaluó en función de la duración del impacto, clasificada como temporal, media o permanente y su influencia,

que puede ser puntual, local o regional. En este sistema de valoración, los impactos positivos se expresan con valores positivos y los impactos negativos con valores negativos, lo cual permite identificar no solo la intensidad del impacto sino también su valor cualitativo dentro del entorno del proyecto.

Tabla 59

Calificación de magnitud e importancia de impactos ambientales positivos.

Impactos positivos					
Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	4	Temporal	Local	4
Media	Media	5	Media	Local	5
Media	Alta	6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	7	Temporal	Regional	7
Alta	Media	8	Media	Regional	8
Alta	Alta	9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	10	Permanente	Regional	10

Tabla 60

Calificación de magnitud e importancia de impactos ambientales negativos.

Impactos negativos					
Magnitud			Importancia		
Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia	Calificación

Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	-1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	-2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	-3
Media	Baja	-4	Temporal	Local	-4
Media	Media	-5	Media	Local	-5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	-6
Alta	Baja	-7	Temporal	Regional	-7
Alta	Media	-8	Media	Regional	-8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	-9
Muy alta	Alta	-10	Permanente	Regional	-10

Cada cuadrícula de calificación se divide en una diagonal, donde el valor de la magnitud se escribe en la esquina superior izquierda y la importancia en el opuesto, como lo indica la Figura 30.

Figura 30

Clasificación de impactos en matriz de Leopold



Nota. Fuente: (Peñaloza & Gutiérrez, 2009)

La suma de los valores por fila representa el impacto global que generan todas las actividades sobre un determinado factor ambiental. En cambio, al sumar los valores por columna

se obtiene una apreciación del efecto que cada actividad tendrá sobre el medio ambiente en su conjunto.

La Tabla 6161 muestra la matriz de Leopold referenciado los impactos ambientales del sistema depurador para el hospital de Manglaralto y los resultados de valoración final

Tabla 61

Matriz de Leopold de impactos ambientales de PDAR.

2. FACTORES AMBIENTALES SUSCEPTIBLES A ALTERARSE	COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES	1. ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																										
			CONSTRUCCIÓN																		OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO								
			1. Movimiento de tierras				2. Cimentación y Superestructura				3. Instalación de equipos										4. Uso de la infraestructura				5. Mantenimiento				
			1.1 Excavación	1.2 Remoción de concreto	1.3 Logística para disposición de desechos y aprovechamiento de	1.4 Implementación de medidas para manejo de aguas lluvias en obra	2.1 Fundición de cimentación	2.2 Estructuras temporales	2.3 Fundición de losa	2.4 Rehabilitación e instalación de tuberías	2.5 Construcción de sistema	2.6 Instalación de sistema de ventilación pasiva	3.1 Montaje general del sistema de depuración (Planta Compacta)	3.2 Instalación de rejilla de desbaste y desarenador	3.3 Instalación de sistema de coagulación-floculación	3.4 Construcción e instalación de sedimentador	3.5 Instalación de filtros de arena, zeolita y carbón activado	3.6 Instalación de bomba de recirculación y sistemas de conducción	3.7 Conexión entre módulos prefabricados	4.1 Generación de desechos sólidos de pretratamiento (rejillas y repillas)	4.2 Dosificación de coagulantes y floculantes en el sistema	4.3 Generación y secado de lodos	4.4 Monitoreo de parámetros del efluente tratado antes de la descarga	4.5 Reutilización del agua tratada para riego de áreas verdes o descarga técnica	5.1 Retiro periódico de residuos de pretratamiento y lodos del sedimentador	5.2 Logística para disposición de residuos del pretratamiento	5.3 Mantenimiento de bombas, válvulas y dosificadores químicos	5.4 Mantenimiento eléctrico	5.5 Limpieza y recambio de medios filtrantes (arena, zeolita, carbón activado)
Medio Físico	Aire	-7 8	-6 7	-5 6	-2 -3	-2 -3	-2 2	-4 4	-2 3	-2 3	2 2	-3 5	-3 5	-2 4	-3 5	-2 4	-2 4	-2 3	-3 5	-2 4	-4 6	0 1	1 3	-2 5	-2 4	-2 4	-2 4	-2 4	-2 4
	Suelo	-6 7	-5 6	-6 7	-7 2	-5 2	-3 2	-2 3	-4 4	-5 5	0 0	-6 6	-5 5	-4 5	-3 4	-4 5	-3 4	-3 4	-4 5	-5 6	-5 7	3 5	6 8	-3 6	-3 6	-3 5	-2 3	-3 5	-3 5
	Agua	-5 6	-4 5	-6 7	-3 -4	-4 -3	-4 3	-1 2	-2 3	-4 4	0 0	-5 5	-4 4	-6 6	-4 4	-3 4	-3 3	-3 3	-6 6	-7 7	-8 8	0 0	0 0	-5 7	-3 7	-3 6	-2 4	-2 4	-2 5
	Olores	-4 5	-4 5	-7 8	-2 3	-2 3	-2 1	0 0	-2 2	-6 6	4 5	-4 4	-3 3	-7 7	-4 4	-2 3	-2 3	-2 2	-5 5	-4 5	-6 7	0 0	0 0	-4 6	-4 6	-2 4	-1 2	-3 5	-1 3
	Ruido	-6 7	-3 4	-7 8	-1 2	-1 2	-2 2	-4 5	-3 3	-2 2	2 3	-4 4	-3 3	-4 4	-3 3	-2 3	-2 3	-2 2	-4 4	-3 4	-5 6	2 4	4 6	-2 4	-2 3	-2 3	-2 4	-2 4	-2 4
Medio Biótico	Flora	-7 8	-2 4	-6 7	-2 3	-2 3	-1 1	0 0	-1 2	-2 2	0 0	-3 3	-2 2	-3 3	-2 2	-1 2	-1 2	-1 1	-3 3	-2 3	-4 5	3 5	5 6	-3 3	-2 2	-1 2	-1 2	-1 3	-1 3
	Fauna	-3 5	-1 3	-4 5	-1 2	-1 2	-1 2	0 0	0 0	-1 1	0 0	-2 2	-1 1	-2 3	-1 1	0 0	0 0	0 0	-2 3	-1 2	-3 4	0 0	3 6	-3 3	-2 2	-1 2	-1 2	-1 3	-1 3
Medio Socio-Económico	Económica	-2 4	-3 5	-3 4	-1 1	-1 1	-1 2	2 5	3 5	4 5	1 2	-1 1	0 0	-1 2	0 0	1 2	1 2	1 2	-1 2	0 0	-2 3	1 3	4 5	2 4	3 5	4 6	3 5	3 6	0 0
	Social	-1 3	-4 6	-5 6	-2 3	-2 3	-1 1	1 3	2 4	2 3	1 2	4 5	3 4	3 5	3 4	2 3	2 3	2 3	3 5	3 5	4 6	2 4	5 7	1 3	2 4	3 5	2 4	2 5	2 5
	Salud Pública	-5 7	-5 7	-3 5	-1 2	-1 2	-2 2	-1 3	3 5	3 5	3 4	2 3	2 3	2 3	2 3	1 2	1 2	1 2	2 3	2 3	3 5	2 3	4 6	4 7	3 6	3 6	2 5	2 5	1 4
	Población actual y futura	-6 8	-6 8	-2 4	-1 1	-1 1	-1 1	1 3	2 4	2 4	1 2	4 5	3 4	3 4	3 4	2 3	2 3	2 3	3 4	3 4	4 6	2 4	4 6	3 6	2 5	2 5	1 4	1 4	1 4

Tabla 62

Valoración final.

COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES	1. ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																				RESULTADOS										
		CONSTRUCCIÓN										OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO																				
		1. Movimiento de tierras				2. Cimentación y Superestructura				3. Instalación de equipos						4. Uso de la infraestructura				5. Mantenimiento												
		1.1 Excavación	1.2 Remoción de concreto	1.3 Logística para disposición de desechos y aprovechamiento de residuos	1.4 Implementación de medidas para manejo de aguas lluvias en obra	2.1 Fundición de cimentación	2.2 Estructuras temporales	2.3 Fundición de bota	2.4 Rehabilitación e instalación de tuberías	2.6 Construcción de cisterna	2.7 Instalación de sistema de ventilación pasiva	3.1 Manejo general del sistema de depósitos (pastaje plano)	3.2 Instalación de rejilla de desbaste y decantador	3.3 Instalación de sistema de coagulación-floculación	3.4 Construcción e instalación de sedimentador	3.5 Instalación de filtro de arena, melita y carbón activado	3.6 Instalación de bomba de recirculación y sistema de confusión	3.7 Conexión entre módulos prefabricados	4.1 Generación de desechos sólidos de pretratamiento (resaca y rejilla)	4.2 Desfloculación de coágulos y floculantes en el sistema	4.3 Generación y uso de lodos	4.4 Monitoreo de parámetros del efluente tratado antes de la descarga	4.5 Reutilización del agua tratada para riego de áreas verdes o descarga técnica	5.1 Retiro periódico de residuos de pretratamiento y lodos del sedimentador	5.2 Logística para disposición de residuos del pretratamiento	5.3 Mantenimiento de bombas, válvulas y dispositivos químicos	5.4 Mantenimiento eléctrico	5.5 Limpieza y recambio de medios filtrantes (arena, melita, carbón activado)	5.6 Desinfección periódica de ambiente	TOTAL	NÚMERO DE ACTIVIDADES	PROMEDIO IMPACTO AMBIENTAL
Medio Físico	Aire	-7.5	-6.5	-5.5	-2.4	-2.4	-2.0	-4.0	-2.4	-2.4	2.0	-3.9	-3.9	-2.8	-3.9	-2.8	-2.4	-3.9	-2.8	-4.9	0.0	1.7	-3.2	-2.8	-2.8	-2.8	-2.8	-2.8	-83.0	28	-3.0	
	Suelo	-6.5	-5.5	-6.5	-3.7	-3.2	-2.4	-2.4	-4.0	-5.0	0.0	-6.0	-5.0	-4.5	-5.0	-3.5	-4.5	-3.5	-5.5	-5.9	3.9	6.9	-4.2	-4.2	-3.9	-2.4	-3.9	-3.9	-98.7	28	-3.5	
	Agua	-5.5	-4.5	-6.5	-3.5	-3.5	-3.5	-1.4	-2.4	-4.0	0.0	-5.0	-4.0	-6.0	-4.0	-3.5	-3.0	-6.0	-7.0	-8.0	0.0	0.0	-5.9	-4.6	-4.2	-2.8	-2.8	-3.2	-107.7	26	-4.1	
	Olores	-4.5	-4.5	-7.5	-2.4	-2.4	-1.4	0.0	-2.0	-6.0	4.5	-4.0	-3.0	-7.0	-4.0	-2.4	-2.4	-2.0	-5.0	-4.5	-6.5	0.0	0.0	-4.9	-4.9	-2.8	-1.4	-3.9	-1.7	-86.8	26	-3.3
	Ruido	-6.5	-3.5	-7.5	-1.4	-1.4	-2.0	-4.5	-3.0	-2.0	2.4	-4.0	-3.0	-4.0	-3.0	-2.4	-2.4	-2.0	-4.0	-3.5	-5.5	2.8	4.9	-2.8	-2.4	-2.4	-2.8	-2.8	-2.8	-71.6	29	-2.5
Medio Biótico	Flora	-7.5	-2.8	-6.5	-2.4	-2.4	-1.0	0.0	-1.4	-2.0	0.0	-3.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.4	-1.4	-1.0	-3.0	-2.4	-4.5	3.9	5.5	-3.0	-2.0	-1.4	-1.4	-1.7	-1.7	-51.8	27	-1.9
	Fauna	-3.9	-1.7	-4.5	-1.4	-1.4	-1.4	0.0	0.0	-1.0	0.0	-2.0	-1.0	-2.4	-1.0	0.0	0.0	0.0	-2.4	-1.4	-3.5	0.0	4.2	-3.0	-2.0	-1.4	-1.4	-1.7	-1.7	-36.1	22	-1.6
Medio Socio-Económico	Económico	-2.8	-3.9	-3.5	-1.0	-1.0	-1.4	3.2	3.9	4.5	1.4	-1.0	0.0	-1.4	0.0	1.4	1.4	1.4	-1.4	0.0	-2.4	1.7	4.5	2.8	3.9	4.9	3.9	4.2	0.0	23.2	25	0.9
	Social	-1.7	-4.9	-5.5	-2.4	-2.4	-1.0	1.7	2.8	2.4	1.4	4.5	3.5	3.9	3.5	2.4	2.4	2.4	3.9	3.9	4.9	2.8	5.9	1.7	2.8	3.9	2.8	3.2	3.2	52.0	29	1.6
	Salud Pública	-5.9	-5.9	-3.9	-1.4	-1.4	-2.0	-1.7	3.9	3.9	3.5	2.4	2.4	2.4	2.4	1.4	1.4	1.4	2.4	2.4	3.9	2.4	4.9	5.3	4.2	4.2	3.2	3.2	2.0	41.2	29	1.4
	Población actual y futura	-6.9	-6.9	-2.8	-1.0	-1.0	-1.0	1.7	2.8	2.8	1.4	4.5	3.5	3.5	3.5	2.4	2.4	2.4	3.5	3.5	4.9	2.8	4.9	4.2	3.2	3.2	2.0	2.0	2.0	47.5	29	1.6
SUMA		-59.2	-50.5	-60.0	-23.2	-22.7	-13.2	-7.4	-1.9	-8.8	16.6	-17.5	-12.5	-21.4	-13.5	-8.3	-8.9	-6.2	-20.4	-17.3	-27.5	20.4	43.5	-13.0	-6.9	-2.9	-3.3	-7.1	-10.7	-371.8	296	-1.2

4.8 Medidas de prevención/mitigación

Se sugieren medidas de prevención y mitigación para las actividades numeradas en el diseño del sistema depurador propuesto para el Hospital Básico de Manglaralto, tomando en cuenta los factores que afectan en los impactos ambientales listados anteriormente,

4.8.1 Construcción

4.8.1.1 Aire

Riego periódico de áreas destinadas a la construcción con el objetivo de minimizar el levantamiento de polvo. Esta acción evitará molestias a los habitantes de los alrededores del hospital, tanto a los que se encuentran en su hogar como lo automóviles que van pasando en las calles circundantes.

Cobertura del material al momento de la transportación para evitar su dispersión. La materia extraída para la construcción, así como el material de relleno y agregados puede ser cubierto en los camiones para evitar que las vibraciones desprendan partículas que contaminen el aire en su trayecto al sitio del proyecto o al sitio de su disposición final.

Adopción de materiales reciclados y tecnologías que reduzcan emisiones de CO₂. Utilizar materiales de proveedores que aseguren la reducción de emisiones en su fabricación.

4.8.1.2 Agua

Establecer cunetas o canales temporales para redirigir aguas lluvias y evitar arrastres de sedimentos de la construcción hacia cuerpos de agua circundantes. Puede incluir el uso de barreras físicas o sistemas de recolección.

Impermeabilizar zonas de almacenamiento de materiales peligrosos para evitar filtraciones a cuerpos de agua.

4.8.1.3 Suelo

Diseño de plan de manejo de desperdicios de construcción que anteponga la reutilización de materiales, identificando en primer lugar las construcciones circundantes al sitio del proyecto para la reducción del uso de vertederos.

4.8.1.4 Flora

Identificar la vegetación presente y aledaña al proyecto para colocación de medidas de protección como cercos o lonas transparentes de cobertura, para evitar daños.

Diseñar programa de reforestación para asegurar la restauración de áreas afectadas por los procesos detallados de tal manera que se alinee con el ecosistema local y favorezca el crecimiento de las especies endémicas de la zona.

4.8.1.5 Fauna

Evitar el abandono de residuos alimenticios en el sitio de obra que atraiga a animales en busca de alimento.

4.8.1.6 Social

Realizar capacitaciones informativas a los moradores de la zona con los hitos de la construcción para anticipar posibles molestias temporales, y asimismo informar del beneficio que la implementación de este sistema traerá a la salud general de la comunidad.

Establecer canales de comunicación para atender quejas o inquietudes con respecto a la construcción.

Priorizar la contratación de mano de obra local para generar empleos temporales y capacitaciones de nuevas tecnologías como las PDAR compactas.

Instaurar horarios restringidos para actividades que puedan causar molestias a moradores, de tal manera que sean de dominio público para no entorpecer actividades diarias de los habitantes.

4.8.1.7 Ruido

Realizar mantenimientos periódicos de equipos para reducción de vibraciones excesivas y ruidos.

Sensibilizar al personal operador para que se eviten prácticas innecesarias que generen ruidos.

4.8.1.8 Olores

Establecer una programación frecuente y estricta para el retiro de lodos, residuos de excavación y materiales orgánicos.

Evitar acumulación prolongada de materiales que puedan degradarse. Estos deben ser depurados o retirados rápidamente.

Generar plan de contingencia en caso de derrames de materiales químicos. Incluir procedimientos inmediatos de limpieza y control de olores.

4.8.2 Operación y mantenimiento

4.8.2.1 Aire

Reducir la generación de emisiones atmosféricas mediante el mantenimiento regular de bombas, sopladores y equipos que puedan liberar gases o partículas al ambiente.

Monitorear la calidad del aire alrededor de la planta para detectar olores molestos o emisiones inusuales, especialmente durante la limpieza de filtros o tanques

4.8.2.2 Agua

Verificar periódicamente la estanqueidad de tanques, tuberías y unidades de depuración para evitar fugas o derrames de aguas residuales en proceso.

Realizar un muestreo y análisis continuo del efluente depurado para asegurar el cumplimiento con la normativa ambiental de vertido en zonas costeras.

4.8.2.3 Suelo

Evitar la infiltración de aguas residuales mediante el diseño impermeable de las unidades de depuración y la inspección constante de la integridad estructural.

4.8.2.4 Flora

Evitar el uso de herbicidas para el control de vegetación dentro del área de la planta, priorizando métodos mecánicos o manuales de mantenimiento.

Establecer una franja de amortiguamiento vegetal con especies nativas que contribuya a la protección del entorno sin generar competencia o invasión.

4.8.2.5 Fauna

Limitar el acceso de animales silvestres y domésticos al área operativa de la planta mediante cerramientos físicos que eviten su exposición a contaminantes.

Disuadir la presencia de aves en estructuras elevadas o abiertas usando dispositivos visuales o sonoros que no causen daño, para evitar contaminación por excretas.

4.8.2.6 Social

Informar a la comunidad sobre el funcionamiento y beneficios del sistema de depuración para reducir percepciones negativas o rumores asociados.

Atender oportunamente cualquier queja o reporte de molestias provenientes de la operación mediante canales de comunicación accesibles y eficientes.

Promover la participación comunitaria en procesos de monitoreo ambiental o recorridos guiados, fomentando la apropiación del proyecto por parte de la población.

Permitir que la comunidad local participe en la decoración y pintura del contenedor del sistema depurador, a través de jornadas comunitarias en las que vecinos, artistas locales y estudiantes plasmen motivos culturales, ambientales y paisajísticos con materiales provistos por el proyecto; esto con el fin de que la infraestructura sea percibida como un elemento propio y cercano.

4.8.2.7 Salud Pública

Capacitar continuamente al personal operador en protocolos de seguridad, uso de EPP y manejo de emergencias relacionadas con exposición a agentes biológicos.

Minimizar el contacto directo con aguas residuales o productos químicos mediante procedimientos operativos estandarizados y automatización donde sea posible.

Supervisar las condiciones de higiene y limpieza de las instalaciones para prevenir focos de proliferación de vectores como mosquitos o roedores.

4.9 Conclusiones

1. De acuerdo con la matriz de Leopold, el proyecto tiene un impacto ambiental final poco significativo, lo que indica que implementación de una planta prefabricada tipo *Planta Compacta* basada en procesos fisicoquímicos representa una alternativa eficiente, de rápida instalación y proyectada para un futuro transporte, adaptándose a los cambios que pueda tener el Hospital Básico de Manglaralto. Permitiendo además una gestión ambiental responsable en una zona sensible como lo es la franja costera.
2. El análisis de impactos ambientales confirmó que la mayor parte de los efectos negativos relacionados al proyecto se agrupan en la fase de construcción, siendo estos de magnitud y duración moderada, con influencia principalmente local.
3. Se identificaron impactos ambientales con valoración positiva, priorizando criterios de economía circular al considerar el reúso del agua depurada y el aprovechamiento de residuos generados, reforzando el aporte al desarrollo sostenible de la parroquia y al cumplimiento de los ODS,
4. Durante la etapa de operación y mantenimiento, los impactos ambientales tienen tendencia positiva, resaltando la mejora evidente en la calidad del agua al final del proceso de depuración, reducción significativa de olores y la contribución a la salud pública.

4.10 Recomendaciones

1. Es indispensable seguir el Manual de Operación y Mantenimiento garantizando la eficiencia del sistema propuesto y asegurando que todas las fases operen en sus rangos permisibles para evitar fallos que atenten con la salud pública de la zona y el ecosistema circundante.
2. Fomentar participación de la comunidad local mediante actividades continuas de educación ambiental y socializaciones del proyecto para generar corresponsabilidad respecto al cuidado del sistema depurador.
3. Generar capacitaciones al personal operativo y de mantenimiento del sistema en el ámbito de protocolos ambientales, uso seguro de productos químicos y respuesta rápida ante contingencias a fin de minimizar errores humanos.

Capítulo 5

Tabla 63*Desglose de actividades de la Fase I.*

Fase I. Clausura de estructura existente
Limpieza y desbroce (manual)
Construcción cerramiento (rejas h = 2 m)
Trazado y replanteo
Letrero de Obra (1.22x2.44) m
Cinta de advertencia y señalización
Vaciado de pozo ciego
Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo
Colocación de cal en relleno de pozo
Relleno Compactado con cascajo
Encofrado y desencofrado de plywood para losa

Tabla 64*Desglose de actividades de la Fase II.*

Fase II. Prefabricación de PDAR e instalación in situ
Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo
Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante
Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna
Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte
Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable (h=2m) incluye transporte
Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte
Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte

Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye transporte

Inspección de soldadura

Suministro e Instalación de Propela (D=0.60m) incluye motor

Suministro e instalación de filtros a presión (V=0.7m³) incluye rociadores y válvula selectora

Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros

Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500L

Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para retrolavado

Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta

Pintura anticorrosiva

Transporte y descarga de PDAR Prefabricada en camión plataforma

Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo

Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante

Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna

Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte

Tabla 65

Desglose de actividades de la Fase III.

Fase III. Cisterna para riego

Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo

Relleno Compactado con cascajo

Encofrado y desencofrado de plywood para losa

Replantillo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm²

Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c = 280 kg/cm²

Acero de refuerzo varillas corrugadas $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (incluye provisión, configurado y colocación)

Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"

Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa

Tabla 66

Desglose de actividades de la Fase IV.

Fase IV. Plan de seguridad y manejo ambiental

Instalación de Letreros Informativos

Control y monitoreo de ruido

Charlas de seguridad y salud ocupacional

Plan de manejo de desechos

Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales

Kit Antiderrames en Tierra

Limpieza y cierre de obra

Clausura y abandono de obras

5.2 Rubros y análisis de precios unitario

1. Limpieza y desbroce (manual)
2. Construcción cerramiento (rejas $h = 2 \text{ m}$)
3. Trazado y replanteo
4. Letrero de Obra (1.22x2.44) m
5. Cinta de advertencia y señalización
6. Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo

7. Vaciado de pozo ciego
8. Colocación de cal en relleno de pozo
9. Relleno Compactado con cascajo
10. Encofrado y desencofrado de plywood para losa
11. Replanteo con hormigón pobre, $e=5\text{cm}$, $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
12. Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
13. Acero de refuerzo varillas corrugadas $f'y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (incluye provisión, configurado y colocación)
14. Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"
15. Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa
16. Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante
17. Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna
18. Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo
19. Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte
20. Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable ($h=2\text{m}$) incluye transporte
21. Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte
22. Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte
23. Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye transporte
24. Suministro e Instalación de Propela ($D=0.60\text{m}$) incluye motor
25. Suministro e instalación de filtros a presión ($V=0.7\text{m}^3$) incluye rociadores y válvula selectora
26. Transporte y descarga de PDAR Prefabricada en camión plataforma
27. Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros
28. Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500L

29. Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para retrolavado
30. Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta
31. Instalación de Letreros Informativos
32. Control y monitoreo de ruido
33. Charlas de seguridad y salud ocupacional
34. Limpieza y cierre de obra
35. Clausura y abandono de obras
36. Plan de manejo de desechos
37. Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales
38. Inspección de soldadura
39. Kit Antiderrames en Tierra
40. Pintura anticorrosiva

Los detalles de cada rubro se encuentran en el Anexo B de este documento, así como el presupuesto referencial de toda la obra. Para este proyecto se consideró costos indirectos del 18%.

5.3 Descripción de cantidades de obra

Mediante el uso del modelo del nuevo sistema depurador se obtuvieron las cantidades según las unidades de cada rubro. Estas cantidades se describen en la Tabla 6767.

Tabla 67

Desglose de cantidades de obra para cada fase

No.	Descripción	Unidad	Precio U.
1	Limpieza y desbroce (manual)	m2	0.71
2	Construcción cerramiento (rejas h = 2 m)	ml	43.89
3	Trazado y replanteo	m2	1.01
4	Letrero de Obra (1.22x2.44) m	u	118.48

5	Cinta de advertencia y señalización	u	71.85
Excavación y demolición de elementos			
6	estructurales, incluye desalojo	m3	112.14
7	Vaciado de pozo ciego	m3	14.67
8	Colocación de cal en relleno de pozo	m2	1.28
9	Relleno Compactado con cascajo	m3	15.94
Encofrado y desencofrado de plywood para			
10	losa	m2	13.01
Replanteo con hormigón pobre, e=5cm, f'c			
11	= 180 kg/cm	m3	166.21
Fundición con hormigón resistente a los			
12	sulfatos de resistencia f'c = 280 kg/cm2	m3	216.00
Acero de refuerzo varillas corrugadas			
f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión,			
13	configurado y colocación)	kg	1.90
Perforación de muro de hormigón e			
14	instalación de tubería de PVC de 4"	u	191.61
Suministro e instalación de tapa de hierro			
15	dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa	u	302.78
Suministro e Instalación de tanque de			
16	mezclado para coagulante/floculante	u	1060.28
Suministro e instalación de bomba para			
17	AARR impulsión desde cisterna	u	4766.59
Adquisición y Reacondicionamiento de			
18	Container Marítimo	u	4479.27

	Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye		
19	transporte	u	644.59
	Fabricación e instalación de escalera acero		
20	inoxidable (h=2m) incluye transporte	u	122.69
	Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye		
21	transporte	u	1078.72
	Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye		
22	transporte	u	668.37
	Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye		
23	transporte	u	5806.15
	Suministro e Instalación de Propela		
24	(D=0.60m) incluye motor	u	1351.03
	Suministro e instalación de filtros a presión (V=0.7m3) incluye rociadores y válvula		
25	selectora	u	1507.27
	Transporte y descarga de PDAR		
26	Prefabricada en camión plataforma	Viaje	261.00
	Suministro e instalación de bomba para		
27	AARR para filtros	u	261.00
	Suministro e instalación de Tanque de		
28	Polietileno Plastigama 500L	u	126.52

Suministro e instalación de bomba para			
29	AARR impulsión para retrolavado	u	2158.63
Instalación de caudalímetros entrada y salida			
30	de la planta	glb	1904.13
31	Instalación de Letreros Informativos	u	89.05
32	Control y monitoreo de ruido	u	143.09
33	Charlas de seguridad y salud ocupacional	u	5.38
34	Limpieza y cierre de obra	m2	5.02
35	Clausura y abandono de obras	m2	13.46
36	Plan de manejo de desechos	u	4804.08
Plan de prevención y mitigación de impactos			
37	ambientales	u	3503.02
38	Inspección de soldadura	u	51.92
39	Kit Antiderrames en Tierra	u	23.18
40	Pintura anticorrosiva	m2	4.96

5.4 Valoración integral del costo del proyecto

El Presupuesto Referencial del proyecto del diseño del sistema depurador de aguas residuales con doble filtración considerando todas sus fases es de USD 65,084.46+ IVA. El detalle de los costos se encuentra en el Anexo B. En cuanto a los costos de operación y mantenimiento se estiman a un valor de USD18,675.73 + IVA por año.

5.5 Cronograma de obra

El cronograma de obra se encuentra incluido en el Anexo B. De acuerdo con el cronograma establecido el proyecto tiene una duración de 58 días.

Capítulo 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Se evaluó el sistema depurador mediante el análisis de caudales, la recopilación y análisis de los datos existentes. Sumado a los ensayos de laboratorios que permitieron determinar la carga contaminante, se obtuvo lo siguiente:
 - a) El sistema es un pozo ciego, que presenta ineficiencias desde el punto de vista ambiental y sanitario, puesto que no asegura una depuración eficiente y facilita la infiltración de contaminantes hacia el subsuelo, de manera que aumenta la posibilidad de contaminar los acuíferos y cuerpos de agua cercanos. Asimismo, no garantiza las exigencias normativas en materia de saneamiento ambiental.
 - b) La planta atiende a una población media de 734 personas por día.
 - c) La producción de aguas residuales del hospital es de 1.31 L/s.
 - d) Los valores de contaminación fueron: DBO₅ de 12.18 mg/L, DQO fue de 350 mg/L, y SST fue de 172 mg/L, por lo cual se consiguió un índice de biodegradabilidad de 28.74, pertenecientes a aguas pocos biodegradables y que necesitan un proceso físico-químico para lograr su depuración. El sistema actual es un tipo de depuración biológica por lo cual no genera ningún impacto real sobre las aguas residuales que recibe.
2. Se propusieron los procesos y operaciones unitarias priorizando tecnologías sostenibles que permitieron cumplir con los ODS 3, 6 y 11, entre ellos los siguientes:
 - a) Se incluyó el diseño de un desbaste de 35x35 cm, con una línea de rejillas de 10 barrotes de 3 cm de espesor y una altura de 25 cm, con una inclinación de 60° para separar los sólidos provenientes del hospital.

- b) El desarenador cumple con la velocidad necesaria para permitir la sedimentación de las partículas de arena presente en el agua, que se relaciona con la ubicación del hospital cercana a la playa de Manglaralto.
 - c) Debido a la baja biodegradabilidad y a la presencia de contaminantes suspendidos en el agua que causan su turbidez, se utilizó el sistema de coagulación-floculación para lograr clarificar el agua, reducir las cargas contaminantes por DQO propias de las aguas residuales hospitalarias y permitir su reutilización para riego y uso propio de la planta depuradora.
 - d) Se incluyeron dos filtros: uno de carbón activado y otro de zeolita que permiten reducir la cantidad de sólidos presentes en el agua, y reducir la presencia de contaminantes emergentes mediante adsorción.
3. Los impactos ambientales fueron minimizados a través del uso de un módulo compacto estanco, que evita que las aguas residuales se mezclen con las aguas lluvias en caso de inundación y se produzcan riesgos sanitarios graves para los ecosistemas cercanos al hospital. Con el sistema propuesto, se logra una eficiencia de reducción de SST del 94%, de DBO₅ del 64%, de DQO del 84%, de Turbidez del 99%, de amonio del 91% y coliformes fecales del 75%, cumpliendo con las normativas TULSMA para zona de rompientes marina.
4. Se elaboró un manual de operación y mantenimiento, para que los operadores de la planta tengan la información necesaria para mantener el modelo en condiciones óptimas durante su vida útil. una inversión de capital (CAPEX) de USD62.230,71 + IVA, un presupuesto referencial de OPEX de USD18.675,73 + IVA y el aspecto ambiental valorado en USD2.853,75 + IVA (CAPEX) y USD753,65 + IVA (OPEX).
- a. Los lodos químicos producidos en el proceso de floculación serán purgados cada 25 días a través de hidrocleaners para su correcta disposición final.

- b. Las condiciones de operación del módulo serán verificadas a través de caudalímetros y medidores de pH y temperatura, para mantener la dosis óptima de coagulante necesario para lograr reducir la turbidez efectivamente.
- c. Las aguas depuradas serán recolectadas en una cisterna, que permitirá reutilizarlas para el retro lavado de los filtros y el uso de riego de plantas dentro de las instalaciones del hospital.
- d. El sistema tipo planta compacta es una solución transportable y estratégica para el contexto hospitalario de este problema, donde el espacio es limitado y se requiere soluciones de rápida instalación y mantenimiento. Esta solución representó un tiempo de construcción de 39 días en el terreno del hospital.

6.2 Recomendaciones

1. Seguir las medidas de mitigación ambiental para contrarrestar los impactos causados por la construcción, operación y mantenimiento del módulo de depuración.
 - a) Realizar la limpieza de rejillas para evitar la reducción de área útil del desbaste y causar problemas de optimización de la planta.
 - b) Realizar la purga periódica del desarenador, para evitar la flotación del material arenoso y su posterior sedimentación en los siguientes procesos de depuración.
 - c) Purgar los lodos químicos del sedimentador de acuerdo con los días estimados, de forma que no se rompan los flocs al existir acumulación de material en el tanque de mezcla lenta, y que no sobrepasen el vertedero, ya que sólo debe pasar agua clarificada a los filtros.
 - d) Realizar los mantenimientos preventivos de equipos de bombeo, medición y filtros para prevenir daños futuros.
2. Realizar un análisis de contaminantes emergentes que permitan identificar las trazas más significativas que el Hospital Básico de Manglaralto está eliminando a través de sus

aguas residuales. De esta manera se podrá estimar el porcentaje de eficiencia de la planta en la eliminación de este tipo de químicos.

3. Automatizar el sistema de limpieza de filtros y la dosificación del coagulante de acuerdo con los parámetros iniciales del agua cruda que ingresa al módulo.
4. Aprovechar el agua depurada para cualquier actividad que no requiera de consumo de agua potable como por ejemplo riego, limpieza de suelos, etc.

7. BIBLIOGRAFÍA

AccuWeather. (2025). *AccuWeather Manglaralto, Santa Elena*. AccuWeather.

<https://www.accuweather.com/es/ec/manglaralto/130704/weather-forecast/130704>

Al Qarni, H., Collier, P., O’Keeffe, J., & Akunna, J. (2016). Investigating the removal of some pharmaceutical compounds in hospital wastewater treatment plants operating in Saudi Arabia. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(13), 13003–13014.

<https://doi.org/10.1007/s11356-016-6389-7>

Al-Marri, J. S., Abouedwan, A. B., Ahmad, M. I., & Bensalah, N. (2023). Electrocoagulation using aluminum electrodes as a sustainable and economic method for the removal of kinetic hydrate inhibitor (polyvinyl pyrrolidone) from produced wastewaters. *Frontiers in Water*, 5. <https://doi.org/10.3389/frwa.2023.1305347>

Alyasiri, H., Rushdi, S., & Al-Sharify, Z. T. (2023a). *Recent advances in the application of activated carbon for the removal of pharmaceutical contaminants from wastewater: A review*. 040027. <https://doi.org/10.1063/5.0150157>

Alyasiri, H., Rushdi, S., & Al-Sharify, Z. T. (2023b). Recent advances in the application of activated carbon for the removal of pharmaceutical contaminants from wastewater: A review. *Recent Advances in the Application of Activated Carbon for the Removal of Pharmaceutical Contaminants from Wastewater: A Review*, 4–27. <https://doi.org/10.1063/5.0150157>

Aranda, C., & Acevedo, M. (2022). *PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA TRATADA EN LA UNIDAD DE HEMODIALISIS*. https://www.hospitalcoquimbo.cl/wp-content/uploads/2022/10/planta-de-agua-APD-14_30-06-2027_HIS0_VIG1_APD14version05-1.pdf#:~:text=que%20van%20de%20gran%20tama%C3%B1o,dureza%20del%20agua%2C%20mediante%20la

- Araújo Lopes, J. D., Paupitz Mendes, G., Paiva Farias, A., Felix de Sena, R., & Barbosa Júnior, G. A. (2021). Remoção de contaminantes persistentes com biorreator de membrana e adsorção em carvão ativado. *Revista DAE*, 70(234), 06–16.
<https://doi.org/10.36659/dae.2022.001>
- Boinpally, S., Kolla, A., Kainthola, J., Kodali, R., & Vemuri, J. (2023). A state-of-the-art review of the electrocoagulation technology for wastewater treatment. *Water Cycle*, 4, 26–36.
<https://doi.org/10.1016/j.watcyc.2023.01.001>
- Boris, T. (2020, August 2). *Matriz de Leopold Modificada*. Ingeniería Ambiental.
<https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/>
- Castrillón-Marín, M., & Rubio-Clemente, A. (2021). Optimización del proceso sono-foto-Fenton para el tratamiento de aguas residuales usando un diseño central compuesto. *Producción + Limpia*, 15(2), 24–45. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a2>
- Castro-Pastrana, L. I., Cerro-López, M., Toledo-Wall, M. L., Gómez-Oliván, L. M., & Saldívar-Santiago, M. D. (2021). Análisis de fármacos en aguas residuales de tres hospitales de la ciudad de Puebla, México. *Ingeniería Del Agua*, 25(1), 59.
<https://doi.org/10.4995/ia.2021.13660>
- Catuto Quinde, M. M., Montalvan Toala, F. J., & Rubira Gómez, G. (2020). Hydrological Modeling of the Manglaralto River for the Generation of Flood Maps (Santa Elena-Ecuador). *Hydrological Modeling of the Manglaralto River for the Generation of Flood Maps (Santa Elena-Ecuador)*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.213>
- Cheng, N., Wang, B., Wu, P., Lee, X., Xing, Y., Chen, M., & Gao, B. (2021). Adsorption of emerging contaminants from water and wastewater by modified biochar: A review. *Environmental Pollution*, 273, 116448. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116448>
- Climate Data.org. (2021). *Clima Manglaralto*. Climate Data.Org. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/santa-elena-province/manglaralto-25418/>

Cornejo, X. (2014). *ÁRBOLES Y ARBUSTOS DE LOS MANGLARES DEL ECUADOR*.

<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>

Durán-Álvarez, J. C., Prado, B., Zanella, R., Rodríguez, M., & Díaz, S. (2023). Wastewater surveillance of pharmaceuticals during the COVID-19 pandemic in Mexico City and the Mezquital Valley: A comprehensive environmental risk assessment. *Science of The Total Environment*, 900, 165886. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165886>

El Universo. (2025, March 5). Evacuaron a pacientes de hospital del norte de Santa Elena tras inundación. *El Universo*.

EPA. (2025). *Effluent Guidelines*. <https://www.epa.gov/eg>

EPA Office of Water. (2023). *EPA's Effluent Limitations Guidelines and Standards (ELG) Program Update*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-07/effluentguidelines-webinar-slides_1.31.23.pdf?utm_source=chatgpt.com

Franceschini, G., Slompo, N. D. M., Rodrigues, S. A., Sarnighausen, V. C. R., & Lucas Junior, J. (2021). The efficiency of the economic septic tank in the treatment of domestic wastewater and black water in rural areas. *Research, Society and Development*, 10(8), e22910817232. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17232>

Gobierno de España. (n.d.). *Carbón Activado vs. Zeolita en el Tratamiento de Agua: Una Guía Comparativa*. 2023. Retrieved August 23, 2025, from <https://quimicacygnus.com/carbon-activado-vs-zeolita-en-el-tratamiento-de-agua-una-guia-comparativa/#:~:text=2,regeneraci%C3%B3n%20o%20reemplazo%20m%C3%A1s%20frecuente>

Gobierno Descentralizado Parroquial de Manglaralto. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.

Hassoune, J., Karmil, F. Z., Benhniya, B., Lakhdar, F., & Etahiri, S. (2024). Hospital wastewater treatment using electrocoagulation: Performance, kinetics, settlement analysis, and cost-

- effectiveness. *Desalination and Water Treatment*, 317, 100226.
<https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100226>
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Aguilar-Aguilar, M., Morante-Carballo, F., Jaya-Montalvo, M., & Morillo-Balsera, M. C. (2020). Groundwater Resilience Assessment in a Communal Coastal Aquifer System. The Case of Manglaralto in Santa Elena, Ecuador. *Sustainability*, 12(19), 8290. <https://doi.org/10.3390/su12198290>
- Ibhadon, A., & Fitzpatrick, P. (2013). Heterogeneous Photocatalysis: Recent Advances and Applications. *Catalysts*, 3(1), 189–218. <https://doi.org/10.3390/catal3010189>
- INEC. (2023). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*.
- Jaimes Urbina, J. A., & Vera Solano, J. A. (2020). Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador Técnico*, 84(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.2305>
- Jouravlev, A., Canales, C., Ríos-Villamizar, Eduardo Antonio, Lentini, E., Ferro, G., Hespanhol, I., Llosa, J., Sueros, J., Doria, M., Solanes, M., & Kumra, S. (2017). *Wastewater: the untapped resource*.
- Karczmarczyk, A., Bus, A., & Baryła, A. (2021). Assessment of the Efficiency, Environmental and Economic Effects of Compact Type On-Site Wastewater Treatment Plants—Results from Random Testing. *Sustainability*, 13(2), 982. <https://doi.org/10.3390/su13020982>
- Kumari, A., Maurya, N. S., & Tiwari, B. (2020). Hospital wastewater treatment scenario around the globe. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 549–570). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00015-8>

- Lammertyn, S., Orellano, A., Peralta, M. B., & Velázquez, M. M. del L. (2024). Estrógenos sintéticos: conocimiento y percepción acerca de su bioacumulación y sus efectos sobre la salud y el ambiente. *Ciencia e Innovación. Revista Interdisciplinar de Investigación*, 1(1), 62–72. <https://doi.org/10.59318/cei.v1i1.105>
- León, J., Godoy, S., & Miguez, R. (2023). *Evaluación de la calidad de las aguas residuales hospitalarias y diseño de una planta de tratamiento para un Hospital General*. 115–136.
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22. <https://doi.org/10.12691/education-9-5-5>
- Lofrano, G., & Brown, J. (2010). Wastewater management through the ages: A history of mankind. *Science of The Total Environment*, 408(22), 5254–5264. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.07.062>
- Lu, S., Xue, N., Gao, M., Chen, S., Zhu, R., Wang, X., Liu, G., & Dou, W. (2025). Time-dependent corrosion behavior of EH36 steel caused by *Pseudomonas aeruginosa* based on big data monitoring technology. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 245, 114349. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2024.114349>
- Makisha, N., & Gulshin, I. (2024). Sustainable Modernization of Wastewater Treatment Plants. *Sustainability*, 16(20), 8757. <https://doi.org/10.3390/su16208757>
- Martínez-Alcalá, I., Soto, J., & Lahora, A. (2020). Antibiotics as emerging pollutants. Ecotoxicological risk and control in wastewater and reclaimed water. *Ecosistemas*, 29(3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2070>
- Mendez-Ruiz, J. I., Barcia-Carreño, M. B., Mejía-Bustamante, L. J., Cornejo-Pozo, Á. K., Salas-Vázquez, C. A., & Valverde-Armas, P. E. (2023). Assessment of the Performance of a Water Treatment Plant in Ecuador: Hydraulic Resizing of the Treatment Units. *Sustainability*, 15(2), 1235. <https://doi.org/10.3390/su15021235>

- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, tratamiento, vertido y reutilización: Vol. I* (3era ed.).
- Milquez Sanabria, H. A., & Montagut, J. C. (2023). Impacto de los contaminantes emergentes en el entorno acuático y los tratamientos para el control y remoción en los cuerpos hídricos. Revisión literaria. *Ingeniería y Competitividad*, 25(3).
<https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.12551>
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *El Código Orgánico del Ambiente (COA)*.
https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2018). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/TEXTO-UNIFICADO-DE-LEGISLACION-SECUNDARIA-DE-MEDIO-AMBIENTE.pdf>
- Mora Alvarado, D. (2003). Agua para consumo humano y disposición de excretas: situación de Costa Rica en el contexto de América Latina y el Caribe - 1960/2000. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 31–46.
- Mousel, D., Bastian, D., Firk, J., Palmowski, L., & Pinnekamp, J. (2021). Removal of pharmaceuticals from wastewater of health care facilities. *Science of The Total Environment*, 751, 141310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141310>
- Muñiz, R. (2019). Los fotobiorreactores de microalgas: Un recurso para el tratamiento terciario de aguas residuales. *Tekhné*, 3(3), 13–25.
- Navidpour, A. H., Abbasi, S., Li, D., Mojiri, A., & Zhou, J. L. (2023). Investigation of Advanced Oxidation Process in the Presence of TiO₂ Semiconductor as Photocatalyst: Property,

- Principle, Kinetic Analysis, and Photocatalytic Activity. *Catalysts*, 13(2), 232.
<https://doi.org/10.3390/catal13020232>
- OMS. (2012). *Water sanitation and health* .
- OMS. (2021, November 17). *Resistencia a los antimicrobianos*.
- OMS. (2023). *WHO Global water, sanitation and hygiene* .
- ONU. (2020). *Informe sobre los progresos en el cumplimiento de los ODS*.
- Organización Mundial de la Salud. (2024, March 22). *Saneamiento*.
- Pan America Health Organization. (2023). *Solid Waste*.
- Peñaloza, J., & Gutiérrez, D. (2009). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y FORMULACION DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA HACIENDA AVICOLA LA DOMINGA EN EL MUNICIPIO DE RIVERA – HUILA* [Universidad Surcolombiana].
https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Penaloza-Giraldo/publication/263769493_ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL_Y_FORMULACION_DEL_PLAN_DE_MANEJO_AMBIENTAL_PARA_HACIENDA_AVICOLA_LA_DOMINGA_EN_EL_MUNICIPIO_DE_RIVERA_-_HUILA/links/0f31753bdccdf289bd000000/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-Y-FORMULACION-DEL-PLAN-DE-MANEJO-AMBIENTAL-PARA-HACIENDA-AVICOLA-LA-DOMINGA-EN-EL-MUNICIPIO-DE-RIVERA-HUILA.pdf
- Pigauve, X., & Pezo, M. (2020). *Estudio comparativo de aves marinas existentes en los manglares de Olón y Manglaralto, Santa Elena* [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5609>
- Prüss-Ustün, A., Wolf, J., Bartram, J., Clasen, T., Cumming, O., Freeman, M. C., Gordon, B., Hunter, P. R., Medlicott, K., & Johnston, R. (2019). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis

- with a focus on low- and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(5), 765–777. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.05.004>
- Quintero-Yepes, L., & Rodríguez-Valencia, N. (2022). Uso de cales para el tratamiento primario de las aguas residuales del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 537, 1–8. <https://doi.org/10.38141/10779/0537>
- Ron, F., & Arévalo, F. (2021). *Análisis socioeconómico de la parroquia Manglaralto cantón Santa Elena. Período 2015-2019* [Universidad de Guayaquil.]. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/a5c22cc1-8815-4caf-86db-0a5989cd2ce2>
- Sáenz-Arias, S., Garcés-Ordóñez, O., Córdoba-Meza, T., Blandon, L., Espinosa Díaz, L., Vivas-Aguas, L., & Canals, M. (2023). Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–microplásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas. *Ecosistemas*, 32(1), 2489. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2489>
- Satán, C., Satyanarayana, S., Shringarpure, K., Mendoza-Ticona, A., Palanivel, C., Jaramillo, K., Villavicencio, F., Davtyan, H., & Esparza, G. (2023). Epidemiology of antimicrobial resistance in bacteria isolated from inpatient and outpatient samples, Ecuador, 2018. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 47, 1. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2023.14>
- Sathya, K., Nagarajan, K., Carlin Geor Malar, G., Rajalakshmi, S., & Raja Lakshmi, P. (2022). A comprehensive review on comparison among effluent treatment methods and modern methods of treatment of industrial wastewater effluent from different sources. *Applied Water Science*, 12(4), 70. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01594-7>
- Senagua. (1992). *s NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. <https://inmobiliariadja.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

- Serna-Galvis, E. A., Silva-Agredo, J., Hernández, F., Botero-Coy, A. M., & Torres-Palma, R. A. (2023). Methods involved in the treatment of four representative pharmaceuticals in hospital wastewater using sonochemical and biological processes. *MethodsX*, 10, 102128. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102128>
- Sha, C., Shen, S., Zhang, J., Zhou, C., Lu, X., & Zhang, H. (2024). A Review of Strategies and Technologies for Sustainable Decentralized Wastewater Treatment. *Water*, 16(20), 3003. <https://doi.org/10.3390/w16203003>
- Sharma, C., Gupta, S., Kumar, V., & Kumar, V. (2024). Hospital-associated effluents: the masked environmental threat that needs urgent attention and action. *Discover Applied Sciences*, 7(1), 40. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-06456-2>
- Snyder, S. A., Adham, S., Redding, A. M., Cannon, F. S., DeCarolis, J., Oppenheimer, J., Wert, E. C., & Yoon, Y. (2007). Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals. *Desalination*, 202(1–3), 156–181. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.12.052>
- Stroebe, T. J. (2023, February 10). *Considerations for refurbishing media filters*. WaterWorld. <https://www.waterworld.com/water-utility-management/asset-management/article/14289232/considerations-for-refurbishing-media-filters>
- Tedjio, R. C., Talla, E. T., & Nana, E. D. (2016). Complementarity of two impact assessment tools: the case of a hydroelectric power plant in one of Africa's last hardwood forests in eastern Cameroon. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 34(3), 261–266. <https://doi.org/10.1080/14615517.2016.1184503>
- Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). Contaminantes Emergentes en Aguas: Metabolitos de Fármacos. Una Revisión. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 80. <https://doi.org/10.18359/rfcb.341>

- Tilahun, M., Shibabaw, A., & Adane, M. (2025). Prevalence and multidrug resistance patterns of bacterial pathogens in wastewater and drinking water systems from hospital and non-hospital environments in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Infectious Diseases*, 25(1), 250. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10660-9>
- UPSE. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.
http://www.gadse.gob.ec/gadse/wp-content/uploads/2020/05/Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial-Santa-Elena-20192023_compressed.pdf
- U.S. Environmental Protection Agency. (2025). *Summary of the World Health Organization's Water Reuse Guideline or Regulation for Potable Water Reuse*.
<https://www.epa.gov/waterreuse/summary-world-health-organizations-water-reuse-guideline-or-regulation-potable-water>
- Voloshenko-Rossin, A., Gasser, G., Cohen, K., Gun, J., Cumbal-Flores, L., Parra-Morales, W., Sarabia, F., Ojeda, F., & Lev, O. (2015). Emerging pollutants in the Esmeraldas watershed in Ecuador: discharge and attenuation of emerging organic pollutants along the San Pedro–Guayllabamba–Esmeraldas rivers. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(1), 41–53. <https://doi.org/10.1039/C4EM00394B>
- Xu, Y., Zhou, Q., Liu, L., Zhang, Q., Song, S., & Huang, Y. (2020). Exploring the corrosion performances of carbon steel in flowing natural sea water and synthetic sea waters. *Corrosion Engineering, Science and Technology*, 55(7), 579–588.
<https://doi.org/10.1080/1478422X.2020.1765476>
- Zahmatkesh, S., Bokhari, A., Karimian, M., Zahra, M. M. A., Sillanpää, M., Panchal, H., Alrubaie, A. J., & Rezakhani, Y. (2022). A comprehensive review of various approaches for treatment of tertiary wastewater with emerging contaminants: what do we know? *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(12), 884. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10503-z>

- Zurita-Martínez, F., & Sandoval-Herazo, L. C. (2024). La tecnología de los humedales contruidos para el tratamiento de aguas residuales. *Tendencias En Energías Renovables y Sustentabilidad*, 3(1), 6–10. <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.186>
- Zurita-Méndez, N. N., Carbajal, G., & Espinosa Medina, M. A. (2024). Contaminantes emergentes en el agua y las redes metal-orgánicas como agentes de remediación. *Milenaria, Ciencia y Arte*, 24, 60–63. <https://doi.org/10.35830/mcya.vi24.486>

PLANOS Y ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. Limpieza y desbroce (manual)

Código: CX-LD

Descripción:

Consiste en la limpieza del terreno, retiro de maleza, arbustos, restos de vegetación y objetos no deseados que puedan interferir con las actividades de construcción. Se realizará de manera manual para no dañar el suelo y permitir un control adecuado del área antes del inicio de los trabajos de cimentación y replanteo.

Materiales y Dimensiones:

- Herramientas manuales: machetes, azadones, palas, rastrillos y guantes de seguridad.
- Contenedores o áreas de acopio temporal para restos vegetales.
- Superficie a limpiar según los planos de obra.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a Ejecutar:

1. Delimitación del área a limpiar.
2. Corte manual de maleza y arbustos.
3. Retiro de raíces superficiales y restos vegetales.
4. Limpieza de piedras, escombros y materiales no deseados.
5. Disposición de los desechos de acuerdo con la normativa ambiental.
6. Verificación del terreno limpio y nivelado.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado de superficie limpia y aprobada**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

2. Construcción de cerramiento metálico (rejas, $h = 2\text{ m}$)

Código: CX-CERRA

Descripción:

Consiste en la fabricación, transporte, montaje e instalación de rejas metálicas de seguridad de 2 m de altura, incluyendo su fijación, pintura protectora anticorrosiva y pruebas de resistencia mecánica. El cerramiento delimita el perímetro de la obra, asegurando protección y control de acceso.

Materiales y Dimensiones:

- Perfiles de acero estructural tipo tubo o angular según diseño, espesor mínimo de 3 mm.
- Altura de la reja: 2 m, longitud según el perímetro a cubrir.
- Elementos de fijación: pernos de anclaje de acero galvanizado M12.
- Pintura anticorrosiva (primario y acabado) adecuada para ambiente costero.
- Cimientos: hormigón armado $f'c = 250\text{ kg/cm}^2$, dimensiones según cálculo estructural (mínimo 0.3 x 0.3 x 0.5 m).

Mano de obra:

- Fierro (Estr. Ocup. D2)
- Peón (Estr. Ocup. E2)

Actividades a Ejecutar:

1. Verificación del trazado y niveles del cerramiento.
2. Excavación y construcción de cimientos de hormigón.
3. Fabricación de las rejas metálicas según dimensiones y planos.
4. Aplicación de pintura anticorrosiva (primario y acabado).

5. Transporte e instalación de las rejas sobre los cimientos.
6. Fijación mediante anclajes y comprobación de nivel y verticalidad.
7. Inspección final y pruebas de resistencia mecánica.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro lineal de cerramiento instalado y operativo.**

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

3. Trazado y replanteo

COD: CR-TR

Descripción:

Consiste en el marcado y señalización precisa de los ejes, niveles y límites de la obra, utilizando instrumentos topográficos para asegurar que todas las estructuras y elementos constructivos se ubiquen según los planos aprobados. Incluye la verificación de cotas, ángulos y alineaciones antes del inicio de las demás actividades de construcción.

Materiales y Dimensiones:

- Estacas de madera o metálicas para marcación temporal.
- Cintas métricas, jalones, hilos de nylon y otros elementos de señalización.
- Instrumentos topográficos: nivel, teodolito, estación total o GPS de precisión.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Carpintero
- Topógrafo

Actividades a Ejecutar:

1. Revisión de planos y especificaciones de obra.
2. Verificación del terreno y ajuste de referencias.
3. Marcación de ejes principales y secundarios.
4. Verificación de niveles y pendientes según diseño.
5. Señalización temporal para guiar la construcción.

6. Registro de datos y entrega de croquis de replanteo al fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado de superficie replanteada y aprobada.**

Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

4. Letrero de Obra (1.22 x 2.44 m)

COD: CX-LO

Descripción:

Consiste en la fabricación, transporte, montaje e instalación de un letrero informativo de obra, indicando datos del proyecto, contratista, fiscalizador, normas de seguridad y cualquier información requerida por la normativa ecuatoriana para obras de construcción. El letrero deberá ser resistente a la intemperie y visible desde el perímetro de la obra.

Materiales y Dimensiones:

- Estructura metálica o de madera tratada según diseño.
- Panel de soporte rígido de 1.22 x 2.44 m
- Impresión o pintura resistente con información legible.
- Elementos de fijación: pernos, tornillos o anclajes según tipo de estructura.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Carpintero

Actividades a Ejecutar:

1. Revisión de planos y contenido del letrero.
2. Fabricación o adquisición del panel y estructura de soporte.
3. Transporte al sitio de obra.
4. Instalación y fijación del letrero en posición visible y nivelada.
5. Verificación de legibilidad, seguridad y resistencia al viento.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por unidad instalada y operativa.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

5. Rubro: Cinta de advertencia y señalización (3 m)

COD: CX-CINTA

Descripción:

Consiste en la provisión, transporte, instalación y fijación de cintas de advertencia y señalización para delimitar áreas de trabajo y garantizar la seguridad en la obra. La cinta deberá ser visible, resistente a la intemperie y colocada de manera que cumpla con las normas de prevención de riesgos.

Materiales y Dimensiones:

- Cinta plástica de advertencia de 3 m de largo y colores vistosos (rojo/amarillo según tipo de advertencia).
- Soportes temporales: estacas, conos o postes para sujetar la cinta.
- Elementos de fijación: bridas, cinta adhesiva o clavos según el soporte.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a Ejecutar:

1. Delimitación del área que requiere señalización.
2. Provisión y transporte de las cintas y soportes al sitio.
3. Instalación de la cinta de advertencia en el perímetro indicado.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad instalada y operativa**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

6. Demolición de elementos estructurales, incluye desalojo

COD: CX-DEMOL

Descripción:

Consiste en la demolición controlada de elementos estructurales existentes, tales como muros, losas, columnas o cimientos, y la recolección y retiro de los escombros generados. Se realizarán procedimientos seguros para evitar daños a estructuras adyacentes y garantizar la seguridad del personal y del entorno de la obra.

Materiales y Dimensiones:

- Herramientas manuales: martillos, cinces, palancas.
- Maquinaria ligera o pesada según el tipo de elemento a demoler (retroexcavadora, martillo hidráulico).
- Contenedores o camiones para el desalojo de escombros.
- Elementos de protección personal: casco, guantes, botas, gafas, arnés si aplica.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Chofer: Volquetas (Estrc. Oc. C1)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)

Actividades a Ejecutar:

1. Delimitación y señalización del área de demolición.
2. Evaluación estructural previa y planificación de la secuencia de demolición.
3. Demolición de los elementos estructurales según técnica adecuada.

4. Recolección, carga y transporte de escombros a disposición final autorizada.
5. Limpieza y nivelación del área intervenida.
6. Verificación y aprobación por el fiscalizador de que el área esté libre de escombros y segura.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cúbico de material demolido y desalojado**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

7. Rubro: Excavación manual, incluye desalojo

COD: CX-EXCA

Descripción:

Consiste en la excavación manual del terreno para la construcción de cimientos, zanjas o estructuras subterráneas, incluyendo la remoción, transporte y disposición de la tierra o material excavado. Se ejecutará asegurando la seguridad del personal y la estabilidad de los taludes temporales.

Materiales y Dimensiones:

- Herramientas manuales: palas, picos, azadones, carretillas.
- Elementos de protección personal: casco, guantes, botas y gafas de seguridad.
- Volumen de excavación según planos de obra y especificaciones de diseño.

Actividades a Ejecutar:

1. Delimitación y señalización del área de excavación.
2. Remoción manual del terreno siguiendo las cotas y pendientes de diseño.
3. Transporte y disposición del material excavado en lugares autorizados.
4. Verificación de profundidades, niveles y pendientes según planos.
5. Limpieza y preparación del área para la siguiente actividad de construcción.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Operador de Cargadora frontal
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cúbico de excavación y desalojo**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

8. Vaciado de pozo ciego

COD: CX-LO

Descripción:

Consiste en el vaciado y limpieza integral del pozo ciego existente, mediante la extracción manual o mecánica de aguas residuales y lodos acumulados, con su correspondiente transporte y disposición final en sitios autorizados. Esta actividad se realiza como parte del proceso previo a la implementación del nuevo sistema depurador.

Materiales y Dimensiones:

- Bombas de achique o succión para extracción de aguas residuales.
- Herramientas manuales: palas, baldes, mangueras de succión.
- Contenedores o cisternas móviles para transporte del material extraído.
- Elementos de protección personal: guantes impermeables, botas, mascarillas, arnés de seguridad y casco.
- Volumen de vaciado: de acuerdo con la capacidad del pozo y lo especificado en planos.

Mano de obra:

- Operador de Camión cisterna de succión
- Peón (Estr. Ocup. E2)

Actividades a Ejecutar:

1. Señalización y delimitación del área de trabajo.
2. Instalación de equipos de bombeo o extracción.
3. Vaciado de aguas residuales y lodos del pozo ciego.
4. Carga, transporte y disposición final del material extraído en lugares autorizados.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cúbico de material extraído y dispuesto.**

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

9. Colocación de cal en relleno de pozo

COD: CX-COLO

Descripción:

Consiste en la aplicación uniforme de cal viva o cal hidratada sobre el relleno de un pozo previamente vaciado, con el fin de desinfectar, estabilizar el terreno y evitar la proliferación de agentes patógenos. La actividad se realiza como parte del proceso de saneamiento posterior al vaciado y limpieza del pozo ciego.

Materiales y Dimensiones:

- Cal viva o cal hidratada en sacos.
- Herramientas manuales: palas, carretillas, cubetas y equipo de aplicación.
- Elementos de protección personal: guantes, botas, gafas, mascarilla con filtro antipolvo.

Mano de obra:

- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Peón (Estr. Ocup. E2)

Actividades a Ejecutar:

1. Verificación del pozo previamente vaciado y limpio.
2. Transporte de la cal en sacos al sitio de trabajo.
3. Distribución uniforme de la cal sobre el relleno del pozo.
4. Mezclado superficial de la cal con el terreno si lo indica el diseño.
5. Revisión de la cobertura y dosis aplicadas.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado de superficie tratada con cal.**

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

10. Relleno compactado con cascajo

COD: CX-RELL

Descripción:

Consiste en el relleno de excavaciones con cascajo seleccionado, colocado en capas controladas y compactadas hasta alcanzar la densidad y el nivel exigido por el diseño, conforme a lo establecido en la normativa vigente.

Materiales y dimensiones:

- Cascajo limpio, libre de materia orgánica, con granulometría adecuada .
- Colocación en capas de máximo 20 cm antes de compactar.
- Herramientas: palas, carretillas, vibro apisonador o placa vibratoria.
- Equipos de protección personal: casco, botas, guantes y gafas de seguridad.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a ejecutar:

1. Limpieza y preparación del área de trabajo.
2. Transporte y descarga del cascajo.
3. Colocación del cascajo en capas uniformes.
4. Compactación de cada capa hasta alcanzar la densidad especificada.
5. Control de niveles y pendientes según planos.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cúbico (m³) de cascajo colocado y compactado** conforme a lo especificado.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

11. Encofrado y desencofrado de plywood

COD: CX-ENCO

Descripción:

Consiste en la instalación, aseguramiento y posterior retiro de encofrados de plywood para elementos estructurales de hormigón (muros, losas, vigas, columnas, pozos), garantizando la correcta geometría, nivelación y acabado superficial del concreto depurado.

Materiales y Dimensiones:

- Plywood 1.22mx2.40m.
- Madera de soporte (listones, soleras, puntales).
- Clavos, alambre recocido y accesorios de fijación.
- Aceite desmoldante para facilitar desencofrado.
- Dimensiones y espesores conforme a los planos estructurales.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a ejecutar:

1. Limpieza y nivelación de la superficie de apoyo.
2. Corte y armado de piezas de encofrado en plywood.
3. Colocación y aseguramiento del encofrado con puntales y listones.
4. Revisión de alineación, escuadra y nivel antes del vaciado.

5. Desencofrado cuidadoso una vez fraguado el hormigón, evitando daños en la estructura.
6. Limpieza y almacenamiento de los materiales reutilizables.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado (m²) de superficie de encofrado colocado y retirado**, aceptado por la fiscalización.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador

12. Replanteo con hormigón pobre, $e=5\text{ cm}$, $f'c = 180\text{ kg/cm}^2$

COD: CX-REPL

Descripción:

Consiste en la colocación de una capa de hormigón pobre de 5 cm de espesor con resistencia $f'c = 180\text{ kg/cm}^2$, destinada a conformar una superficie nivelada, regular y de adecuada resistencia para recibir las cimentaciones o estructuras proyectadas.

Materiales y Dimensiones:

- Hormigón pobre (mezcla cemento – arena – grava – agua) con dosificación que garantice $f'c = 180\text{ kg/cm}^2$.
- Espesor uniforme de **5 cm** en toda el área definida.
- Agua potable para mezclado y curado.
- Herramientas menores: carretillas, palas, vibrador manual o regla de nivelación.

Mano de obra:

- Albañil (Estr. Ocup. D2)
- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Operador de equipo liviano (Es. Oc. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a ejecutar:

1. Limpieza y nivelación del terreno en el área de cimentación.
2. Humedecimiento de la superficie antes de colocar el hormigón.
3. Preparación del hormigón pobre con la dosificación indicada.
4. Extendido del hormigón en una capa uniforme de 5 cm.

5. Vibrado o compactación manual para eliminar vacíos.
6. Nivelación y acabado superficial.
7. Curado del hormigón para garantizar su resistencia mínima.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado (m²) de superficie ejecutada**, conforme a lo establecido en planos y aceptado por la fiscalización.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

13. Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

COD: CX-FUND

Descripción:

Consiste en la preparación, transporte, vaciado, compactación y curado de hormigón estructural de resistencia característica $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con cemento resistente a los sulfatos, con el fin de garantizar la durabilidad y resistencia de los elementos estructurales en ambientes agresivos.

Materiales y Dimensiones:

- Cemento resistente a los sulfatos.
- Agregados (grava y arena) de granulometría controlada, limpios y libres de impurezas.
- Agua potable para mezclado y curado.
- Aditivos plastificantes o reductores de agua, según necesidad.
- Elementos de confinamiento (encofrado) para dar forma y dimensiones al vaciado.

Mano de obra:

- Albañil (Estr. Ocup. D2)
- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Operador de equipo liviano (Es. Oc. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a ejecutar:

1. Preparación y limpieza del área y de los encofrados.
2. Revisión y colocación de la armadura según planos estructurales.

3. Elaboración y dosificación del hormigón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ con cemento resistente a los sulfatos.
4. Transporte del hormigón hasta el sitio de vaciado.
5. Colocación y compactación mediante vibrador mecánico.
6. Nivelación y acabado de la superficie.
7. Curado del hormigón para garantizar el desarrollo de la resistencia especificada.
8. Retiro de encofrados.

Forma de medición y pago:

La medición se realizará por el **volumen de hormigón colocado, en metros cúbicos (m^3)**, conforme a los planos y especificaciones del proyecto, debidamente aprobados por la fiscalización.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

14. Acero de refuerzo varillas corrugadas $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (incluye provisión, configurado y colocación)

COD: CX-ACER

Descripción:

Consiste en la provisión, corte, doblado, armado, amarre y colocación de acero de refuerzo de varillas corrugadas con límite de fluencia $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo con las dimensiones, formas y longitudes especificadas en los planos estructurales, garantizando la correcta disposición y espaciamiento del refuerzo en los elementos de hormigón armado.

Materiales y Dimensiones:

- Varillas de acero corrugado $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, libres de óxido, grasa o impurezas.
- Alambre de amarre para fijación del refuerzo.
- Separadores, dados de hormigón para garantizar recubrimiento mínimo según planos y norma.
- Diámetros y longitudes de varillas según lo indicado en los planos estructurales.

Mano de obra:

- Fierro (Estr. Ocup. D2)
- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a ejecutar:

1. Recepción, selección y almacenamiento del acero en condiciones adecuadas.
2. Corte y doblado de varillas según detalle de planos y especificaciones.
3. Armado de las piezas estructurales (vigas, columnas, losas, zapatas, etc.).

4. Colocación del refuerzo en la posición indicada en los encofrados.
5. Amarre con alambre y colocación de separadores para garantizar recubrimiento.
6. Revisión y aprobación por parte de la fiscalización antes del vaciado del hormigón.

Forma de medición y pago:

La medición se realizará por el **peso de acero colocado, en kilogramos (kg)**, de acuerdo con los planos y especificaciones, verificado por la fiscalización. El pago incluirá provisión, transporte, corte, doblado, amarre y colocación del acero de refuerzo.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

15. Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"

COD: CX-PERF

Descripción:

Consiste en la perforación controlada de muros de hormigón existente y la posterior instalación de tubería de PVC de 4", asegurando la correcta alineación, pendiente y estanqueidad de la conducción, así como la integridad estructural del muro intervenido.

Materiales y Dimensiones:

- Tubería de PVC rígido de 4" de diámetro, certificada y apta para agua o aguas residuales según el caso.
- Sellantes y accesorios de unión: pegamento solvente o anillos de goma según el tipo de PVC.
- Broca diamantada o perforadora adecuada para hormigón.
- Elementos de seguridad: guantes, casco, gafas y mascarilla antipolvo.

Mano de obra:

- Plomero (Estr. Ocup. D2)
- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)

Actividades a ejecutar:

1. Señalización del área y delimitación de la zona de trabajo.
2. Identificación y verificación del punto exacto de perforación.
3. Perforación del muro con broca o equipo adecuado, evitando daños estructurales.

4. Preparación del orificio y limpieza de residuos.
5. Instalación de la tubería de PVC, asegurando alineación y pendiente correctas.
6. Aplicación de sellantes o juntas de estanqueidad según diseño.
7. Prueba de estanqueidad y verificación por fiscalización.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de tubería instalada y verificada**, incluyendo perforación, colocación y sellado.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

16. Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125 kN (60x60 cm) incluye losa

COD: CX-TAPA

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, colocación e instalación de una tapa de registro de hierro dúctil dimensiones de 60x60 cm, junto con la losa de concreto de apoyo, asegurando la correcta nivelación, ajuste y estabilidad, cumpliendo con los requerimientos de seguridad y tránsito.

Materiales y Dimensiones:

- Tapa de hierro dúctil fundido con capacidad de dimensiones 60x60 cm.
- Losas de concreto armado de apoyo según diseño estructural.
- Herramientas: nivel, llaves, equipo de elevación, palas y martillos.
- Elementos de protección personal: casco, guantes y botas de seguridad.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Albañil (Estr. Ocup. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Fierro (Estr. Ocup. D2)
- Carpintero

Actividades a ejecutar:

1. Verificación del área de instalación.
2. Suministro y transporte de la tapa y los materiales necesarios.

3. Colocación de la losa de concreto según dimensiones y nivel indicado en planos.
4. Ajuste y colocación de la tapa de hierro dúctil sobre la losa.
5. Aseguramiento de la nivelación y estabilidad de la tapa.
6. Limpieza del área y disposición de empaques o sobrantes.
7. Revisión y aceptación final por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de tapa instalada y operativa**, incluyendo losa y accesorios de apoyo.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

17. Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante

COD: CX-TANQ

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de un tanque destinado al mezclado de coagulantes y floculantes, incluyendo la bomba dosificadora BlackStone de 1.5 lph, asegurando la correcta integración con la línea de dosificación y el sistema de depuración de aguas residuales del proyecto, cumpliendo con los requerimientos de capacidad, estanqueidad y seguridad.

Materiales y Dimensiones:

- Tanque de mezclado fabricado en acero inoxidable o material compatible con químicos, con capacidad según diseño del proyecto.
- Bomba dosificadora BlackStone, capacidad 1.5 lph, incluyendo accesorios de conexión y control.
- Accesorios del tanque: tapa, válvulas de entrada y salida, válvula de purga, manómetro y conexiones hidráulicas.
- Sistema de agitación (mecánico o hidráulico) según especificaciones del proveedor.
- Soportes y anclajes para correcta instalación.

Mano de obra:

- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Peón (Estr. Ocup. E2)

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación dimensional del tanque y bomba suministrados.

2. Transporte de los equipos hasta el sitio de instalación.
3. Colocación del tanque sobre la base nivelada (concreto o estructura metálica).
4. Montaje e instalación de válvulas, conexiones y accesorios de medición y control.
5. Instalación e integración de la bomba dosificadora BlackStone 1.5 lph al sistema de impulsión del coagulante/floculante.
6. Pruebas de estanqueidad y funcionamiento del sistema de agitación y dosificación.
7. Revisión y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por unidad de tanque instalado y operativo, incluyendo bomba dosificadora, todos sus accesorios y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

18. Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna

COD: CX-BO(1)

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de una bomba centrífuga o sumergible destinada a impulsar las aguas residuales domésticas desde la cisterna de entrada hacia el sistema de depuración de la planta depuradora, garantizando caudal, presión y operación confiable según el diseño hidráulico del proyecto.

Materiales y Dimensiones:

- Bomba centrífuga compatible con AARR, de capacidad de impulsión según diseño (l/s y altura manométrica requeridas).
- Tubería de conexión de PVC o acero según diseño, válvulas de retención y cierre.
- Herramientas y equipos para montaje, alineación y pruebas.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)
- Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación dimensional y funcional de la bomba suministrada.
2. Transporte de la bomba y accesorios hasta el sitio de instalación.
3. Colocación de la bomba sobre la base nivelada y fijación con anclajes.
4. Conexión hidráulica con la cisterna de entrada y la línea de impulsión hacia el sistema de depuración.

5. Instalación de válvulas de cierre, retención y purga.
6. Pruebas de funcionamiento, caudal y presión de acuerdo con el diseño.
7. Revisión y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de bomba instalada y operativa**, incluyendo conexiones, accesorios y pruebas funcionales.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

19. Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo

COD: CX-CONT

Descripción

Comprende la adquisición de un container marítimo tipo dry-van de 20 pies (aproximadamente 6.06 de largo, 2.44 m de ancho y 2.59 m de alto), que servirá como estructura base del sistema modular. Incluye reacondicionado estructural y funcional.

Actividades a Ejecutar

1. Adquisición de container marítimo usado en condiciones estructurales aceptables (sin corrosión excesiva, deformaciones estructurales o daños mayores).
2. Limpieza de interior y exterior.
3. Aplicación de pintura epóxica anticorrosiva en superficie interna y externa.
4. Instalación de revestimiento interior con planchas de acero galvanizado de calibre 18.
5. Corte de aberturas laterales para puertas de acceso y conexiones de tuberías.
6. Instalación de marcos metálicos para puertas.
7. Refuerzo de piso con estructura metálica.
8. Instalación de puntos de anclaje internos para el montaje.
9. Instalación de losa metálica para uso de operadores en parte superior para mantenimiento y observación.
10. Instalación de escalera metálica para acceso superior.
11. Acabado anticorrosivo.

Mano de obra:

- Soldador certificado.
- Peones.

Forma de medición y pago

- Por unidad

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

20. Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte

COD: CX-DESB

Descripción:

Consiste en la fabricación, transporte, montaje e instalación de un módulo de desbaste construido en acero naval EH36, incluyendo soldadura, izaje y colocación de tuberías y rejillas, garantizando la correcta funcionalidad dentro del sistema depurador de aguas residuales, cumpliendo con especificaciones estructurales y de seguridad.

Materiales y Dimensiones:

- Acero naval EH36: placas, tubos y perfiles según diseño.
- Tornillería y pernos inoxidables.
- Tubería PVC rígida para desagüe 4" (110 mm).
- Rejillas metálicas según diseño.
- Herramientas menores (equivalentes al 5% de la mano de obra).
- Equipos de soldadura GTAW y grúa móvil para izaje.

Actividades a ejecutar:

1. Transporte del módulo desde taller hasta el sitio de instalación.
2. Izaje y posicionamiento del módulo usando grúa móvil.
3. Montaje e instalación de tuberías PVC rígidas de desagüe y rejillas metálicas.
4. Alineación, nivelación y fijación final del módulo.
5. Pruebas de estanqueidad y funcionalidad del desbaste.
6. Supervisión y aprobación por parte del fiscalizador.

Mano de obra:

- Soldador certificado.
- Técnico de montaje.
- Operador de equipo pesado (grúa).

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de módulo instalado y operativo**, incluyendo materiales, transporte, mano de obra, herramientas y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

21. Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable (h=2 m) incluye transporte

COD: CX-ESC

Descripción:

Consiste en la fabricación, transporte, montaje e instalación de una escalera de acero inoxidable de 2 m de altura, cuyos módulos son transportados y ensamblados in situ, garantizando seguridad, estabilidad y acabado adecuado para el acceso a las áreas de operación de la planta depuradora.

Materiales y Dimensiones:

- Acero inoxidable AISI 304 o equivalente.
- Tornillería y pernos inoxidables para ensamblaje in situ.
- Módulos prefabricados transportables y ensamblables in situ.
- Herramientas menores para montaje y ajuste.

Mano de obra:

- Soldador certificado.
- Peón (E2) para apoyo en montaje y transporte de módulos.

Actividades a ejecutar:

1. Fabricación de los módulos de la escalera en taller.
2. Transporte de los módulos hasta el sitio de instalación.
3. Ensamblaje y fijación de los módulos in situ.
4. Soldadura, ajuste y alineación de la estructura para garantizar estabilidad y seguridad.
5. Instalación de barandas, peldaños y elementos de seguridad según diseño.

6. Revisión, limpieza y pruebas de estabilidad.

7. Inspección y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de escalera instalada y operativa**, incluyendo transporte, montaje y pruebas de estabilidad.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

22. Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte

COD: CX-DESA

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de módulos prefabricados de desarenador contruidos en acero naval EH36, asegurando la correcta unión entre módulos, fijación, estanqueidad mediante sellantes y juntas, y alineación dentro del sistema de depuración de aguas residuales de la planta. Los módulos se ensamblan entre sí in situ, sin necesidad de fabricar las piezas del módulo en el sitio.

Materiales y Dimensiones:

- Módulos prefabricados en acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles).
- Tornillería y pernos inoxidables para unión de módulos.
- Sellantes y juntas para asegurar estanqueidad entre módulos.
- Herramientas menores (equivalentes al 5% de la mano de obra).
- Grúa móvil para izaje de módulos.

Mano de obra:

- Soldador (para posibles ajustes menores o unión de accesorios).
- Técnico de montaje.
- Operador de equipo pesado (grúa).

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de los módulos prefabricados antes del transporte.
2. Transporte de los módulos al sitio de instalación.

3. Izaje y posicionamiento de cada módulo usando grúa móvil.
4. Ensamblaje in situ de los módulos, asegurando alineación y nivelación según planos.
5. Fijación de módulos entre sí con tornillería, pernos, sellantes y juntas.
6. Revisión de estanqueidad y ajustes finales.
7. Pruebas funcionales del desarenador completo.
8. Supervisión y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de módulo ensamblado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, fijación, herramientas y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

23. Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte

COD: CX-PARS

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de módulos prefabricados de canaleta Parshall contruidos en acero naval EH36, asegurando la correcta unión entre módulos, fijación, estanqueidad mediante sellantes y juntas, y alineación dentro del sistema de depuración de aguas residuales de la planta.

Materiales y Dimensiones:

- Módulos prefabricados de canaleta Parshall en acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles).
- Tornillería y pernos inoxidables para unión de módulos.
- Sellantes y juntas para garantizar estanqueidad entre módulos.
- Herramientas menores (equivalentes al 5% de la mano de obra).
- Grúa móvil para izaje de módulos.

Mano de obra:

- Soldador (para ajustes menores o fijación de accesorios).
- Técnico de montaje.
- Operador de equipo pesado (grúa).

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de los módulos prefabricados antes del transporte.
2. Transporte de los módulos al sitio de instalación.

3. Izaje y posicionamiento de cada módulo usando grúa móvil.
4. Ensamblaje in situ de los módulos, asegurando alineación y nivelación según planos.
5. Fijación de módulos entre sí con tornillería, pernos, sellantes y juntas.
6. Revisión de estanqueidad y ajustes finales.
7. Pruebas funcionales de la canaleta Parshall instalada.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de módulo ensamblado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, fijación, herramientas y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

24. Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta, acero naval EH36 incluye transporte

COD: CX-MLENT

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de módulos prefabricados de tanque de mezcla lenta contruidos en acero naval EH36, asegurando la correcta unión entre módulos, fijación, estanqueidad mediante sellantes y juntas, instalación de válvula de bola y alineación dentro del sistema de depuración de aguas residuales de la planta.

Materiales y Dimensiones:

- Módulos prefabricados en acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles).
- Tornillería y pernos inoxidables para unión de módulos.
- Sellantes y juntas para garantizar estanqueidad entre módulos.
- Válvula de bola según diseño para control de flujo.
- Herramientas menores (equivalentes al 5% de la mano de obra).
- Grúa móvil para izaje de módulos.

Mano de obra:

- Soldador (para ajustes menores o fijación de accesorios).
- Técnico de montaje.
- Operador de equipo pesado (grúa).

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de los módulos prefabricados antes del transporte.

2. Transporte de los módulos al sitio de instalación.
3. Izaje y posicionamiento de cada módulo usando grúa móvil.
4. Ensamblaje in situ de los módulos, asegurando alineación y nivelación según planos.
5. Fijación de módulos entre sí con tornillería, pernos, sellantes y juntas.
6. Instalación y prueba de la válvula de bola.
7. Revisión de estanqueidad y ajustes finales.
8. Pruebas funcionales del tanque de mezcla lenta completo.
9. Supervisión y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de módulo ensamblado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, fijación, herramientas, válvula de bola y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

25. Suministro e instalación de propela (D=0.60 m) incluye motor

COD: CX-PRO

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de una propela de 0.60 m de diámetro junto con su motor, ensamblada como módulo prefabricado, asegurando la correcta fijación, alineación y funcionamiento dentro del sistema de mezcla de la planta depuradora.

Materiales y Dimensiones:

- Propela de diámetro 0.60 m con motor compatible según diseño.
- Tornillería y pernos inoxidables para fijación.
- Sellantes y juntas según requerimientos.
- Válvula de bola si aplica para control de flujo asociado.
- Herramientas menores.
- Grúa móvil para izaje de la propela y su motor.
- Componentes en acero naval EH36.

Mano de obra:

- Soldador (para ajustes menores de soportes o accesorios).
- Técnico de montaje.
- Operador de equipo pesado (grúa).

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de la propela y motor antes del transporte.
2. Transporte al sitio de instalación.

3. Izaje y posicionamiento del módulo propela y motor usando grúa móvil.
4. Ensamblaje in situ y fijación con tornillería, pernos, sellantes y juntas.
5. Alineación y ajuste del motor y propela para correcto funcionamiento.
6. Pruebas de operación, torque y seguridad de la propela.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de propela instalada y operativa**, incluyendo transporte, montaje, fijación, herramientas y pruebas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

26. Suministro e instalación de filtros a presión ($V=0.7 \text{ m}^3$) incluye rociadores y válvula selectora

COD: CX-FIL

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de filtros a presión prefabricados de 0.7 m^3 en PRFV, con rociadores internos y válvula selectora multipuesto de 3".

Materiales y Dimensiones:

- Filtro a presión en PRFV con volumen de 0.7 m^3 .
- Rociadores internos para distribución uniforme del agua.
- Válvula selectora multipuesto de 3" para control de flujo y operación de lavado.
- Sellador de teflón para todas las conexiones.
- Herramientas menores para instalación y ajuste.
- Cuerpo de filtro fabricado en acero al carbono con espesor mínimo de 3 mm y diámetro de 0.75 m.
- Material filtrante Filtro 1: arena silíceo lavada con granulometría 0.35 a 0.50 mm, altura de 50 cm. Grava graduada en 5 capas:

Capas del Lecho filtrante	
Granulometría (mm)	Altura (m)
20	0.30
15	0.20
10	0.15

5	0.15
2	0.10

- Material filtrante Filtro 2: carbón activado granular de origen vegetal (granulometría de 8 mm), altura de 50 cm. Capa de zeolita natural micronizada, altura de 50 cm.
- Válvulas de retro lavado, purga y control de presión.
- Manómetros, ventosas y conexiones para prueba de presión.

Mano de obra:

- Técnico de montaje para instalación de filtros y accesorios.
- Apoyo de peones para manejo y colocación del módulo.

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación del filtro y sus accesorios antes del transporte.
2. Transporte del módulo al sitio de instalación.
3. Posicionamiento e instalación del filtro en su ubicación definitiva.
4. Conexión de tuberías, rociadores internos y válvula selectora.
5. Aplicación de sellador de teflón en todas las conexiones necesarias.
6. Prueba de estanqueidad y funcionamiento del filtro a presión.
7. Ajustes finales y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de filtro instalado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, accesorios y pruebas funcionales.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

27. Transporte y Descarga de PDAR Prefabricada en Camión Plataforma

COD: CX-TRANS

Descripción:

Consiste en el transporte terrestre de la planta depuradora tipo compacta, en un módulo, desde el punto de origen hasta la obra, utilizando un camión tipo plataforma, incluye carga, estiba, trincaje, traslado, señalización, seguros, peajes, permisos y descarga controlada en obra.

Materiales y Dimensiones:

- Camión plataforma con cama útil para la longitud del módulo.
- Elementos de trincaje: eslingas y cinchas, cadenas grado 80/100, tensores y anclajes a chasis.
- Protecciones: Tacos de manera, mantas y plástico.
- Equipo de izaje; camión grúa móvil 25-50 ton, según masa o alcance.
- Documentación: hoja técnica de pesos y puntos de izajes, póliza de seguro de carga, guía de remisión y permiso de tránsito especial si aplica.

Mano de obra:

- Jefe de transporte.
- Conductor profesional.
- Señalero.
- Operador de grúa certificado.
- Supervisor de seguridad.

Actividades a ejecutar:

1. Verificación de rutas y accesos a obra.
2. Inspección previa del módulo y definición de puntos de izaje.
3. Traslado con conducción defensiva, velocidad controlada, paradas para verificar trincaje y uso de señalización diurna y nocturna.
4. Descarga con izaje lento, guiado por señalero.
5. Retiro de protecciones, inspección final de integridad del módulo.
6. Acta de entrega con fotos.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

28. Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros

COD: CX-BO(2)

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de una bomba para impulsión de aguas residuales hacia los filtros, incluyendo todas las conexiones hidráulicas necesarias con tubería y accesorios de PVC rígido. La bomba debe instalarse lista para operación, garantizando flujo adecuado y estanqueidad del sistema.

Materiales y Dimensiones:

- Bomba para impulsión de aguas residuales (AARR) según especificaciones del sistema.
- Válvula de bola para control de flujo.
- Tubería PVC rígida Desagüe 3" (75 mm).
- Codos 90° y 45° en PVC rígido Desagüe 3" (75 mm).
- Tee de PVC rígido Desagüe 3" (75 mm).
- Herramientas menores para montaje y ajuste.

Mano de obra:

- Técnico de montaje para instalación de bomba y accesorios.
- Apoyo de peones para manejo de materiales y conexiones.

Actividades a ejecutar:

7. Inspección y verificación de la bomba y accesorios antes del transporte.
8. Transporte de la bomba y materiales al sitio de instalación.
9. Instalación de la bomba en su base correspondiente.

10. Conexión de la tubería y accesorios (codos, tee y válvula de bola) asegurando correcta alineación y fijación.
11. Aplicación de sellantes si es necesario para garantizar estanqueidad.
12. Prueba de operación de la bomba y verificación del flujo hacia los filtros.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de bomba instalada y operativa**, incluyendo transporte, montaje, conexiones y pruebas de funcionamiento.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

29. Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500 L

COD: CX-TAPOL

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de un tanque de polietileno de 500 L marca Plastigama, asegurando su correcta ubicación, nivelación y conexión al sistema de almacenamiento o distribución de agua depurada, listo para operación.

Materiales y Dimensiones:

- Tanque de polietileno marca Plastigama, capacidad 500 L.
- Conexiones y accesorios de entrada/salida de agua según diseño.
- Herramientas menores para instalación y ajuste.

Mano de obra:

- Técnico de montaje para instalación y conexiones.
- Apoyo de peones para manejo del tanque.

Actividades a ejecutar:

1. Inspección del tanque y accesorios antes del transporte.
2. Transporte del tanque al sitio de instalación.
3. Ubicación y nivelación del tanque en su base.
4. Conexión hidráulica del tanque a la red de almacenamiento o distribución de agua depurada.
5. Prueba de estanqueidad y operación del tanque.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de tanque instalado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, conexiones y pruebas funcionales.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

30. Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para retrolavado

COD: CX-BO(3)

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de una bomba para impulsión de aguas residuales hacia el sistema de retrolavado de filtros, asegurando su correcta fijación, alineación, conexión hidráulica y eléctrica, lista para operación.

Materiales y Dimensiones:

- Bomba para impulsión de AARR según requerimientos del sistema de retrolavado.
- Conexiones hidráulicas necesarias (tuberías, válvulas, accesorios).
- Herramientas menores para instalación y ajuste.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2) para apoyo en instalación y manejo de materiales.
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1) para supervisión de montaje.
- Técnico electromecánico de construcción (Estr. Oc. E2) para conexión y prueba de la bomba.

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de la bomba y accesorios antes del transporte.
2. Transporte de la bomba al sitio de instalación.
3. Conexión hidráulica a la red de retrolavado de filtros.
4. Conexión eléctrica según especificaciones y pruebas de funcionamiento.
5. Prueba de operación de la bomba y verificación del flujo de retrolavado.

6. Ajustes finales y aprobación por parte del fiscalizador.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de bomba instalada y operativa**, incluyendo transporte, montaje, conexiones hidráulicas y eléctricas, y pruebas funcionales.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

31. Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta

COD: CX-CAUD

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de caudalímetros electromagnéticos en la entrada y salida de la planta depuradora, incluyendo sensores de oxígeno disuelto, asegurando su correcta fijación, alineación y conexión a la red de control y monitoreo.

Materiales y Dimensiones:

- Caudalímetro electromagnético SUP-LDG según diseño del sistema.
- Sensor de oxígeno disuelto para monitoreo de calidad del agua.
- Conexiones eléctricas y mecánicas necesarias para instalación.
- Herramientas menores para montaje y ajuste.

Mano de obra:

- Técnico de montaje para instalación de caudalímetros y sensores.
- Apoyo de peones para manejo de equipos y conexiones.

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de caudalímetros y sensores antes del transporte.
2. Transporte de equipos al sitio de instalación.
3. Posicionamiento e instalación de caudalímetros en la entrada y salida de la planta.
4. Conexión mecánica a la tubería y aseguramiento de estanqueidad.
5. Conexión eléctrica y calibración de los sensores y caudalímetros.
6. Pruebas de funcionamiento, lectura de caudal y validación de sensores.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de caudalímetro instalado y operativo**, incluyendo transporte, montaje, conexiones, calibración y pruebas funcionales.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

32. Rubro: Instalación de Letreros Informativos

COD: CX-LETR

Descripción:

Consiste en el suministro, transporte, montaje e instalación de letreros informativos prefabricados, asegurando su correcta ubicación, fijación.

Materiales y Dimensiones:

- Letrero informativo prefabricado de 2.40 × 3.60 m.
- Tubo galvanizado de 2" para soporte.
- Tornillería y accesorios para fijación.
- Herramientas menores para instalación y ajuste.

Mano de obra:

- Técnico de montaje para instalación de letreros.
- Apoyo de peones para manejo de materiales y fijación.

Actividades a ejecutar:

1. Inspección y verificación de los letreros y tubos antes del transporte.
2. Transporte de los letreros al sitio de instalación.
3. Posicionamiento y fijación de los tubos de soporte en el terreno.
4. Instalación del letrero sobre los tubos galvanizados asegurando nivelación y estabilidad.
5. Verificación de seguridad y resistencia del letrero instalado.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad de letrero instalado y operativo**, incluyendo transporte, montaje y fijación.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

33. Rubro: Control y Monitoreo de Ruido

COD: CX-RUI

Descripción:

El control y seguimiento de ruido consisten en las acciones destinadas a evaluar, regular y disminuir los niveles sonoros que se generen durante la construcción, operación o mantenimiento del proyecto. Con estas actividades se asegura el cumplimiento de la normativa ambiental y de salud ocupacional, reduciendo los impactos sobre los trabajadores y la comunidad cercana.

Materiales y Dimensiones:

- Sonómetro calibrado según norma ISO 1996 o equivalente.
- Barreras acústicas o elementos de atenuación para áreas de mayor ruido.

Actividades a Ejecutar:

1. Medición periódica de ruido ambiental con sonómetro calibrado.
2. Registro y análisis de resultados conforme a norma ISO 1996 o equivalente.
3. Instalación de barreras acústicas en fuentes de ruido intenso.
4. Control de horarios para actividades que generen alto nivel sonoro, en cumplimiento de las regulaciones locales.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad** ejecutada.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

34. Rubro: Charlas de seguridad y salud ocupacional

COD: CX-CHAR

Descripción:

Las charlas de seguridad y salud ocupacional consisten en la capacitación periódica a los trabajadores sobre prácticas seguras, prevención de riesgos, uso adecuado de equipos de protección personal y cumplimiento de la normativa vigente.

Normas y Referencias:

- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

Materiales y Dimensiones:

- Material didáctico (presentaciones, trípticos o guías impresas).
- Espacio físico adecuado para reuniones o capacitaciones.
- Equipo audiovisual de apoyo (proyector, pantalla o similar).

Actividades a Ejecutar:

1. Planificación y coordinación de la charla según cronograma de obra.
2. Impartición de charlas por parte de personal técnico calificado en seguridad y salud.
3. Entrega de material informativo a los trabajadores.
4. Registro de asistencia y archivo de evidencias (listas, fotos, actas).

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por unidad ejecutada, conforme al número de charlas impartidas y

debidamente documentadas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

35. Limpieza y cierre de obra

COD: CX-LIMP

Descripción:

Consiste en realizar la limpieza general del área de intervención al finalizar las actividades de construcción, operación o mantenimiento. Incluye el retiro de escombros, materiales sobrantes, residuos sólidos y líquidos.

Materiales y Dimensiones:

- Bolsas y recipientes para recolección de residuos.
- Herramientas manuales de limpieza (escobas, palas, carretillas).
- Equipo de protección personal para los trabajadores.
- Contenedores o medios autorizados para transporte de escombros.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Albañil (Estr. Ocup. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a Ejecutar:

1. Recolección y clasificación de desechos generados durante el proyecto.
2. Retiro de materiales sobrantes y traslado a disposición final autorizada.
3. Limpieza de superficies, instalaciones y accesos.
4. Entrega del área intervenida en condiciones adecuadas y libres de residuos.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado**, conforme a la limpieza integral del área y la

entrega del sitio en condiciones satisfactorias.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

36. Clausura y abandono de obras

COD: CX-CLAU

Descripción:

Consiste en la ejecución de todas las actividades necesarias para dejar el área de trabajo en condiciones seguras y estables una vez finalizadas las obras. Incluye el retiro de estructuras provisionales, desmantelamiento de instalaciones temporales, gestión adecuada de residuos, estabilización de taludes o superficies intervenidas y cualquier acción que garantice la seguridad y mitigación de impactos posteriores.

Materiales y Dimensiones:

- Elementos de señalización y protección temporal.
- Herramientas y equipos manuales y mecánicos para retiro y clausura.
- Equipo de protección personal para trabajadores.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Albañil (Estr. Ocup. D2)
- Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

Actividades a Ejecutar:

1. Retiro de instalaciones provisionales (campamentos, bodegas, cercas, señalización temporal).
2. Limpieza y disposición final de desechos sólidos y materiales sobrantes.
3. Relleno, nivelación y estabilización del terreno intervenido.
4. Clausura de accesos temporales y restitución de superficies afectadas.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado (m²)** de superficie clausurada y entregada en condiciones satisfactorias.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

37. Plan de manejo de desechos

COD: CX-DES

Descripción:

El Plan de Manejo de Desechos (PMD) define las directrices técnicas y procedimentales para la gestión responsable de los residuos producidos en las fases de construcción, operación y mantenimiento de una planta depuradora de aguas residuales. Su propósito es reducir los impactos ambientales, asegurar el cumplimiento de la normativa vigente y fomentar prácticas sostenibles.

Materiales y Dimensiones:

- Contenedores diferenciados para clasificación de residuos (plásticos, metales, orgánicos, peligrosos).
- Bolsas plásticas resistentes y etiquetadas.
- Áreas designadas de acopio temporal debidamente señalizadas.
- Equipos de protección personal para manipulación de desechos.

Actividades a Ejecutar:

1. Clasificación de los residuos en el sitio de generación.
2. Almacenamiento en recipientes y contenedores apropiados, identificados con código de colores.
3. Transporte interno de desechos hacia áreas de acopio temporal.
4. Coordinación con gestores ambientales autorizados para disposición final.
5. Registro y control de cantidades de residuos generados.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad**.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

38. Plan de prevención y mitigación de impactos

COD: CX-PREV

Descripción:

Elaboración e implementación de un Plan de Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales (PPMIA) orientado a minimizar los efectos adversos generados durante las fases de construcción, operación y mantenimiento de la planta. Este plan incluye la identificación de impactos, establecimiento de medidas de control y monitoreo de su cumplimiento, en conformidad con la normativa ambiental vigente.

Forma de medición y pago:

Se medirá por unidad, entendiéndose como la implementación y cumplimiento del plan aprobado. El pago se realizará contra la presentación de informes y evidencias documentadas de su ejecución.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

39. Inspección de soldadura

COD: CX-INSP

Descripción:

Corresponde a la verificación técnica y visual de las uniones soldadas ejecutadas en la estructura metálica de la obra, con el fin de garantizar que cumplan con los requisitos de calidad, seguridad y resistencia establecidos en las especificaciones del proyecto y normativas vigentes.

Materiales y Dimensiones:

- Equipos de inspección visual y medición (lupas, galgas, calibradores).
- Equipos de ensayo no destructivo (líquidos penetrantes, ultrasonido, partículas magnéticas, según aplique).
- Registro fotográfico y formatos de inspección.

Mano de obra:

- Técnico inspector de soldadura

Actividades a Ejecutar:

1. Revisión de calificación de soldadores y procedimientos de soldadura.
2. Inspección visual de cordones de soldadura (dimensiones, continuidad, ausencia de defectos).
3. Aplicación de ensayos no destructivos según el tipo de unión.
4. Elaboración de informes de conformidad o no conformidad.
5. Seguimiento y verificación de reparaciones en caso de ser necesarias.

Forma de medición y pago:

Se medirá por **unidad**, entendiéndose como cada inspección documentada y aprobada de las uniones soldadas.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

40. Kit Antiderrames en Tierra

COD: CX-ANTID

Descripción:

Consiste en la provisión, instalación y uso de kits antiderrames para la contención y control de derrames de líquidos, aceites o sustancias químicas sobre superficies terrestres. Su finalidad es prevenir la contaminación del suelo, proteger al personal y minimizar impactos ambientales durante las actividades de construcción, operación o mantenimiento.

Materiales y Dimensiones:

- Fundas antiderrames para contención inmediata.
- Bandejas de polietileno para recolección de líquidos.
- Material absorbente granular o en almohadillas para retener derrames.
- Contenedores de almacenamiento temporal de residuos líquidos.

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)

Actividades a Ejecutar:

1. Identificación de áreas y fuentes potenciales de derrames.
2. Colocación del kit en zonas críticas antes y durante las operaciones.
3. Contención inmediata de derrames accidentales.
4. Recolección y disposición adecuada de los materiales absorbentes utilizados.
5. Limpieza del área y registro de incidencias.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **unidad**

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

41. Rubro: Pintura anticorrosiva

COD: CX-PINT

Descripción:

Consiste en la preparación, aplicación y acabado de pintura anticorrosiva sobre estructuras metálicas expuestas, con el fin de protegerlas de la corrosión y garantizar su durabilidad en condiciones ambientales adversas. Incluye limpieza de superficies, aplicación de imprimante y recubrimientos según especificaciones del fabricante.

Materiales y Dimensiones:

- Pintura anticorrosiva naval SIGMACOVER™ 280.
- Diluyente recomendado por el fabricante.
- Brochas, rodillos y/o equipos de pulverización según requerimiento.
- Equipos de protección personal (guantes, gafas, mascarillas).

Mano de obra:

- Peón (Estr. Ocup. E2)
- Pintor

Actividades a Ejecutar:

1. Preparación de la superficie (limpieza, desengrasado y lijado).
2. Aplicación de capa de imprimante si es requerida.
3. Aplicación de pintura anticorrosiva SIGMACOVER™ 280 según espesores indicados.
4. Secado y control de calidad visual y de espesor.
5. Limpieza de herramientas y manejo seguro de residuos de pintura.

Forma de medición y pago:

Se medirá y pagará por **metro cuadrado (m²)** de superficie pintada y correctamente recubierta.

Nota: Cualquier cambio queda bajo el criterio del fiscalizador.

**ANEXO B: ANEXO B: ANÁLISIS DE
PRECIOS
UNITARIOS (APUS), PRESUPUESTO
REFERENCIAL DE LA OBRA Y
CRONOGRAMA**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-LD			
RUBRO:		Limpieza y desbroce (manual)			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.033			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.029
SUBTOTAL (M)					0.03
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	4.00	4.05	16.20	0.033	0.54
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.20	4.55	0.91	0.033	0.03
SUBTOTAL (N)					0.57
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.60
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.11
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0.71
	VALOR OFERTADO				0.71

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-PINT			
RUBRO:		Pintura anticorrosiva			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.200			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.082
SUBTOTAL (M)					0.08
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.200	0.81
Pintor	1.00	4.19	4.19	0.200	0.84
SUBTOTAL (N)					1.65
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Anticorrosivo naval SIGMACOVER™ 280	gln	0.05	46.50	2.33	
Diluyente	gln	0.02	9.69	0.15	
SUBTOTAL (O)					2.47
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4.20
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.76
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4.96
	VALOR OFERTADO				4.96

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-ANTID			
RUBRO:		Kit Antiderrames en Tierra			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.515			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.307
SUBTOTAL (M)					0.31
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	1.515	6.14
SUBTOTAL (N)					6.14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Fundas Antiderrame	u	2.00	2.50	5.00	
Bandeja de Polietileno	u	1.00	7.00	7.00	
Material Absorbente	m3	0.10	12.00	1.20	
SUBTOTAL (O)					13.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				19.64
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				3.54
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				23.18
	VALOR OFERTADO				23.18

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-LO			
RUBRO:		Letrero de Obra (1.22x2.44) m			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.667
SUBTOTAL (M)					0.67
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	1.000	8.10
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.25	4.55	1.14	1.000	1.14
Carpintero	1.00	4.10	4.10	1.000	4.10
SUBTOTAL (N)					13.34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Letrero/Plywood e=1cm/con plástico inc. leyenda	u	1.00	86.40	86.40	
SUBTOTAL (O)					86.40
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				100.40
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				18.07
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				118.48
	VALOR OFERTADO				118.48

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-LO			
RUBRO:		Letrero de Obra (1.22x2.44) m			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.667
SUBTOTAL (M)					0.67
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	1.000	8.10
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.25	4.55	1.14	1.000	1.14
Carpintero	1.00	4.10	4.10	1.000	4.10
SUBTOTAL (N)					13.34
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Letrero/Plywood e=1cm/con plástico inc. leyenda		u	1.00	86.40	86.40
SUBTOTAL (O)					86.40
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				100.40
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				18.07
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				118.48
	VALOR OFERTADO				118.48

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-TR			
RUBRO:		Trazado y replanteo			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.033			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.030
Eq. Topográfico	0.20	3.75	0.75	0.033	0.02
SUBTOTAL (M)					0.06
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.033	0.40
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.20	4.55	0.91	0.033	0.03
Carpintero	1.00	4.10	4.10	0.033	0.14
Topógrafo	0.20	4.65	0.93	0.033	0.03
SUBTOTAL (N)					0.60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Accesorios (Claves, Cuarones, Piola, Tiras, Etc)		u	1.00	0.20	0.20
SUBTOTAL (O)					0.20
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0.86
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.15
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.01
	VALOR OFERTADO				1.01

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CONT			
RUBRO:		Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Container marítimo	1.00	3000.00	3000.00	1.000	3000.000
Cortadora	1.00	6.25	6.25	1.000	6.25
Soldadora GTAW	1.00	12.32	12.32	1.000	12.32
SUBTOTAL (M)					3018.57
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	2.00	4.50	9.00	1.000	9.00
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	1.000	8.10
Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)	0.50	4.10	2.05	1.000	2.05
Técnico inspector de soldadura	0.50	4.50	2.25	1.000	2.25
SUBTOTAL (N)					21.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Anticorrosivo naval SIGMACOVER™ 280	gln	8.31	46.50	386.35	
Plancha de acero galvanizado calibre 18	m2	26.00	14.18	368.68	
Electrodo E7018	u	100.00	0.01	1.00	
SUBTOTAL (O)					756.03
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				3796.00
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				683.28
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4479.27
	VALOR OFERTADO				4479.27

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena				
NOMBRE DE OFERENTE:	Angie Vera y Andrés Yagual				
CÓDIGO:	CX-TRANS				
RUBRO:	Transporte y descarga de PDAR Prefabricada en camión plataforma				
UNIDAD:	Viaje				
RENDIMIENTO (h/u):	1.000				
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$
SUBTOTAL (M)					
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	$C = A \times B$	R	$D = C \times R$
SUBTOTAL (N)					
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	$C = A \times B$	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	$C = A \times B$
Transporte de PDAR Prefabricada en camión plataforma	milla		100.00	2.61	261.00
SUBTOTAL (P) 261.00					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				261.00
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				46.98
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				307.98
	VALOR OFERTADO				307.98

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-DEMOL			
RUBRO:		Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo			
UNIDAD:		m3			
RENDIMIENTO (h/u):		0.889			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					1.007
Martillo Neumático	1.00	17.50	17.50	0.889	15.56
Volqueta de 12m3	1.00	38.63	38.63	0.889	34.34
Retroexcavadora	1.00	27.00	27.00	0.889	24.00
SUBTOTAL (M)					74.90
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.889	10.80
Chofer: Volquetas (Estrc. Oc. C1)	1.00	5.95	5.95	0.889	5.29
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.889	0.40
Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)	1.00	4.10	4.10	0.889	3.64
SUBTOTAL (N)					20.14
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				95.04
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				17.11
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				112.14
	VALOR OFERTADO				112.14

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-TANQ			
RUBRO:		Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					1.984
SUBTOTAL (M)					1.98
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.20	4.55	0.91	8.000	7.28
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	8.000	32.40
SUBTOTAL (N)					39.68
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Complejo dosificador AQUAFLOW DC SP 615hw06	u	1.00	494.65	494.65	
Medidor de agua potable	u	1.00	20.00	20.00	
Bomba dosificadora BlackStone, 1.5 lph	u	1.00	287.04	287.04	
Tubería PVC SCH 80, 20mm	ml	5.50	4.58	25.19	
Válvula de bola	u	2.00	13.00	26.00	
Codos PVC SCH 80, 20mm	u	8.00	0.50	4.00	
SUBTOTAL (O)					856.88
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					0.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				898.54
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				161.74
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1060.28
	VALOR OFERTADO				1060.28

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-VACI			
RUBRO:		Vaciado de pozo ciego			
UNIDAD:		m3			
RENDIMIENTO (h/u):		0.250			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.083
Camión cisterna de succión	1.00	25.00	25.00	0.250	6.25
Mangueras y acoples de succión	1.00	2.00	2.00	0.250	0.50
SUBTOTAL (M)					6.83
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Operador de Camión cisterna de succión	1.00	3.80	3.80	0.250	0.95
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	2.80	2.80	0.250	0.70
SUBTOTAL (N)					1.65
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Diésel		L	1.00	1.20	1.20
Lubricante		L	0.05	5.00	0.25
SUBTOTAL (O)					1.45
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Traslado de camión	Viaje		0.13	20.00	2.50
SUBTOTAL (P)					2.50
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				12.43
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				2.24
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				14.67
	VALOR OFERTADO				14.67

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-COLO			
RUBRO:		Colocación de cal en relleno de pozo			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.050			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.011
Carretilla	1.00	1.50	1.50	0.050	0.08
SUBTOTAL (M)					0.09
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.050	0.02
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.050	0.20
SUBTOTAL (N)					0.23
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cal (Óxido de calcio)	kg	2.50	0.25	0.63	
SUBTOTAL (O)					0.63
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte de cal	Saco		0.10	1.50	0.15
SUBTOTAL (P)					0.15
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.09
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.20
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.28
	VALOR OFERTADO				1.28

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-RELL			
RUBRO:		Relleno Compactado con cascajo			
UNIDAD:		m3			
RENDIMIENTO (h/u):		0.320			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.267
Compactador mediano	1.00	1.87	1.87	0.320	0.60
SUBTOTAL (M)					0.87
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.320	3.89
Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)	1.00	4.10	4.10	0.320	1.31
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.320	0.15
SUBTOTAL (N)					5.35
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cascajo mediano y fino	m3	1.35	5.06	6.83	
Agua	m3	0.15	3.13	0.47	
SUBTOTAL (O)					7.30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				13.51
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				2.43
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				15.94
	VALOR OFERTADO				15.94

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-ENCO			
RUBRO:		Encofrado y desencofrado de plywood para losa			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.186			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.267
Compactador mediano	1.00	1.87	1.87	0.186	0.35
SUBTOTAL (M)					0.61
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.186	2.26
Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)	1.00	4.10	4.10	0.186	0.76
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.186	0.08
SUBTOTAL (N)					3.11
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cascajo mediano y fino	m3	1.35	5.06	6.83	
Agua	m3	0.15	3.13	0.47	
SUBTOTAL (O)					7.30
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11.02
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				1.98
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				13.01
	VALOR OFERTADO				13.01

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-REPL			
RUBRO:		Replantillo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm			
UNIDAD:		m3			
RENDIMIENTO (h/u):		0.320			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.268
Vibrador	1.00	4.06	4.06	0.320	1.30
SUBTOTAL (M)					1.57
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.320	1.31
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	0.320	2.59
Operador de equipo liviano (Es. Oc. D2)	1.00	4.10	4.10	0.320	1.31
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.320	0.15
SUBTOTAL (N)					5.36
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado 180 kg/cm2	m3	1.00	106.90	106.90	
Servicio de bombeo	m3	1.00	11.50	11.50	
Inhibidor de corrosión	m3	0.00	18.00	0.00	
SUBTOTAL (O)					118.40
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Sobrecarreo	m3		1.00	15.52	15.52
SUBTOTAL (P)					15.52
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				140.85
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				25.35
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				166.21
	VALOR OFERTADO				166.21

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-FUND			
RUBRO:		Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c = 280 kg/cm2			
UNIDAD:		m3			
RENDIMIENTO (h/u):		0.800			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.670
Vibrador	1.00	4.06	4.06	0.800	3.25
SUBTOTAL (M)					3.92
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.800	3.28
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	0.800	6.48
Operador de equipo liviano (Es. Oc. D2)	1.00	4.10	4.10	0.800	3.28
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.800	0.36
SUBTOTAL (N)					13.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Hormigón premezclado resistente a los sulfatos con f'c=280 kg/cm2	m3	1.00	121.71	121.71	
Servicio de bombeo	m3	1.00	11.50	11.50	
Inhibidor de corrosión	m3	1.00	18.00	18.00	
SUBTOTAL (O)					151.21
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Sobrecarreo	m3		1.00	14.52	14.52
SUBTOTAL (P)					14.52
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				183.05
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				32.95
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				216.00
	VALOR OFERTADO				216.00

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-ACER			
RUBRO:		Acero de refuerzo varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión, configurado y colocación)			
UNIDAD:		kg			
RENDIMIENTO (h/u):		0.011			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.012
Cizalla de corte	0.50	0.08	0.04	0.011	0.00
SUBTOTAL (M)					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Fierrero (Estr. Ocup. D2)	2.00	4.10	8.20	0.011	0.09
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.011	0.14
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.011	0.01
SUBTOTAL (N)					0.24
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	kg	1.05	1.23	1.29	
Alambre Recocido #18	u	0.03	2.36	0.07	
SUBTOTAL (O)					1.36
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1.61
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.29
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1.90
	VALOR OFERTADO				1.90

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-PERF			
RUBRO:		Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		4.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					4.171
SUBTOTAL (M)					4.17
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plomero (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	4.000	16.40
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	4.000	32.40
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	4.000	1.82
Operador de equipo liviano (Estr. Oc. D2)	2.00	4.10	8.20	4.000	32.80
SUBTOTAL (N)					83.42
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tubo PVC desagüe 4"x3m	u	1.00	8.75	8.75	
SILICON RTV TRANSPARENTE 3.0 ONZ #66BR	u	0.33	3.14	1.04	
Subcontraro: Perforación en concreto armadura pasante	u	1.00	65.00	65.00	
SUBTOTAL (O)					74.79
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				162.38
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				29.23
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				191.61
	VALOR OFERTADO				191.61

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-TAPA			
RUBRO:		Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		0.800			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.934
Concretera	0.50	4.80	2.40	0.800	1.92
Cortador-Dobladora	0.20	1.68	0.34	0.800	0.27
SUBTOTAL (M)					3.12
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	0.800	9.72
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.800	3.28
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.30	4.55	1.37	0.800	1.09
Fierrero (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.800	3.28
Carpintero	0.40	4.10	1.64	0.800	1.31
SUBTOTAL (N)					18.68
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tapa Cuadrada/Fundición Dúctil 600x600mm 125kN	u	1.00	150.00	150.00	
Cemento Tipo GU incluye transporte	kg	23.00	3.68	84.64	
Piedra #3/4" incluye transporte	m3	0.04	0.47	0.02	
Agua	m3	0.01	0.49	0.00	
Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	5.50	0.02	0.13	
SUBTOTAL (O)					234.79
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				256.60
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				46.19
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				302.78
	VALOR OFERTADO				302.78

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-BO(1)			
RUBRO:		Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.667			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					2.233
SUBTOTAL (M)					2.23
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	2.667	21.60
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	1.00	4.55	4.55	2.667	12.13
Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)	1.00	4.10	4.10	2.667	10.93
SUBTOTAL (N)					44.67
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Bomba	u	1.00	3966.64	3966.64	
Codos PVC Rígido Desagüe 4", 110mm	u	4.00	0.40	1.60	
Tubería de PVC Rígida Desagüe 4", 110mm	ml	4.50	5.41	24.35	
SUBTOTAL (O)					3992.59
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4039.49
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				727.11
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4766.59
	VALOR OFERTADO				4766.59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-DESB			
RUBRO:		Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		6.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					5.580
Máquina soldadora GTAW	1.00	15.00	15.00	6.000	90.000
Grúa movil para izaje	1.00	10.00	10.00	6.000	60.00
SUBTOTAL (M)					155.58
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	2.00	4.50	9.00	6.000	54.00
Técnico de montaje	1.00	5.00	5.00	6.000	30.00
Operador de equipo pesado	1.00	4.60	4.60	6.000	27.60
SUBTOTAL (N)					111.60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Acero Naval EH36 (placas, tubos, perfiles)		kg	300.00	0.65	195.00
Tornillería y pernos inoxidables		u	100.00	0.23	23.00
Tubería PVC Rígida Desagüe 4"". 110mm		ml	0.20	5.41	1.08
Rejillas metálicas		u	1.00	40.00	40.00
SUBTOTAL (O)					259.08
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				546.26
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				98.33
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				644.59
	VALOR OFERTADO				644.59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-ESC			
RUBRO:		Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable (h=2m) incluye transporte			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.428
Máquina soldadora GTAW	1.00	15.00	15.00	1.000	15.00
SUBTOTAL (M)					15.43
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	1.00	4.50	4.50	1.000	4.50
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	1.000	4.05
SUBTOTAL (N)					8.55
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero inoxidable	kg	1.00	80.00	80.00	
SUBTOTAL (O)					80.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				103.98
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				18.72
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				122.69
	VALOR OFERTADO				122.69

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-DESA			
RUBRO:		Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.267
Grúa móvil para izaje	1.00	10.00	10.00	8.000	80.00
SUBTOTAL (M)					80.27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	2.00	4.50	9.00	8.000	72.00
Técnico de montaje	1.00	5.00	5.00	8.000	40.00
Operador de equipo pesado	1.00	4.60	4.60	8.000	36.80
SUBTOTAL (N)					148.80
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles)		kg	750.00	0.65	487.50
Tornillería y pernos inoxidables		u	120.00	0.23	27.60
Sellantes y juntas		l	6.00	25.00	150.00
SUBTOTAL (O)					665.10
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				914.17
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				164.55
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1078.72
	VALOR OFERTADO				1078.72

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-PARS			
RUBRO:		Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					
Grúa movil para izaje	1.00	10.00	10.00	8.000	80.00
SUBTOTAL (M)					80.27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	2.00	4.50	9.00	8.000	72.00
Técnico de montaje	1.00	5.00	5.00	8.000	40.00
Operador de equipo pesado	1.00	4.60	4.60	8.000	36.80
SUBTOTAL (N)					148.80
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero Naval EH36 (placas, tubos, perfiles)	kg	215.00	0.65	139.75	
Tornillería y pernos inoxidables	u	120.00	0.23	27.60	
Sellantes y juntas	l	6.00	25.00	150.00	
SUBTOTAL (O)					317.35
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				566.42
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				101.96
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				668.37
	VALOR OFERTADO				668.37

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-MLENT			
RUBRO:		Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye transporte			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		6.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.267
Máquina soldadora GTAW	1.00	15.00	15.00	6.000	90.000
Grúa movil para izaje	1.00	50.00	50.00	6.000	300.00
Plataforma elevadora	1.00	8.00	8.00	6.000	48.00
SUBTOTAL (M)					438.27
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	2.00	4.50	9.00	6.000	54.00
Técnico de montaje	1.00	5.00	5.00	6.000	30.00
Operador de equipo pesado	1.00	4.60	4.60	6.000	27.60
SUBTOTAL (N)					111.60
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles)	kg	6400.00	0.65	4160.00	
Tornillería y pernos inoxidables	u	120.00	0.23	27.60	
Sellantes y juntas	l	6.00	25.00	150.00	
Válvula de bola	u	1.00	13.00	13.00	
SUBTOTAL (O)					4350.60
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4920.47
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				885.68
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				5806.15
	VALOR OFERTADO				5806.15

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-PRO			
RUBRO:		Suministro e Instalación de Propela (D=0.60m) incluye motor			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					5.640
Máquina soldadora GTAW	1.00	15.00	15.00	8.000	120.00
Grúa móvil para izaje	1.00	50.00	50.00	8.000	400.00
SUBTOTAL (M)					525.64
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Soldador	1.00	4.50	4.50	8.000	36.00
Técnico de montaje	1.00	5.00	5.00	8.000	40.00
Operador de equipo pesado	1.00	4.60	4.60	8.000	36.80
SUBTOTAL (N)					112.80
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Acero naval EH36 (placas, tubos, perfiles)	kg	50.00	6.50	325.00	
Tornillería y pernos inoxidables	u	50.00	0.23	11.50	
Sellantes y juntas	l	6.00	25.00	150.00	
SUBTOTAL (O)					486.50
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1144.94
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				206.09
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1351.03
	VALOR OFERTADO				1351.03

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-FIL			
RUBRO:		Suministro e instalación de filtros a presión (V=0.7m3) incluye rociadores y válvula selectora			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		6.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					2.850
SUBTOTAL (M)					2.85
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico instalador	1.00	5.45	5.45	6.000	32.70
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	6.000	24.30
SUBTOTAL (N)					57.00
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Filtro a presión en PRFV V=0.7m3		u	1.00	950.00	950.00
Rociadores internos		u	1.00	85.00	85.00
Válvula selectora multipuesto 3"		u	1.00	160.00	160.00
Sellador teflón		rollo	1.00	2.50	2.50
SUBTOTAL (O)					1197.50
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
Transporte camión plataforma	viaje		1.00	20.00	20.00
SUBTOTAL (P)					20.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1277.35
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				229.92
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1507.27
	VALOR OFERTADO				1507.27

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-BO(2)			
RUBRO:		Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.667			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					2.233
SUBTOTAL (M)					2.23
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	2.667	21.60
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	1.00	4.55	4.55	2.667	12.13
Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)	1.00	4.10	4.10	2.667	10.93
SUBTOTAL (N)					44.67
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Bomba		u	1.00	1678.40	1678.40
Válvula de bola		u	3.00	13.00	39.00
Codos 90 PVC Rígido Desagüe 3", 75mm		u	10.00	0.40	4.00
Codos 45 PVC Rígido Desagüe 3", 75mm		u	2.00	0.40	0.80
Tubería de PVC Rígida Desagüe 3", 75mm		ml	8.00	5.41	43.28
Tee de PVC Rígida Desagüe 3", 75mm		u	3.00	0.40	1.20
SUBTOTAL (O)					1766.68
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					0.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1813.58
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				326.44
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2140.02
	VALOR OFERTADO				2140.02

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-TAPOL			
RUBRO:		Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500L			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.820
SUBTOTAL (M)					0.82
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Albañil (Estr. Ocup. D2)					2.00 4.10 8.20 2.000 16.40
SUBTOTAL (N)					16.40
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Tanque Polietileno Plastigama 500L					u 1.00 90.00 90.00
SUBTOTAL (O)					90.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				107.22
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				19.30
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				126.52
	VALOR OFERTADO				126.52

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-BO(3)			
RUBRO:		Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para retrolavado			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.667			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					2.233
SUBTOTAL (M)					2.23
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	2.667	21.60
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	1.00	4.55	4.55	2.667	12.13
Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)	1.00	4.10	4.10	2.667	10.93
SUBTOTAL (N)					44.67
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Bomba		u	1.00	1650.31	1650.31
Válvula de bola		u	4.00	13.00	52.00
Codos PVC Rígido Desagüe 3", 75mm		u	10.00	0.40	4.00
Tubería de PVC Rígida Desagüe 3", 75mm		ml	14.00	5.41	75.74
Tee de PVC Rígida Desagüe 3", 75mm		u	1.00	0.40	0.40
SUBTOTAL (O)					1782.45
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					0.00
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1829.35
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				329.28
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2158.63
	VALOR OFERTADO				2158.63

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CAUD			
RUBRO:		Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta			
UNIDAD:		glb			
RENDIMIENTO (h/u):		2.667			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					3.508
SUBTOTAL (M)					3.51
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Plomero (Estr. Ocup. D2)	0.10	4.10	0.41	2.667	1.09
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	2.667	10.80
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	3.00	4.55	13.65	2.667	36.40
Técnico electromecánico de constr. (Est. Oc. E2)	2.00	4.10	8.20	2.667	21.87
SUBTOTAL (N)					70.16
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Caudalímetro electromagnético SUP-LDG	u	2.00	550.00	1100.00	
Sensor oxígeno disuelto	u	2.00	220.00	440.00	
SUBTOTAL (O)					1540.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1613.67
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				290.46
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				1904.13
	VALOR OFERTADO				1904.13

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CERRA			
RUBRO:		Construcción cerramiento (rejas h = 2 m)			
UNIDAD:		ml			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.813
Soldadora eléctrica 300A	1.00	1.98	1.98	1.000	1.98
SUBTOTAL (M)					2.79
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Fierrero (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	1.000	4.10
Peón (Estr. Ocup. E2)	3.00	4.05	12.15	1.000	12.15
SUBTOTAL (N)					16.25
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Malla de cerramiento 50/10	m2	2.00	2.57	5.14	
Tubo de hg 2"	m	1.10	11.83	13.01	
SUBTOTAL (O)					18.15
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				37.20
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				6.70
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				43.89
	VALOR OFERTADO				43.89

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CINTA			
RUBRO:		Cinta de advertencia y señalización			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		0.200			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.045
SUBTOTAL (M)					0.05
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	0.200	0.81
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.200	0.09
SUBTOTAL (N)					0.90
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Cinta reflectiva 3m	u	3.00	19.98	59.94	
SUBTOTAL (O)					59.94
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				60.89
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				10.96
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				71.85
	VALOR OFERTADO				71.85

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-LETR			
RUBRO:		Instalación de Letreros Informativos			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.856
Soldadora eléctrica	1.00	3.75	3.75	2.000	7.50
SUBTOTAL (M)					8.36
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	2.000	16.20
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	2.000	0.91
SUBTOTAL (N)					17.11
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Letrero informativo 2.40x3.60m, tubo galvanizado 2"	u	1.00	50.00	50.00	
SUBTOTAL (O)					50.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				75.47
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				13.58
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				89.05
	VALOR OFERTADO				89.05

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-RUI			
RUBRO:		Control y monitoreo de ruido			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		5.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					1.013
Soonómetro digital	0.50	40.00	20.00	5.000	100.00
SUBTOTAL (M)					101.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.00	4.05	4.05	5.000	20.25
SUBTOTAL (N)					20.25
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				121.26
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				21.83
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				143.09
	VALOR OFERTADO				143.09

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CHAR			
RUBRO:		Charlas de seguridad y salud ocupacional			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		1.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
SUBTOTAL (M)					
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Residente de obra	1.00	4.56	4.56	1.000	4.56
SUBTOTAL (N) 4.56					
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4.56
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.82
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.38
	VALOR OFERTADO				5.38

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-LIMP			
RUBRO:		Limpieza y cierre de obra			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.320			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.202
SUBTOTAL (M)					0.20
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	0.320	2.59
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.320	1.31
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.320	0.15
SUBTOTAL (N)					4.05
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
SUBTOTAL (O)					
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4.25
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				0.77
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				5.02
	VALOR OFERTADO				5.02

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-CLAU			
RUBRO:		Clausura y abandono de obras			
UNIDAD:		m2			
RENDIMIENTO (h/u):		0.200			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					0.127
SUBTOTAL (M)					0.13
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.00	4.05	8.10	0.200	1.62
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.00	4.10	4.10	0.200	0.82
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.10	4.55	0.46	0.200	0.09
SUBTOTAL (N)					2.53
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Capa protectora (hormigín f'c 210 kg/cm2 e=5cm)	m2	1.00	8.75	8.75	
SUBTOTAL (O)					8.75
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11.41
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				2.05
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				13.46
	VALOR OFERTADO				13.46

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-DES			
RUBRO:		Plan de manejo de desechos			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					5.472
SUBTOTAL (M)					5.47
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Residente de obra	2.00	4.56	9.12	8.000	72.96
Ingeniero Eléctrico/Sanitario	1.00	4.56	4.56	8.000	36.48
SUBTOTAL (N)					109.44
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Plan de manejo de desechos	u	1.00	3956.34	3956.34	
SUBTOTAL (O)					3956.34
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				4071.25
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				732.83
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				4804.08
	VALOR OFERTADO				4804.08

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-PREV			
RUBRO:		Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		8.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramientas menores 5% de M.O.					5.472
SUBTOTAL (M)					5.47
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Residente de obra	2.00	4.56	9.12	8.000	72.96
Ingeniero Eléctrico/Sanitario	1.00	4.56	4.56	8.000	36.48
SUBTOTAL (N)					109.44
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Plan de prevención y mitigación de impactos	u	1.00	2853.75	2853.75	
SUBTOTAL (O)					2853.75
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO IINCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				2968.66
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				534.36
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				3503.02
	VALOR OFERTADO				3503.02

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
NOMBRE DEL PROYECTO:		Diseño del Sistema Depurador de aguas residuales del Hospital Básico Manglaralto, Santa Elena			
NOMBRE DE OFERENTE:		Angie Vera y Andrés Yagual			
CÓDIGO:		CX-INSP			
RUBRO:		Inspección de soldadura			
UNIDAD:		u			
RENDIMIENTO (h/u):		2.000			
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Equipo de inspección visual	1.00	10.00	10.00	2.000	20.000
SUBTOTAL (M)					20.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Técnico inspector de soldadura	1.00	4.50	4.50	2.000	9.00
SUBTOTAL (N)					9.00
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
			A	B	C = A x B
Materiales consumibles para pruebas (líquidos penetrantes, reveladores)		u	1.00	15.00	15.00
SUBTOTAL (O)					15.00
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DISTANCIA	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
			A	B	C = A x B
SUBTOTAL (P)					
*ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				44.00
	COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES 18%				7.92
	OTROS INDIRECTOS				
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				51.92
	VALOR OFERTADO				51.92

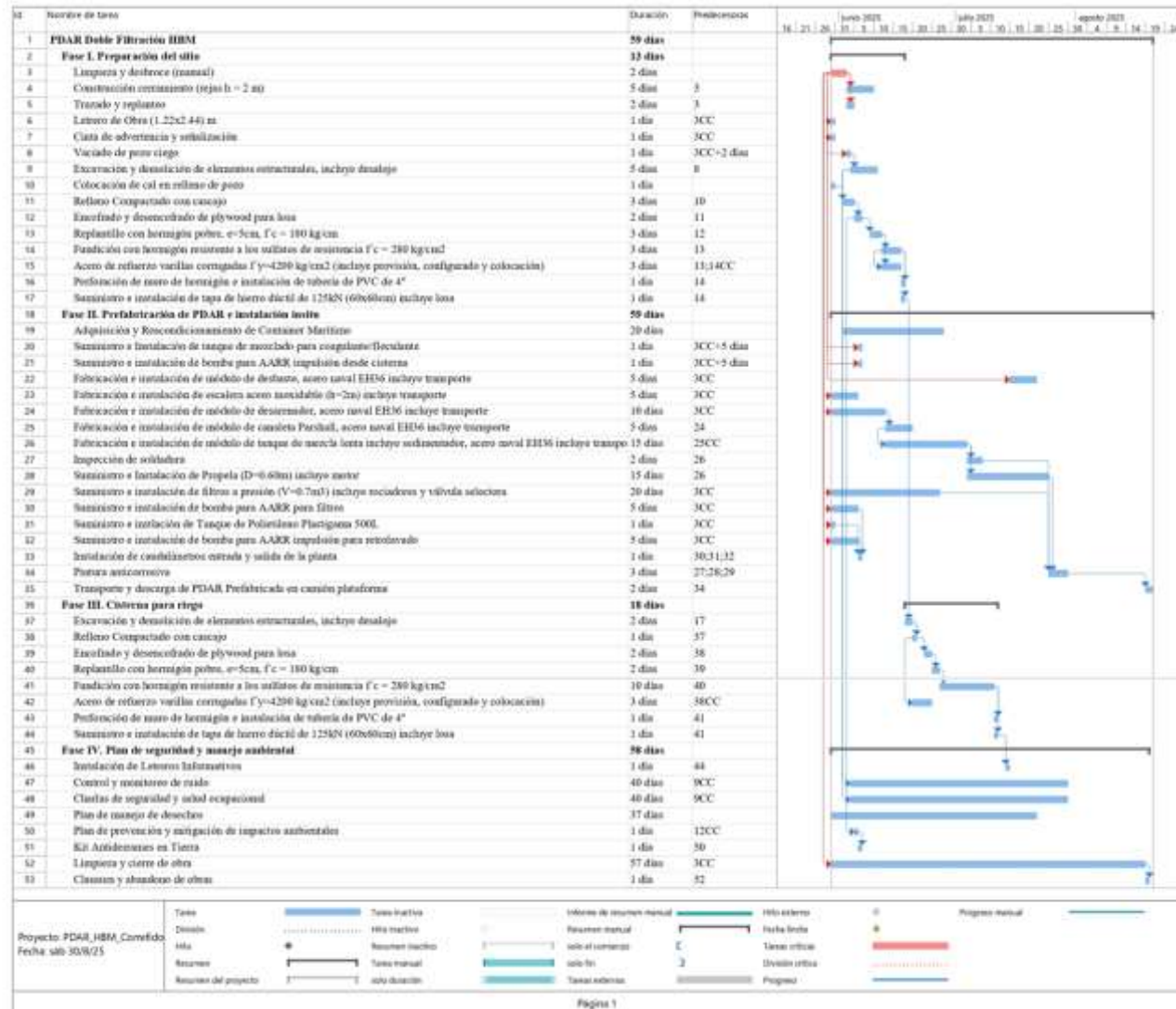
PROYECTO INTEGRADOR						
Presupuesto referencial para "Diseño de Planta Depuradora de Aguas Residuales Domésticas con Doble Filtración en Hospital Básico de Manglaralto, Santa Elena"						
No.	ID	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
PDAR Doble Filtración HBM						
Fase I. Preparación del sitio						
1	CX-LD	Limpieza y desbroce (manual)	m2	102.50	\$0.71	\$72.43
2	CX-CERRA	Construcción cerramiento (rejas h = 2 m)	ml	21.43	\$43.89	\$940.58
3	CX-TR	Trazado y replanteo	m2	75.00	\$1.01	\$75.95
4	CX-LO	Letrero de Obra (1.22x2.44) m	u	1.00	\$118.48	\$118.48
5	CX-CINTA	Cinta de advertencia y señalización	u	1.00	\$71.85	\$71.85
6	CX-VACI	Vaciado de pozo ciego	m3	50.00	\$14.67	\$733.52
7	CX-DEMOL	Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo	m3	32.00	\$112.14	\$3,588.64
8	CX-COLO	Colocación de cal en relleno de pozo	m2	16.00	\$1.28	\$20.51
9	CX-RELL	Relleno Compactado con cascajo	m3	16.00	\$15.94	\$255.10
10	CX-ENCO	Encofrado y desencofrado de plywood para losa	m2	32.70	\$13.01	\$425.31
11	CX-REPL	Replanteo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm2	m3	0.94	\$166.21	\$155.44
12	CX-FUND	Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c = 280 kg/cm2	m3	1.87	\$216.00	\$404.01
13	CX-ACER	Acero de refuerzo varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión, configurado y colocación)	kg	1500.00	\$1.90	\$2,853.98
14	CX-PERF	Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"	u	1.00	\$191.61	\$191.61
15	CX-TAPA	Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa	u	1.00	\$302.78	\$302.78
SUBTOTAL (sin IVA)						\$10,210.17
Fase II. Prefabricación de PDAR e instalación insitu						
16	CX-CONT	Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo	u	1.00	\$4,479.27	\$4,479.27
17	CX-TANQ	Suministro e Instalación de tanque de mezclado para coagulante/floculante	u	1.00	\$1,060.28	\$1,060.28

18	CX-BO(1)	Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna	u	1.00	\$4,766.59	\$4,766.59
19	CX-DESB	Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$644.59	\$644.59
20	CX-ESC	Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable (h=2m) incluye transporte	u	2.00	\$122.69	\$245.39
21	CX-DESA	Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$1,078.72	\$1,078.72
22	CX-PARS	Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$668.37	\$668.37
23	CX-MLENT	Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$5,806.15	\$5,806.15
24	CX-INSP	Inspección de soldadura	u	6.00	\$51.92	\$311.52
25	CX-PRO	Suministro e Instalación de Propela (D=0.60m) incluye motor	u	1.00	\$1,351.03	\$1,351.03
26	CX-FIL	Suministro e instalación de filtros a presión (V=0.7m3) incluye rociadores y válvula selectora	u	2.00	\$1,507.27	\$3,014.55
27	CX-BO(2)	Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros	u	1.00	\$261.00	\$261.00
28	CX-TAPOL	Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500L	u	2.00	\$126.52	\$253.04
29	CX-BO(3)	Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para retrolavado	u	1.00	\$2,158.63	\$2,158.63
30	CX-CAUD	Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta	glb	2.00	\$1,904.13	\$3,808.26
31	CX-PINT	Pintura anticorrosiva	m2	72.50	\$4.96	\$359.37
32	CX-TRANS	Transporte y descarga de PDAR Prefabricada en camión plataforma	Viaje	1.00	\$261.00	\$261.00
SUBTOTAL (sin IVA)						\$30,527.76
Fase III. Cisterna para riego						
33	CX-DEMOL	Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo	m3	11.00	\$112.14	\$1,233.59
34	CX-RELL	Relleno Compactado con cascajo	m3	2.40	\$15.94	\$38.26
35	CX-ENCO	Encofrado y desencofrado de plywood para losa	m2	16.00	\$13.01	\$208.10

36	CX-REPL	Replanteo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm	m3	0.59	\$166.21	\$98.73
37	CX-FUND	Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c = 280 kg/cm2	m3	11.52	\$216.00	\$2,488.34
38	CX-ACER	Acero de refuerzo varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión, configurado y colocación)	kg	1660.00	\$1.90	\$3,158.40
39	CX-PERF	Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"	u	1.00	\$191.61	\$191.61
40	CX-TAPA	Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm) incluye losa	u	1.00	\$302.78	\$302.78
SUBTOTAL (sin IVA)						\$7,719.82
Fase IV. Plan de seguridad y manejo ambiental						
41	CX-LETR	Instalación de Letreros Informativos	u	4.00	\$89.05	\$356.20
42	CX-RUI	Control y monitoreo de ruido	u	3.00	\$143.09	\$429.27
42	CX-CHAR	Charlas de seguridad y salud ocupacional	u	5.00	\$5.38	\$26.90
43	CX-DES	Plan de manejo de desechos	u	1.00	\$4,804.08	\$4,804.08
43	CX-PREV	Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales	u	1.00	\$3,503.02	\$3,503.02
44	CX-ANTID	Kit Antiderrames en Tierra	u	5.00	\$23.18	\$115.89
44	CX-LIMP	Limpieza y cierre de obra	m2	400.00	\$5.02	\$2,006.98
45	CX-CLAU	Clausura y abandono de obras	m2	400.00	\$13.46	\$5,384.36
SUBTOTAL (sin IVA)						\$16,626.71
TOTAL (sin IVA)						\$65,084.46

PROYECTO INTEGRADOR					
Desglose de presupuesto ambiental para "Diseño de Planta Depuradora de Aguas Residuales Domésticas con Doble Filtración en Hospital Básico de Manglaralto, Santa Elena"					
Actividad	Unidad	Frecuencia	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Riego periódico para control de polvo (con manguera y operador)	Unidad	Diaria	58	\$ 12.00	\$ 696.00
Cobertura de material en transporte	Unidad	Único	1	\$ 270.36	\$ 270.36
Adopción de materiales reciclados (gestión)	Unidad	Único	1	\$ 180.24	\$ 180.24
Cunetas temporales y barreras anti-erosión	Unidad	Único	1	\$ 330.43	\$ 330.43
Impermeabilización zonas de almacenamiento	Servicio	Único	1	\$ 600.00	\$ 600.00
Plan de manejo de desperdicios construcción	Plan + Ejecución	Único	1	\$ 300.39	\$ 300.39
Protección de vegetación (cercos temporales)	Instalación	Único	1	\$ 225.30	\$ 225.30
Programa de reforestación (plantas + mano de obra)	Paquete	Paquete	2	\$ 270.36	\$ 540.72
Capacitaciones informativas a moradores	Jornada	2 jornadas	10	\$ 90.12	\$ 901.20
Señalización y difusión (letreros, horarios)	Set	Único	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Retiro y manejo de lodos y residuos orgánicos (inicial)	Servicio	Único	1	\$ 300.39	\$ 300.39
SUBTOTAL (sin IVA)					\$4,645.03

Cronograma de obra



Cronograma Valorado de obra

PROYECTO INTEGRADOR							TIEMPO DE EJECUCIÓN											
Presupuesto referencial para "Diseño de Planta Depuradora de Aguas Residuales Domésticas con Doble Filtración en Hospital Básico de Manglaralto, Santa Elena"							MES 1				MES 2				MES 3			
No.	ID	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1	CX-LD	Limpieza y desbroce (manual)	m2	102.50	\$0.71	\$72.43	\$72.43											
2	CX-CERRA	Construcción cerramiento (rejās h= 2 m)	m1	21.43	\$43.89	\$940.58	\$564.35	\$376.23										
3	CX-TR	Trazado y replanteo	m2	75.00	\$1.01	\$75.95	\$75.95											
4	CX-LO	Letrero de Obra (1.22x2.44) m	u	1.00	\$118.48	\$118.48	\$118.48											
5	CX-CINTA	Cinta de advertencia y señalización	u	1.00	\$71.85	\$71.85	\$71.85											
6	CX-VACI	Vaciado de pozo ciego	m3	50.00	\$14.67	\$733.52	\$733.52											
7	CX-DEMOL	Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo	m3	32.00	\$112.14	\$3,588.64	\$1,435.46	\$2,153.18										
8	CX-COLO	Colocación de cal en relleno de pozo	m2	16.00	\$1.28	\$20.51	\$20.51											
9	CX-RELL	Relleno Compactado con cascajo	m3	16.00	\$15.94	\$255.10	\$255.10											
10	CX-ENCO	Encofrado y desencofrado de plywood para losa	m2	32.70	\$13.01	\$425.31	\$212.66	\$212.66										
11	CX-REPL	Replanteo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm	m3	0.94	\$166.21	\$155.44		\$155.44										
12	CX-FUND	Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c =	m3	1.87	\$216.00	\$404.01		\$134.67	\$269.34									
13	CX-ACER	Acero de refuerzo varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión, configurado y colocación)	kg	1500.00	\$1.90	\$2,853.98		\$951.33	\$1,902.65									
14	CX-PERF	Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"	u	1.00	\$191.61	\$191.61			\$191.61									
15	CX-TAPA	Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm)	u	1.00	\$302.78	\$302.78			\$302.78									
16	CX-CONT	Adquisición y Reacondicionamiento de Container Marítimo	u	1.00	\$4,479.27	\$4,479.27	\$1,119.82	\$1,119.82	\$1,119.82	\$1,119.82								
17	CX-TANQ	Suministro e instalación de tanque de mezclado para	u	1.00	\$1,060.28	\$1,060.28			\$1,060.28									
18	CX-BO(1)	Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión desde cisterna	u	1.00	\$4,766.59	\$4,766.59		\$4,766.59										
19	CX-DESB	Fabricación e instalación de módulo de desbaste, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$644.59	\$644.59						\$515.67	\$128.92					
20	CX-ESC	Fabricación e instalación de escalera acero inoxidable (h=2m) incluye	u	2.00	\$122.69	\$245.39	\$245.39											
21	CX-DESA	Fabricación e instalación de módulo de desarenador, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$1,078.72	\$1,078.72	\$539.36	\$539.36										
22	CX-PARS	Fabricación e instalación de módulo de canaleta Parshall, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$668.37	\$668.37			\$668.37									
23	CX-MLEN	Fabricación e instalación de módulo de tanque de mezcla lenta incluye sedimentador, acero naval EH36 incluye transporte	u	1.00	\$5,806.15	\$5,806.15			\$1,935.38	\$1,935.38	\$1,935.38							
24	CX-INSP	Inspección de soldadura	u	6.00	\$51.92	\$311.52						\$311.52						
25	CX-PRO	Suministro e Instalación de Propela (D=0.60m) incluye motor	u	1.00	\$1,351.03	\$1,351.03						\$450.34	\$450.34	\$450.34				
26	CX-FIL	Suministro e instalación de filtros a presión (V=0.7m3) incluye rociadores y válvula selectora	u	2.00	\$1,507.27	\$3,014.55	\$753.64	\$753.64	\$753.64	\$753.64								
27	CX-BO(2)	Suministro e instalación de bomba para AARR para filtros	u	1.00	\$261.00	\$261.00	\$261.00											
28	CX-TAPOL	Suministro e instalación de Tanque de Polietileno Plastigama 500L	u	2.00	\$126.52	\$253.04	\$253.04											
29	CX-BO(3)	Suministro e instalación de bomba para AARR impulsión para	u	1.00	\$2,158.63	\$2,158.63	\$2,158.63											
30	CX-CAUD	Instalación de caudalímetros entrada y salida de la planta	g1b	2.00	\$1,904.13	\$3,808.26		\$3,808.26										
31	CX-PINT	Pintura anticorrosiva	m2	72.50	\$4.96	\$359.37								\$359.37				
32	CX-TRANS	Transporte y descarga de PDAR Prefabricada en camión plataforma	Viaje	1.00	\$261.00	\$261.00												\$261.00
33	CX-DEMOL	Excavación y demolición de elementos estructurales, incluye desalojo	m3	11.00	\$112.14	\$1,233.59			\$1,233.59									
34	CX-RELL	Relleno Compactado con cascajo	m3	2.40	\$15.94	\$38.26				\$38.26								
35	CX-ENCO	Encofrado y desencofrado de plywood para losa	m2	16.00	\$13.01	\$208.10				\$208.10								
36	CX-REPL	Replanteo con hormigón pobre, e=5cm, f'c = 180 kg/cm	m3	0.59	\$166.21	\$98.73				\$98.73								
37	CX-FUND	Fundición con hormigón resistente a los sulfatos de resistencia f'c =	m3	11.52	\$216.00	\$2,488.34					\$1,244.17	\$1,244.17						
38	CX-ACER	Acero de refuerzo varillas corrugadas f'y=4200 kg/cm2 (incluye provisión, configurado y colocación)	kg	1660.00	\$1.90	\$3,158.40				\$3,158.40								
39	CX-PERF	Perforación de muro de hormigón e instalación de tubería de PVC de 4"	u	1.00	\$191.61	\$191.61							\$191.61					
40	CX-TAPA	Suministro e instalación de tapa de hierro dúctil de 125kN (60x60cm)	u	1.00	\$302.78	\$302.78							\$302.78					
41	CX-LETR	Instalación de Letreros Informativos	u	4.00	\$89.05	\$356.20							\$356.20					
42	CX-RUI	Control y monitoreo de ruido	u	3.00	\$143.09	\$429.27	\$214.6	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$53.66	\$32.20	
42	CX-CHAR	Charlas de seguridad y salud ocupacional	u	5.00	\$5.38	\$26.90	\$1.35	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$3.36	\$2.02
43	CX-DES	Plan de manejo de desechos	u	1.00	\$4,804.08	\$4,804.08	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$649.20	\$259.68	
43	CX-PREV	Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales	u	1.00	\$3,503.02	\$3,503.02	\$3,503.02											
44	CX-ANTID	Kit Antiderrames en Tierra	u	5.00	\$23.18	\$115.89		\$115.89										
44	CX-LIMP	Limpieza y cierre de obra	m2	400.00	\$5.02	\$2,006.98							\$2,006.98					
45	CX-CLAU	Clausura y abandono de obras	m2	400.00	\$13.46	\$5,384.36							\$5,384.36					

**ANEXO C: MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE LA PDAR CON
DOBLE FILTRACIÓN PARA EL HOSPITAL
BÁSICO DE MANGLARALTO**

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PDAR CON DOBLE FILTRACIÓN PARA EL HOSPITAL BÁSICO DE MANGLARALTO

1. Introducción

Este manual tiene como objetivo proporcionar una guía completa para la operación y mantenimiento eficiente de la planta depuradora de aguas residuales del Hospital Básico de Manglaralto, la cual utiliza un sistema de depuración avanzada mediante una planta prefabricada tipo Planta Compacta basada en procesos físico-químicos.

El propósito principal es garantizar la depuración adecuada de las aguas residuales generadas por el hospital, cumpliendo con la normativa ambiental vigente para la calidad del efluente depurado, el cual será destinado a reúso en riego en zonas verdes dentro del establecimiento. Este documento detalla las actividades operativas y de mantenimiento necesarias para mantener el sistema en condiciones óptimas, prevenir fallas, y asegurar una operación continua y segura. Además, proporciona orientaciones claras sobre la supervisión de cada una de las etapas de depuración, desde la recolección inicial de las aguas residuales hasta la filtración final y almacenamiento para reúso.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Brindar asistencia al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema depurador del Hospital Básico de Manglaralto, mediante una guía práctica y estructurada que asegure el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y la obtención de un efluente depurado.

2.2. Objetivos específicos

1. Ofrecer al personal técnico una guía clara y detallada para la operación segura y continua de cada una de las etapas del sistema de depuración.
2. Definir procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos y componentes de la planta prefabricada, con el fin de reducir los tiempos de inactividad y prevenir riesgos operativos.
3. Garantizar el manejo adecuado de los subproductos generados, como los lodos sedimentados y los residuos de filtración, cumpliendo con la normativa ambiental aplicable.
4. Establecer registro ordenado de las actividades operativas, inspecciones y labores de mantenimiento, que permita evaluar el desempeño del sistema para facilitar procesos de auditoría o supervisión.

3. Alcance

El alcance de este manual comprende todas las actividades requeridas para la operación, mantenimiento y supervisión del sistema de depuración de aguas residuales domésticas mediante una planta prefabricada, desde la recolección inicial en la cisterna de ingreso hasta la disposición final del efluente depurado para reúso.

Incluye el seguimiento de la calidad del agua, la correcta operación de cada etapa de la depuración fisicoquímica (desbaste, desarenado, coagulación/floculación, sedimentación y filtración), el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los equipos, la gestión adecuada de los lodos y demás residuos generados, y el cumplimiento de la normativa ambiental y de seguridad vigente.

De igual manera, se establecen lineamientos para asegurar una operación eficiente, segura y alineada con los estándares técnicos y legales aplicables.

4. Descripción del sistema

El Sistema Depurador de Aguas Residuales propuesto está diseñado para depurar el agua residual proveniente de todo el hospital, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles para riego. El diseño mezcla procesos convencionales y procesos de filtración avanzada para garantizar la remoción de contaminantes convencionales y especiales para un hospital. La Figura 32 muestra el plano de ubicación del Hospital Básico de Manglaralto. El polígono en rojo muestra la delimitación del terreno del hospital y el punto marcado en rojo la entrada del centro de salud.

Figura 32

Plano de Ubicación del Hospital básico de Manglaralto.



La planta compacta contempla unidades de predepuración como rejillas de desbaste y un desarenador, seguidas de una canaleta Parshall donde se realiza la dosificación de coagulantes y floculantes para la mezcla rápida. Posteriormente, el flujo pasa a un tanque de mezcla lenta de gran volumen que también cumple la función de sedimentador, permitiendo la decantación de sólidos. El efluente clarificado es conducido a través de un sistema de filtración compuesto por lechos de arena, grava, zeolita y carbón activado. Finalmente, el agua depurada se almacena en una cisterna de salida destinada al riego.

5. Etapas de depuración

La planta realiza lo siguiente:

1. Predepuración, mediante un sistema de rejillas de desbaste.
2. Predepuración, mediante un sistema de desarenador.
3. Mezcla rápida, con dosificación de coagulante/floculante en una canaleta Parshall.
4. Mezcla lenta y sedimentación, en un tanque de gran volumen que permite la formación de flóculos y la decantación de sólidos.
5. Depuración con filtros, a través de lechos de arena, grava, zeolita y carbón activado.
6. Gestión de lodos, mediante la extracción de los sólidos sedimentados acumulados en el fondo del tanque de mezcla lenta.
7. Reúso del agua depurada, almacenada en una cisterna para riego de áreas verdes del hospital.

5.1. Depuración preliminar con rejillas de desbaste

Las aguas residuales generadas en el Hospital Básico de Manglaralto pueden arrastrar materiales como gasas, guantes, envolturas, restos orgánicos, arena y otros residuos sólidos. Estos deben ser eliminados desde la etapa de predepuración para evitar obstrucciones en las tuberías, canaletas, orificios dosificadores y equipos sensibles dentro del sistema de depuración. Si estos elementos ingresan al proceso, pueden dificultar el funcionamiento de la planta compacta y generar interrupciones en la operación. Para esta tarea, se cuenta con una unidad de desbaste compuesta por rejillas con un ancho de 1 centímetro cada una y una separación entre barras de 2 centímetros, diseñada para retener los sólidos gruesos antes de continuar con el desarenado y las siguientes etapas de la depuración.

5.2. Depuración preliminar con desarenador

Luego del desbaste, las aguas residuales ingresan al desarenador, cuya función principal es remover partículas minerales como arena, grava fina o fragmentos sólidos de alta densidad que no fueron retenidos por las rejillas. Estos materiales, aunque pequeños, pueden acumularse

en tuberías, cámaras y componentes posteriores, reduciendo la eficiencia del sistema de depuración y provocando desgaste mecánico en equipos como bombas o válvulas. El desarenador dentro de la planta compacta está diseñado para disminuir la velocidad del flujo, permitiendo que las partículas más pesadas se sedimenten y sean recolectadas en el fondo para su extracción periódica. Esta unidad es esencial para proteger las etapas siguientes del proceso y asegurar una operación continua y sin interrupciones.

5.3. Mezcla rápida

Posterior al desarenador, las aguas residuales fluyen hacia la canaleta Parshall. Este proceso sirve como punto de dosificación de los productos químicos, específicamente el coagulante y el floculante, en la mezcla rápida generada por el resalto hidráulico. En la parte superior de esta canaleta se instala una tubería dosificadora que introduce los reactivos al flujo en movimiento, facilitando una distribución homogénea. Esta etapa es fundamental para iniciar la aglomeración de partículas coloidales y material en suspensión, que serán removidos posteriormente en el tanque de mezcla lenta con sedimentación.

5.4. Mezcla lenta y sedimentación

Después de la dosificación en la canaleta de coagulante-floculante, las aguas residuales ingresan al tanque de mezcla lenta, una unidad de gran volumen que cumple simultáneamente las funciones de floculación y sedimentación. En esta etapa, la agitación controlada permite que los floculantes previamente adicionados favorezcan la unión de partículas en suspensión, formando flóculos más grandes y pesados. Gracias al tiempo de retención y a la baja velocidad del flujo, estos flóculos descienden al fondo del tanque, donde se acumulan como lodo. Esta configuración permite una decantación eficiente sin necesidad de unidades adicionales. En la parte superior del tanque se encuentra un vertedero que recoge el agua parcialmente depurada, lista para ingresar a las unidades de filtración.

5.5. Depuración con filtros

El agua parcialmente depurada, recogida desde el vertedero del tanque de mezcla lenta, se impulsa mediante bombeo hacia el sistema de filtración, el cual representa la etapa final del proceso dentro de la planta compacta. Esta unidad está compuesta por dos filtros en serie: el primero utiliza un lecho de arena y grava para remover partículas en suspensión de menor tamaño que no fueron eliminadas en la sedimentación; el segundo está conformado por un medio filtrante mixto de zeolita y carbón activado, diseñado para mejorar la calidad físico-química del efluente, eliminando trazas de materia orgánica, contaminantes emergentes, olores y color. Esta doble filtración garantiza un nivel de depuración adecuado para el reúso del agua con fines de riego. La eficiencia de esta etapa depende del correcto mantenimiento de los medios filtrantes y del control del caudal de entrada.

5.6. Gestión de lodos

Durante el proceso de depuración, especialmente en el tanque de mezcla lenta con sedimentación, se genera una acumulación de lodos compuesta por los sólidos sedimentados y los flóculos formados a partir de la dosificación de coagulantes y floculantes. Estos lodos deben ser gestionados de forma periódica para evitar su acumulación excesiva, que podría afectar la eficiencia del sistema y reducir el volumen útil del tanque. La extracción de los lodos se realiza desde el fondo del tanque mediante válvulas o puntos de purga específicos incorporados en el diseño de la planta. Una vez extraídos, los lodos deben ser almacenados temporalmente y gestionados conforme a la normativa ambiental vigente.

5.7. Cisterna para riego

Una vez finalizado el proceso de filtración, el agua depurada es conducida hacia una cisterna de salida construida in situ, de hormigón soterrado, destinada al almacenamiento del efluente con fines de reúso. Esta cisterna no forma parte de la planta compacta, pero cumple un rol fundamental al permitir la acumulación temporal del agua depurada para su posterior

utilización en el riego de áreas verdes del hospital. Su diseño debe garantizar condiciones sanitarias adecuadas, evitar infiltraciones o fugas, y permitir la instalación de sistemas de bombeo para su distribución

6. Monitoreo de la calidad del afluente y efluente

El control de la calidad del agua en el sistema de depuración del Hospital Básico de Manglaralto es una actividad clave para asegurar la eficiencia del proceso físico-químico y el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes. Este monitoreo incluye tanto el afluente, es decir, las aguas residuales que ingresan al sistema, como el efluente, el agua ya depurada que será reutilizada en el riego. Evaluar estos parámetros permite detectar desviaciones, aplicar correctivos a tiempo y mantener el impacto ambiental dentro de los límites establecidos.

El muestreo debe realizarse en los puntos de entrada y salida del sistema. La frecuencia y tipo de análisis dependerán de los requisitos regulatorios aplicables y de las condiciones operativas del hospital. Algunos parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad deben medirse directamente en sitio, una vez se termine la etapa de desarenado y al final en la cisterna que contiene el efluente depurado, mientras que otros, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales, requieren análisis de laboratorio bajo métodos certificados. Las muestras deben ser conservadas en hieleras a temperaturas adecuadas hasta su entrega al laboratorio. Todos los resultados obtenidos deben registrarse cuidadosamente y reportarse a las autoridades competentes conforme a la normativa ambiental del país.

7. Preparación y Operación

7.1. Trabajos preliminares

Una vez finalizada la instalación de la planta compacta y aseguradas todas las conexiones hidráulicas y eléctricas, incluyendo tuberías de entrada, salida, drenaje y acometidas eléctricas, es fundamental realizar una serie de verificaciones antes de iniciar la operación del sistema.

Estas acciones garantizan un arranque seguro y una operación eficiente desde el primer momento:

- a. Evitar el ingreso de arena u objetos extraños en el sistema desde las cisternas, especialmente hacia las unidades de mezcla y sedimentación, para prevenir obstrucciones y daños en los componentes internos.
- b. Confirmar que todas las válvulas de control y purga estén correctamente instaladas, operativas y accesibles.
- c. Revisar que las conexiones eléctricas estén bien selladas, protegidas contra la humedad y correctamente identificadas.
- d. Verificar el funcionamiento del sistema de control, asegurando que los parámetros de operación estén programados según lo especificado por el proveedor de la planta compacta.
- e. Realizar pruebas de presión en las tuberías principales para garantizar que no existan fugas y que el sistema sea completamente estanco.
- f. Capacitar al personal responsable sobre los protocolos de operación, seguridad y respuesta ante emergencias, específicos del sistema físico-químico instalado.

7.1.1. Dimensionamiento y costo del personal

Considerando las dimensiones de la planta, esta requiere de como mínimo un operador altamente capacitado en labores electromecánicas y de plomería a fin de solventar cualquier falla en la planta. A continuación, se describen los costos estimados para la contratación del operador.

		Salario	Costo
Dimensionamiento de personal		Mensual	Anual
Personal del área de operación - Calificado			
Operadores de la PDAR	1	\$324.67	\$3,896.00
Total, Personal		USD/año	\$3,896.00

Nota: Se recomienda revisar y ajustar los valores cada año según la curva de aprendizaje y experiencia de los operadores.

8. Actividades de Operación, mantenimiento y limpieza

8.1. Depuración preliminar

1. Realizar la remoción diaria de los residuos sólidos retenidos en las rejillas del desbaste, de forma manual o mecánica, para evitar obstrucciones en el sistema.
2. Ejecutar la limpieza periódica del desarenador, retirando los sedimentos acumulados mediante palas, baldes o equipos de succión, según las características del diseño.
3. Disponer adecuadamente los residuos sólidos y arenas recolectadas, cumpliendo con la normativa ambiental vigente.
4. Lavar con agua a presión las rejillas y las áreas de almacenamiento de residuos, a fin de prevenir acumulaciones y malos olores.
5. Verificar el estado y funcionamiento de los sistemas de accionamiento y las guías de las rejillas, garantizando su operatividad.
6. Inspeccionar regularmente las paredes y el fondo del desarenador, para detectar posibles grietas o acumulaciones que puedan comprometer la capacidad de retención.
7. Realizar ajustes o reparaciones necesarias tanto en las rejillas como en la estructura del desarenador, conforme a los resultados de las inspecciones.

8.2. Mezcla rápida

1. Verificar diariamente el flujo de agua residual que pasa por la canaleta Parshall, asegurando que se mantenga dentro del rango de diseño.
2. Inspeccionar el sistema de dosificación de floculante o coagulante, confirmando que la inyección se realice de manera continua y uniforme.
3. Revisar y calibrar periódicamente los equipos de dosificación para garantizar la precisión en la mezcla química.

4. Limpiar la canaleta Parshall de manera regular para evitar la acumulación de residuos, algas o incrustaciones que afecten la lectura del caudal o la eficiencia del proceso.
5. Comprobar el estado estructural de la canaleta, asegurándose de que no existan fisuras, deformaciones o desgaste que puedan alterar su funcionamiento.
6. Evaluar visualmente la calidad de la mezcla generada en esta etapa, observando la dispersión homogénea del floculante.
7. Realizar mantenimiento preventivo de las conexiones, tuberías y válvulas del sistema de dosificación, evitando fugas o bloqueos.
8. Documentar cualquier irregularidad detectada en la operación y comunicarla oportunamente al responsable técnico para su corrección inmediata.

8.2.1. Dimensionamiento de coagulante/floculante

De acuerdo con la dosificación establecida en el diseño y considerando una frecuencia de abastecimiento trimestral, el reactivo utilizado es sulfato de aluminio tipo A granular, presentado en bolsas de 25 kg. Los resultados del dimensionamiento anual se presentan en la siguiente tabla.

Elemento	Presentación	Frecuencia de abastecimiento	Cantidad	Costo unitario	Costo Anual
Sulfato de Aluminio Tipo A Granular	25 kg	Trimestral	4	\$301.88	\$1,207.50
USD/año					\$ 1,207.50

Nota: Estos valores deben modificarse por año para que aumente, se mantenga o se reduzca

8.3. Mezcla lenta

1. Verificar diariamente el funcionamiento del sistema de agitación del tanque de mezcla lenta, asegurando que se mantenga una velocidad uniforme y adecuada para la formación de flóculos.
2. Controlar el tiempo de retención hidráulica en el tanque, de acuerdo con los parámetros de diseño establecidos.

3. Inspeccionar el estado de las paletas o mecanismos de agitación, identificando signos de desgaste, vibraciones anómalas o ruidos inusuales.
4. Limpiar periódicamente las paredes y fondo del tanque para evitar acumulaciones excesivas de lodo, flóculos o materia orgánica.
5. Revisar la integridad estructural del tanque, prestando atención a posibles signos de corrosión o desprendimiento de recubrimientos.
6. Realizar mantenimiento preventivo al motor o sistema de agitación, incluyendo lubricación, tensión de correas y ajuste de componentes mecánicos.
7. Evaluar visualmente la calidad del flóculo formado, observando su tamaño, textura y estabilidad.
8. Registrar los parámetros operativos y cualquier anomalía durante la operación, notificando de inmediato al personal responsable para su atención.

8.4. Depuración con filtros

1. Verificar diariamente el caudal de ingreso a los filtros, asegurando que se mantenga dentro del rango de diseño para evitar sobrecargas,
2. Inspeccionar el manómetro o indicador de pérdida de carga para detectar obstrucciones o saturación del medio filtrante,
3. Realizar retrolavados periódicos en los filtros según el cronograma establecido o cuando se observe pérdida significativa de eficiencia,
4. Revisar el estado del material filtrante, identificando desgaste, apelmazamiento o canalización, y reemplazarlo cuando sea necesario,
5. Controlar la calidad del agua depurada a la salida de los filtros mediante análisis visuales o pruebas básicas, verificando la transparencia y ausencia de sólidos,
6. Comprobar que las válvulas de entrada, salida, retrolavado y purga estén en buen estado y funcionando correctamente,

7. Registrar cada operación de retro lavado, mantenimiento o recambio de medio filtrante, junto con observaciones relevantes para el historial del sistema,
8. Verificar la integridad de las tuberías y conexiones asociadas a los filtros, corrigiendo posibles fugas o daños estructurales,
9. Mantener limpia el área de los filtros, retirando residuos, lodos o material filtrante derramado que pueda obstruir drenajes o generar malos olores.

8.4.1. Dimensionamiento de material filtrante

De acuerdo con las dimensiones de los lechos filtrantes y la bibliografía consultada (Aranda & Acevedo, 2022) para la arena, para la grava (Stroebel, 2023) y para la zeolita y el carbón activado (Gobierno de España, 2023), se establece que la periodicidad de recambio de los medios filtrantes debe realizarse de la siguiente manera: un año para la arena, tres años para la grava, un año para la zeolita y un año para el carbón activado. La presentación, es decir, el contenido en kilogramos por bolsa de cada medio filtrante se detalla también se detalla a continuación.

Elemento	Presentación	Frecuencia de abastecimiento	Costo unitario	Cantidad	Costo / año
Arena Fina Lavada	50 kg	1 año	1.37	8	16,28
Grava No Gradada	25 kg	3 años	27.16	28	255,70
Zeolita	22 kg	1 año	3.60	9	37,83
Carbón Activado	25 kg	1 año	90.00	5	459,75
Total, por año					\$ 769,55

Nota: Estos valores deben modificarse por año para que aumente, se mantenga o se reduzca

8.5. Gestión de lodos

1. Realizar la extracción periódica de los lodos acumulados en el fondo del tanque de mezcla lenta, evitando su sobreacumulación que pueda afectar la capacidad útil del sistema,

2. Utilizar válvulas o puntos de purga diseñados para la remoción eficiente de lodos, asegurando un manejo seguro y controlado,
3. Transportar los lodos extraídos a áreas de almacenamiento temporal adecuadas, conforme a la normativa ambiental vigente,
4. Supervisar el estado del área de almacenamiento de lodos, garantizando que se mantenga limpia, libre de malos olores y protegida contra infiltraciones,
5. Coordinar la disposición o valorización de lodos con entidades autorizadas, cumpliendo con los requisitos legales,
6. Mantener registros detallados de las fechas, volúmenes extraídos y destino final de los lodos, para fines de control y auditoría,
7. Inspeccionar periódicamente las válvulas, tuberías y sistemas asociados a la gestión de lodos, reparando cualquier daño o fuga detectada,
8. Capacitar al personal operativo en las mejores prácticas para la manipulación segura y ambientalmente responsable de los lodos,
9. Implementar medidas para minimizar la generación de olores y riesgos sanitarios durante la gestión de lodos.

8.5.1. Costo de extracción de lodos

El tiempo diseñado para la extracción de lodos es de 30 días. Considerando que la planta estará operativa los 365 días del año, se prevén 15 viajes del hidrocleaner hacia el hospital para extraer lodos húmedos del fondo del sedimentador. Los valores se muestran a continuación.

Elemento	Frecuencia (días)	Cantidad de viajes/año	Costo unitario	Costo / año
Extracción de lodos	30	12	\$180.00	\$2,700.00

Total por año

\$2,700.00

Nota: Se recomienda revisar y ajustar los valores cada año según la curva de aprendizaje y experiencia de los operadores.

8.6. Cisterna para riego

1. Inspeccionar de manera regular la cisterna de almacenamiento para verificar su estado estructural y funcional, asegurando que no existan fisuras, fugas o signos de corrosión en las paredes y base de hormigón,
2. Controlar el nivel del agua depurada almacenada en la cisterna, manteniéndolo dentro del rango óptimo para el riego, evitando tanto desbordes como niveles insuficientes que afecten la operación,
3. Destinar el agua almacenada exclusivamente para el riego de áreas verdes y zonas específicas donde no exista contacto directo frecuente con las personas, como jardines, áreas de paisajismo y corredores,
4. Priorizar el riego en áreas poco transitadas para minimizar riesgos asociados a la posible presencia de patógenos residuales en el agua depurada,
5. Realizar monitoreos periódicos de la calidad del agua en la cisterna, verificando que cumpla con los parámetros establecidos para reúso en riego, tales como potencial de hidrógeno (pH) demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes fecales,
6. Revisar el estado y funcionamiento de las tuberías y válvulas de salida, garantizando un flujo continuo y adecuado hacia las zonas de riego,
7. Inspeccionar las bombas de impulsión para confirmar que operen correctamente, manteniendo la presión requerida para una distribución uniforme del agua,

8. Colocar señalización visible en las áreas donde se utiliza agua depurada para riego, indicando claramente que no es apta para consumo humano ni para contacto directo.

9. Sistema eléctrico

1. Realizar inspecciones frecuentes al sistema eléctrico de la planta compacta y sus componentes auxiliares, asegurando que no existan cables sueltos, conexiones deficientes ni señales de desgaste en elementos como interruptores, tableros eléctricos y dispositivos de control,
2. Limpiar regularmente los tableros eléctricos y gabinetes, eliminando polvo, humedad o cualquier residuo que pueda generar cortocircuitos o fallas en el sistema,
3. Monitorear continuamente los indicadores eléctricos, tales como voltaje, corriente y consumo energético, garantizando que se mantengan dentro de los rangos operativos definidos para cada equipo,
4. Capacitar al personal operativo en protocolos de seguridad eléctrica, enfatizando el uso correcto de equipos de protección personal, incluyendo guantes aislantes, casco dieléctrico y calzado adecuado,
5. Instalar señalización visible y clara en las áreas con equipamiento eléctrico sensible, alertando sobre riesgos de descarga eléctrica y restringiendo el acceso únicamente a personal autorizado y capacitado.

9.1. Costo operativo por consumo de energía

A continuación, se presentan los costos asociados al consumo de energía eléctrica generado por la operación de las bombas instaladas en la planta depuradora. Dichos equipos representan el mayor gasto energético del sistema, por lo que se ha estimado el valor anual en dólares correspondiente a su funcionamiento continuo durante el periodo de operación.

Potencia instalada de la bomba (kW)	Días de operación	Horas de operación/días	Valor kW/h	Número de bombas	Redundancia	Costo Mensual	Costo Anual
0.05	30	10.00	\$ 0.09	3	6	\$162.00	\$1,944.00

Nota: Se recomienda revisar y ajustar los valores cada año según la curva de aprendizaje y experiencia de los operadores.

10. Actividades Generales

1. Realizar inspecciones visuales diarias en todas las unidades del sistema para detectar posibles fallas, fugas, daños estructurales o acumulación de residuos,
2. Llevar un registro detallado de todas las actividades realizadas, incluyendo operación, mantenimiento, limpieza, reparaciones y anomalías detectadas,
3. Mantener limpias y despejadas las áreas de trabajo y accesos a la planta para facilitar la movilidad y garantizar la seguridad del personal,
4. Asegurar la disponibilidad y buen estado de herramientas, equipos de protección personal y materiales necesarios para la operación y mantenimiento,
5. Programar y ejecutar mantenimientos preventivos de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las especificaciones del diseño,
6. Verificar el correcto funcionamiento de sistemas de bombeo, válvulas, instrumentos de medición y control, realizando ajustes cuando sea necesario,
7. Capacitar periódicamente al personal operativo en procedimientos de seguridad, operación eficiente y manejo ambiental responsable,

8. Implementar protocolos de respuesta ante emergencias, incluyendo derrames, fallas eléctricas o químicas, y situaciones de riesgo para el personal o el medio ambiente,
9. Realizar limpiezas regulares de las unidades de la planta para evitar acumulación de residuos que puedan afectar la operación o generar olores desagradables,
10. Supervisar el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad vigentes durante todas las actividades de operación y mantenimiento.

11. Herramientas y Materiales de Trabajo

1. Palas, cubos y recipientes para la extracción y manejo de residuos sólidos y lodos,
2. Equipos de succión y bombas manuales o eléctricas para la limpieza de sedimentos y lodos,
3. Llaves ajustables, destornilladores, alicates y herramientas básicas para mantenimiento mecánico y ajustes,
4. Equipos de protección personal (EPP) como guantes resistentes a productos químicos, cascos, gafas de seguridad, botas impermeables y mascarillas,
5. Mangueras y equipos de agua a presión para lavado y limpieza de rejillas, canaletas y superficies,
6. Instrumentos de medición como manómetros, medidores de pH, conductividad, oxígeno disuelto y termómetros,
7. Kits de calibración para equipos dosificadores y medidores de parámetros físicos y químicos,
8. Productos químicos necesarios para la dosificación de floculantes y coagulantes, en las cantidades recomendadas por el proveedor,
9. Materiales de sellado y reparación, como selladores, empaques y adhesivos específicos para tuberías y conexiones,
10. Contenedores adecuados para el almacenamiento temporal y disposición de residuos sólidos y lodos, cumpliendo con la normativa ambiental.

11.1. Dimensionamiento y costo de herramientas y chequeos por año

A continuación, se presentan los equipos mínimos necesarios para el mantenimiento de la planta depuradora, así como el número mínimo de inspecciones preventivas y correctivas que se deben realizar anualmente.

Descripción	Frecuencia de reemplazo	Costo unitario	Cantidad anual	Costo anual
Baldes plásticos 20L	Trimestral	\$4.57	4	\$18.28
Pala puntona	Semestral	\$18.68	2	\$37.36
Carretilla 220 kg reforzada	Anual	\$116.51	1	\$116.51
Barretas de 12 Lbs	Bianual	\$26.51	0.5	\$13.26
Combo de 10 Lbs, cabo madera	Semestral	\$32.80	2	\$65.60
Cinzel de acero, punta 16x300 mm	Trimestral	\$8.95	4	\$35.80
Arco de sierra 21"	Anual	\$13.86	1	\$13.86
Juego destornilladores plano	Anual	\$10.66	1	\$10.66
Manómetro glicerina 0-100 PSI	Anual	\$4.50	1	\$4.50
Cono de seguridad 28", cinta reflectiva	Par anual	\$27.65	2	\$55.30

Bomba de achique	Cada 5 años	\$2,160.00	0.2	\$432.00
Equipo de protección personal	Anual	\$80.00	1	\$80.00
Subtotal				\$883.13
Costos no especificados (5%)				\$44.16
			USD/año	\$927.28

Nota: Se recomienda revisar y ajustar los valores cada año según la curva de aprendizaje y experiencia de los operadores.

Equipo / Elemento	Observaciones	Costo unitario		
		Frecuencia de mantenimiento	mantenimiento aproximado (USD)	Costo anual
Chequeo electromecánico	Bombas (Incluye revisión de sellos mecánicos, lubricación y limpieza de impulsor) Chequeo de otros elementos mecánicos y eléctricos Motor y propela (Incluye	Mensual	\$120.00	\$1,440.00

	inspección			
	eléctrica y			
	balanceo de			
	propela)			
	Revisión de			
	agitadores,			
Tanque mezclador de	limpieza interna y	Semestral	\$100.00	\$200.00
coagulante/floculante	ajuste de			
	mezcladores			
	Limpieza de			
Estructura de la PDAR de	corrosión y	Anual	\$300.00	\$300.00
acero EH36	pintura preventiva			
			USD/año	\$1,940.00

Nota: Se recomienda revisar y ajustar los valores cada año según la curva de aprendizaje y experiencia de los operadores.

12. Costos ambientales para mitigación y compensación

Los costos ambientales considerados para el proyecto corresponden a las actividades de prevención, mitigación y compensación de impactos, las cuales se encuentran en concordancia con el Plan de Mitigación de Riesgos Ambientales presentado en el capítulo 4 de este trabajo. En la siguiente tabla se detallan los rubros correspondientes y sus respectivos valores estimados por año.

Actividad	Unidad	Frecuencia	Cantidad	Número de veces	Precio unitario	Total
Monitoreo calidad de						
aire (muestras y análisis)	Muestreo	Semestral	2	2	\$ 120.00	\$ 480.00
Muestreo y análisis						
del efluente (DBO ₅ , DQO, pH, Sólidos, Temperatura, CE)	Muestreo	Trimestral	4	2	\$ 800.00	\$ 6,400.00
Inspección de						
estanqueidad y reparaciones menores	Servicio	Anual	1	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Control de vegetación manual	Servicio	Anual	1	1	\$ 60.00	\$ 60.00
Cerramiento y disuasión de fauna	Servicio	Único	1	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Capacitación personal operador	Sesión	Sesiones	2	2	\$ 50.00	\$ 200.00

Supervisión higiene y control de vectores	Visita	Trimestral	4	1	\$ 50.00	\$ 200.00
SUBTOTAL/año (sin IVA)						\$7,480.00

11. Resumen de costos totales anuales por operación y mantenimiento de PDAR.

		Cambio de Material Filtrante										
Año		Arena Fina Lavada	Grava No Gradada	Zeolita	Carbón Activado	Costo de Herramientas	Costo del operador	Costo de químicos	Costo de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos	Costo de energía	Costo ambiental para mitigación y compensación	Costo Total/año
2025	0	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2026	1	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2027	2	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2028	3	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2029	4	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2030	5	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2031	6	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2032	7	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2033	8	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2034	9	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2035	10	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64

2036	11	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2037	12	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2038	13	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2039	14	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2040	15	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2041	16	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2042	17	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2043	18	\$16.28	\$767.09	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$18,675.73
2044	19	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
2045	20	\$16.28	\$0.00	\$37.83	\$459.75	\$927.28	\$3,896.00	\$1,207.50	\$1,940.00	\$1,944.00	\$7,480.00	\$17,908.64
Subtotal USD (SIN IVA)												\$381,451.05

12. Glosario de Términos

Afluente: Agua residual que ingresa a la planta depuradora para su depuración.

Cisterna de Riego: Depósito subterráneo donde se almacena el efluente depurado para ser utilizado en riego de áreas verdes.

Desarenador: Unidad donde se remueven arenas y sólidos pesados por acción de la gravedad, evitando su acumulación en procesos posteriores.

Canaleta Parshall: Estructura hidráulica utilizada para medir el caudal del afluente y facilitar la dosificación de productos químicos.

Mezcla Rápida: Proceso donde se adiciona floculante y coagulante al agua residual y se agita intensamente para provocar la desestabilización de partículas.

Mezcla Lenta: Proceso en el que las partículas desestabilizadas se agrupan formando flóculos más grandes, mediante agitación suave y prolongada.

Sedimentador: Tanque en el que los flóculos formados se depositan en el fondo por gravedad, separando los sólidos del agua depurada.

Filtro de Arena y Grava: Sistema de filtración que retiene partículas sólidas remanentes mediante el paso del agua a través de capas de arena y grava.

Filtro de Zeolita y Carbón Activado: Sistema de filtración avanzada que remueve compuestos orgánicos, turbidez y olores presentes en el agua depurada.

Gestión de Lodos: Conjunto de actividades destinadas a la recolección, manejo y disposición adecuada de los lodos sedimentados en el sistema.

Efluente: Agua que ha pasado por el proceso de depuración y cumple parámetros para ser reutilizada o descargada.

Floculante/Coagulante: Sustancias químicas utilizadas para facilitar la unión de partículas en suspensión y permitir su posterior sedimentación.

Planta Compacta: Sistema modular prefabricado que integra varias unidades de depuración dentro de una estructura compacta y transportable.

Tablero Eléctrico: Elemento que distribuye y protege el suministro eléctrico de los equipos de la planta, incluyendo bombas y dosificadores.

13. Abreviaturas

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno al quinto día.

DQO: Demanda química de oxígeno.

l/s: Litros por segundo

mg/l o mg/L: Miligramos por litro

m²: Metros cuadrados

m³: Metros cúbicos

m³/min: Metros cúbicos por minuto

Q: Caudal/Flujo en m³/min

SS: Sólidos suspendidos

SST: Sólidos suspendidos totales

SSV: Sólidos suspendidos volátiles

SSF: Sólidos suspendidos fijos

SDT: Sólidos disueltos totales

14. Conclusiones

1. El presente manual proporciona las directrices técnicas necesarias para asegurar la correcta operación, mantenimiento y limpieza del sistema depurador de aguas residuales del Hospital Básico de Manglaralto, promoviendo su eficiencia en la depuración físico-química y el cumplimiento de la normativa ambiental ecuatoriana.

2. Las actividades de inspección, monitoreo y registro establecidas son fundamentales para detectar oportunamente posibles fallas operativas, reducir costos de mantenimiento correctivo y garantizar la continuidad del proceso de depuración.
3. La capacitación continua del personal encargado de la operación permite realizar las tareas con seguridad, eficiencia y responsabilidad, reduciendo riesgos ocupacionales y asegurando un desempeño óptimo del sistema
4. El manejo adecuado de los residuos generados, especialmente los lodos acumulados en el sistema de mezcla lenta, es clave para evitar afectaciones al entorno, mejorar la sostenibilidad del proceso y cumplir con la normativa vigente sobre disposición final.
5. Finalmente, el seguimiento riguroso de las actividades y recomendaciones descritas en este manual contribuirá a prolongar la vida útil del sistema, optimizar los recursos disponibles y garantizar que el efluente depurado cumpla con los parámetros requeridos para su reúso en riego de áreas verdes del hospital.

15. Recomendaciones

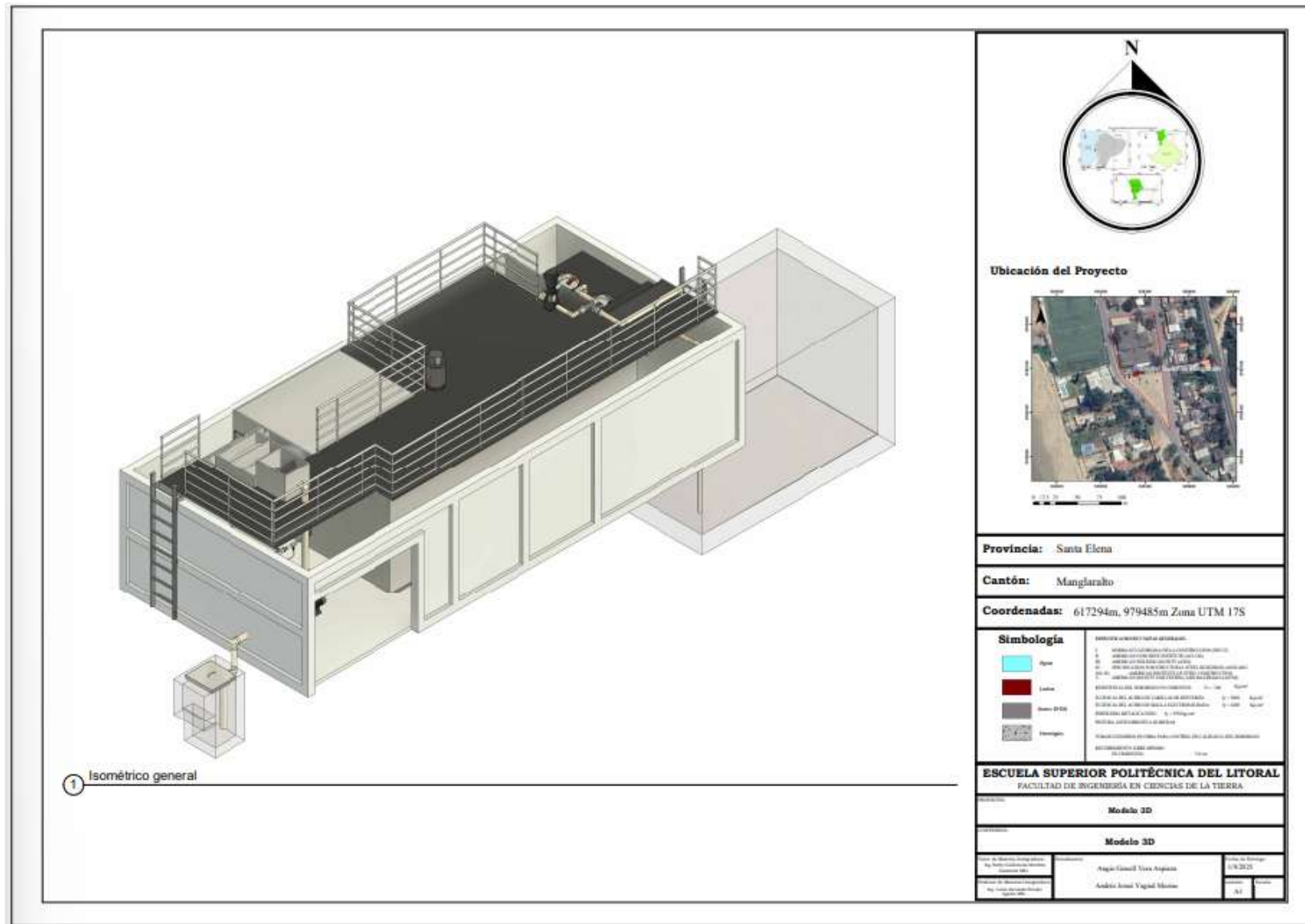
1. Realizar un seguimiento regular de los parámetros de calidad del agua, tanto en el afluente como en el efluente, para verificar que el proceso de depuración cumpla con los límites establecidos en la normativa ambiental y anticipar posibles desviaciones que puedan comprometer el funcionamiento del sistema.
2. Fomentar una cultura de seguridad operativa dentro de la planta, realizando inspecciones rutinarias para detectar condiciones inseguras, asegurando el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP) y capacitando al personal en protocolos de respuesta ante emergencias.
3. Programar inspecciones periódicas a los componentes de infraestructura y equipos clave, como tuberías, válvulas, bombas, sistemas de dosificación, filtros y tanques, a fin de detectar

signos de desgaste, corrosión o sedimentación, y así planificar mantenimientos preventivos o correctivos de manera oportuna.

4. Mantener una comunicación fluida y constante entre el personal operativo, los responsables de mantenimiento y la supervisión técnica, lo que permitirá una respuesta rápida ante incidencias, una mejor toma de decisiones y una operación más eficiente y sostenible del sistema.
5. Registrar todas las actividades operativas, eventos inusuales, cambios en las condiciones del sistema y acciones correctivas en un cuaderno de bitácora o sistema digital, con el objetivo de contar con un historial técnico útil para auditorías, diagnósticos y mejora continua.

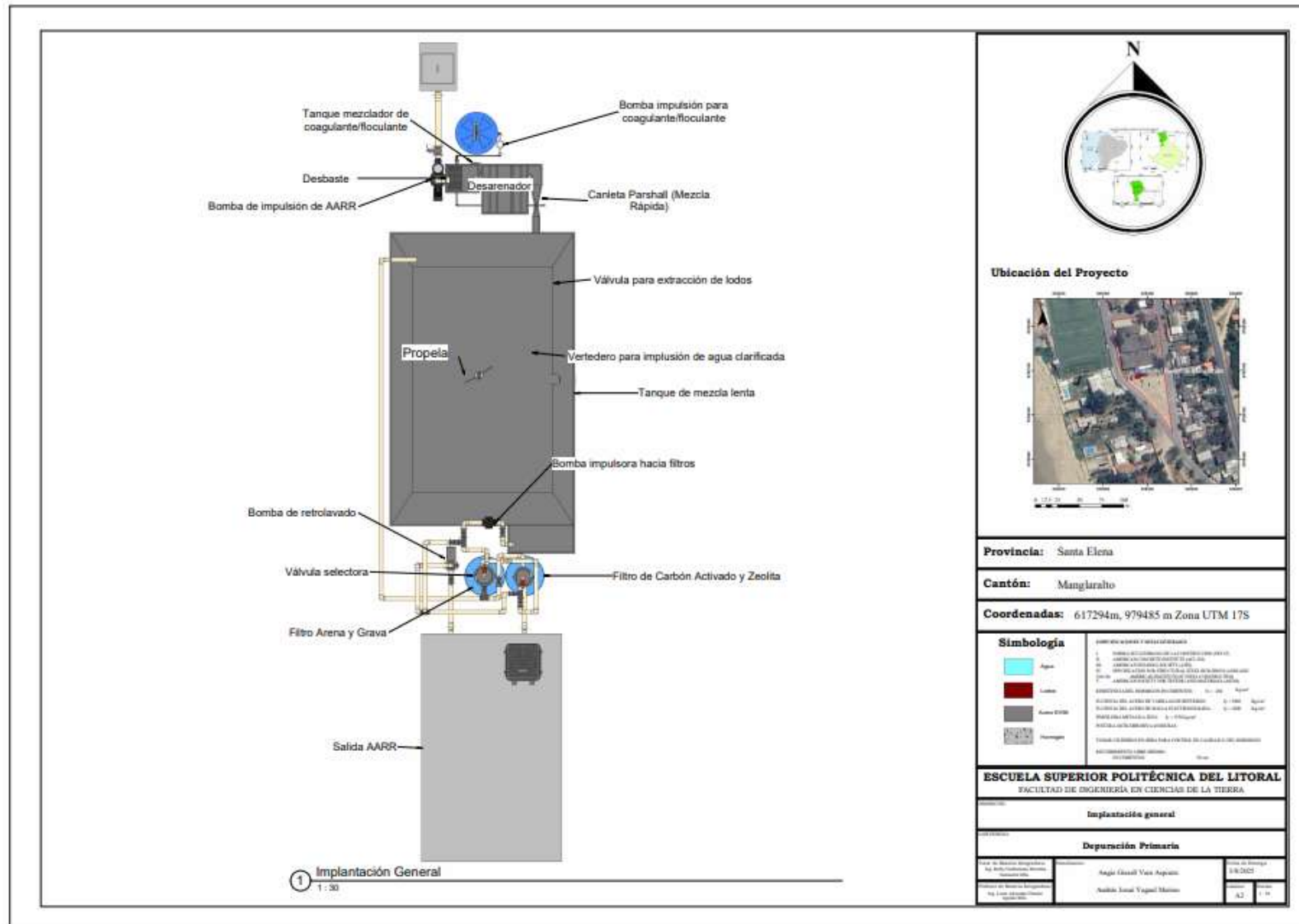
ANEXO D: PLANOS

Plano 1
Modelo 3D

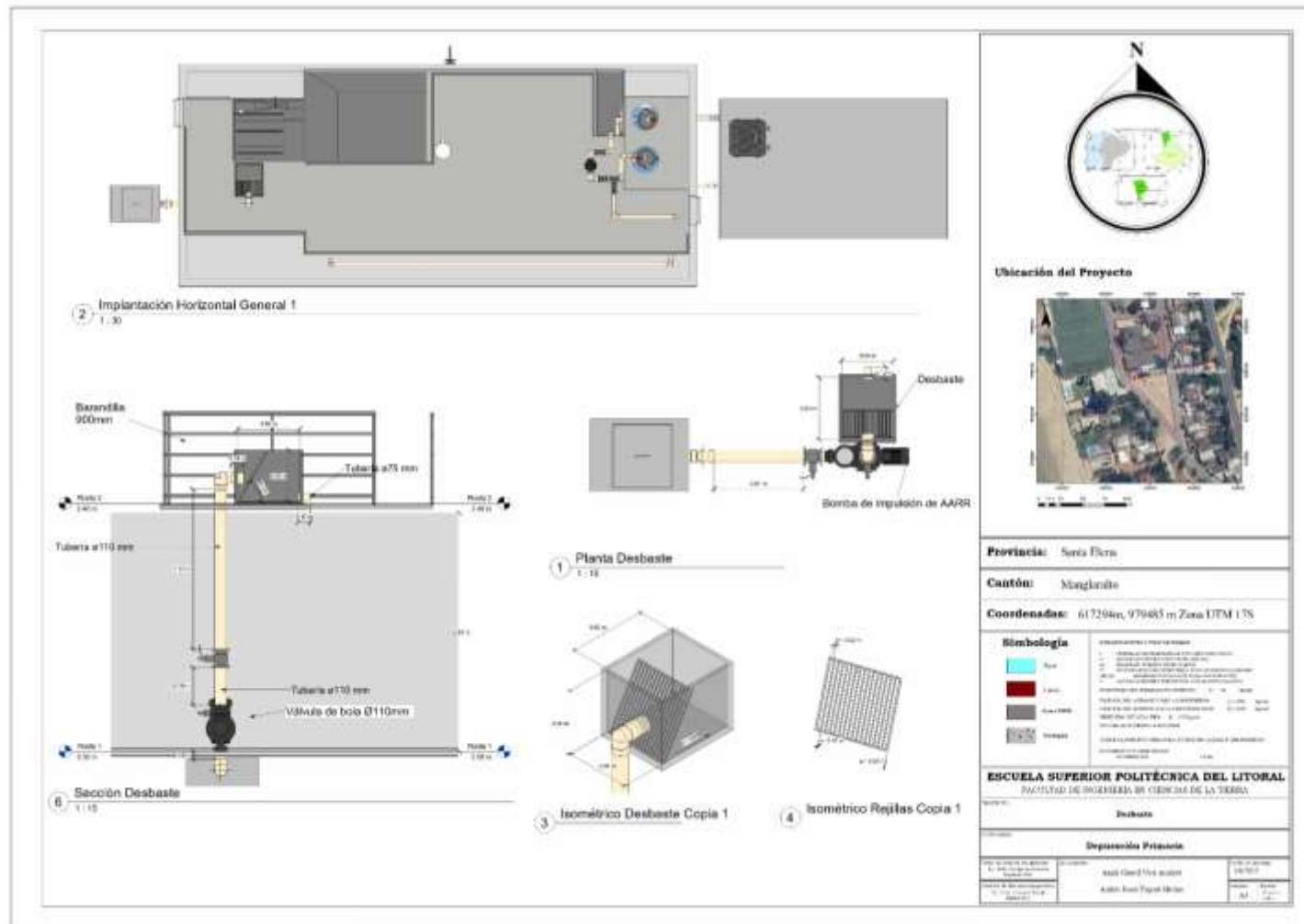


Plano 2

Implantación general

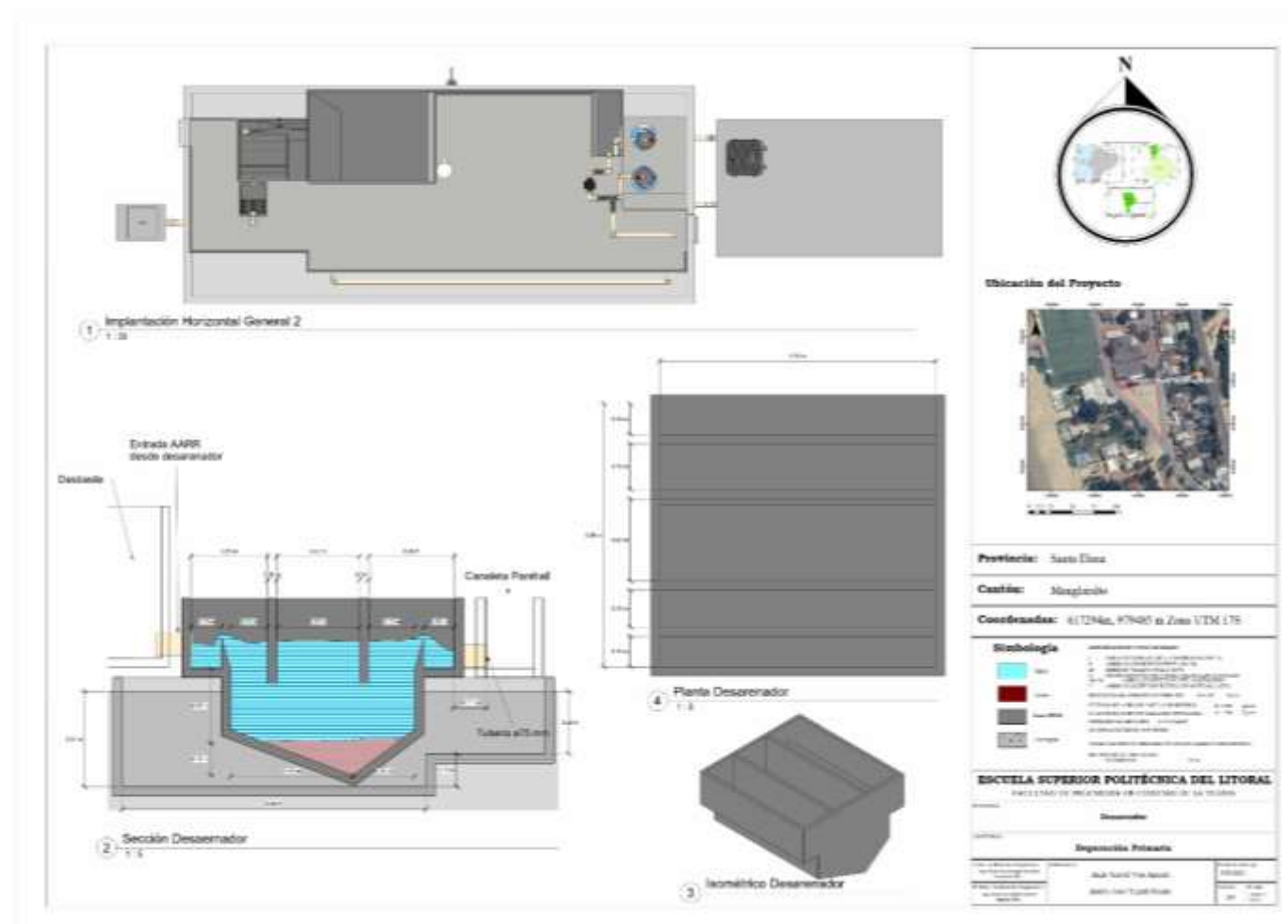


Plano 3 Desbaste



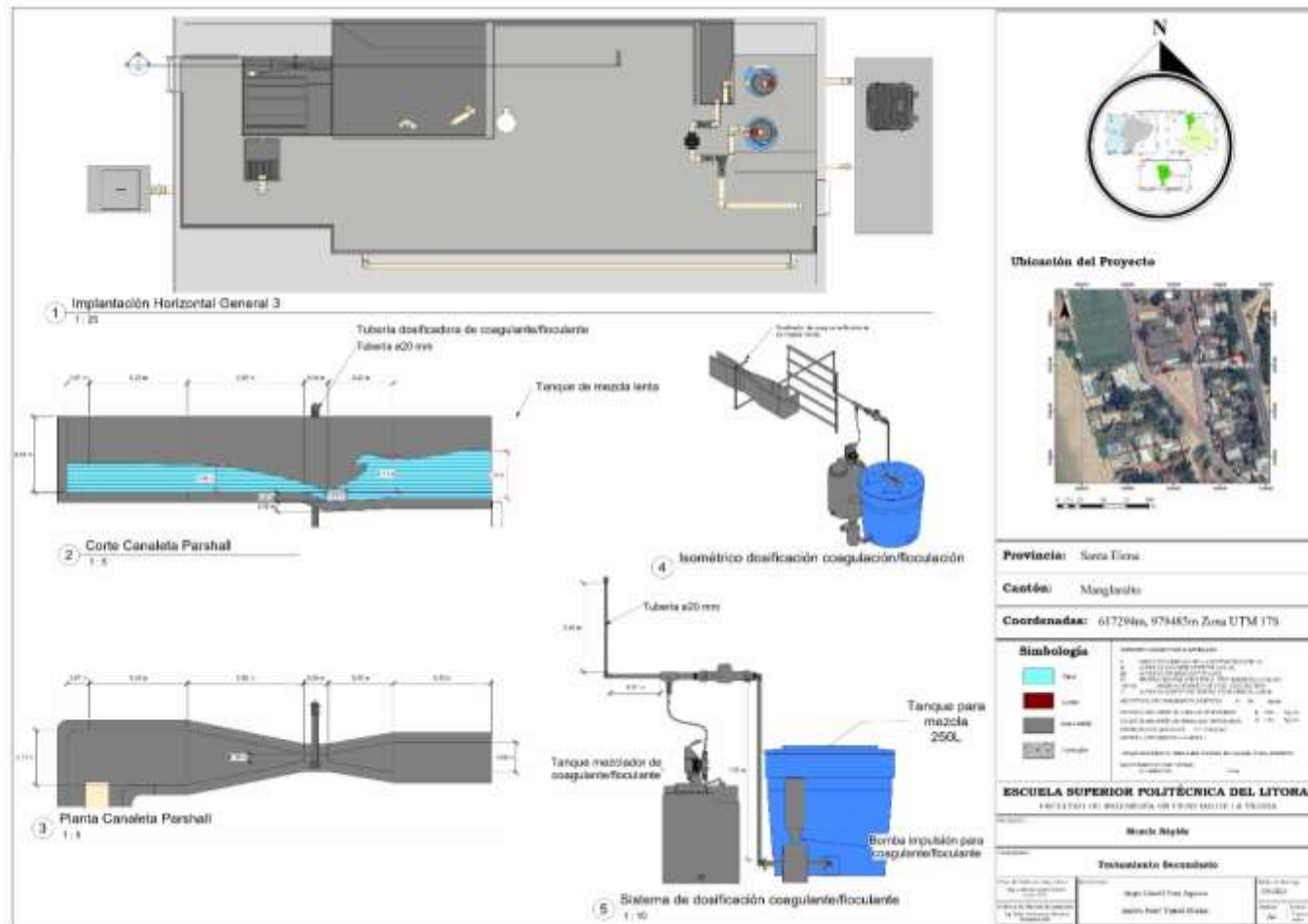
Plano 4

Desarenador

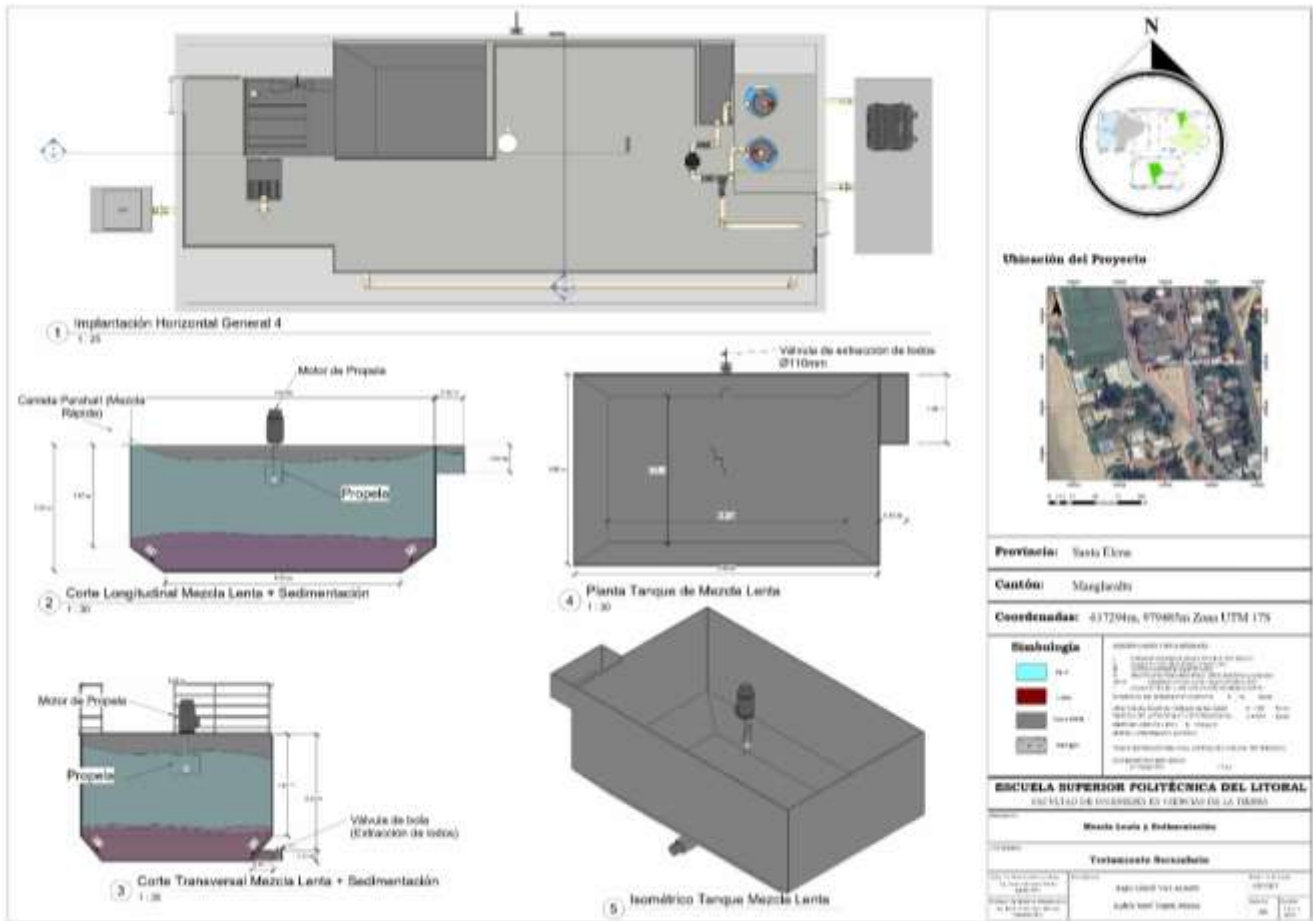


Plano 5

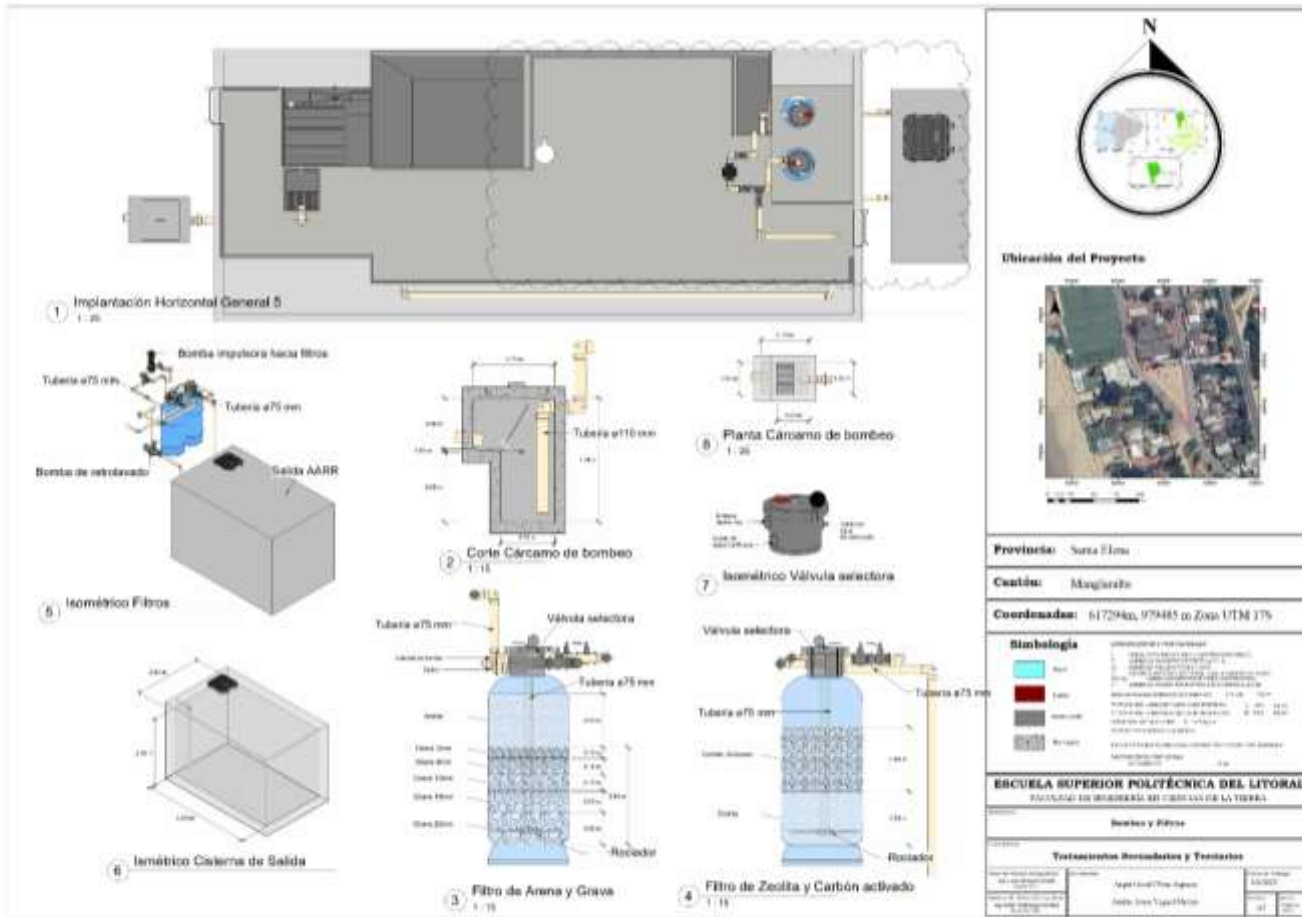
Mezcla Rápida



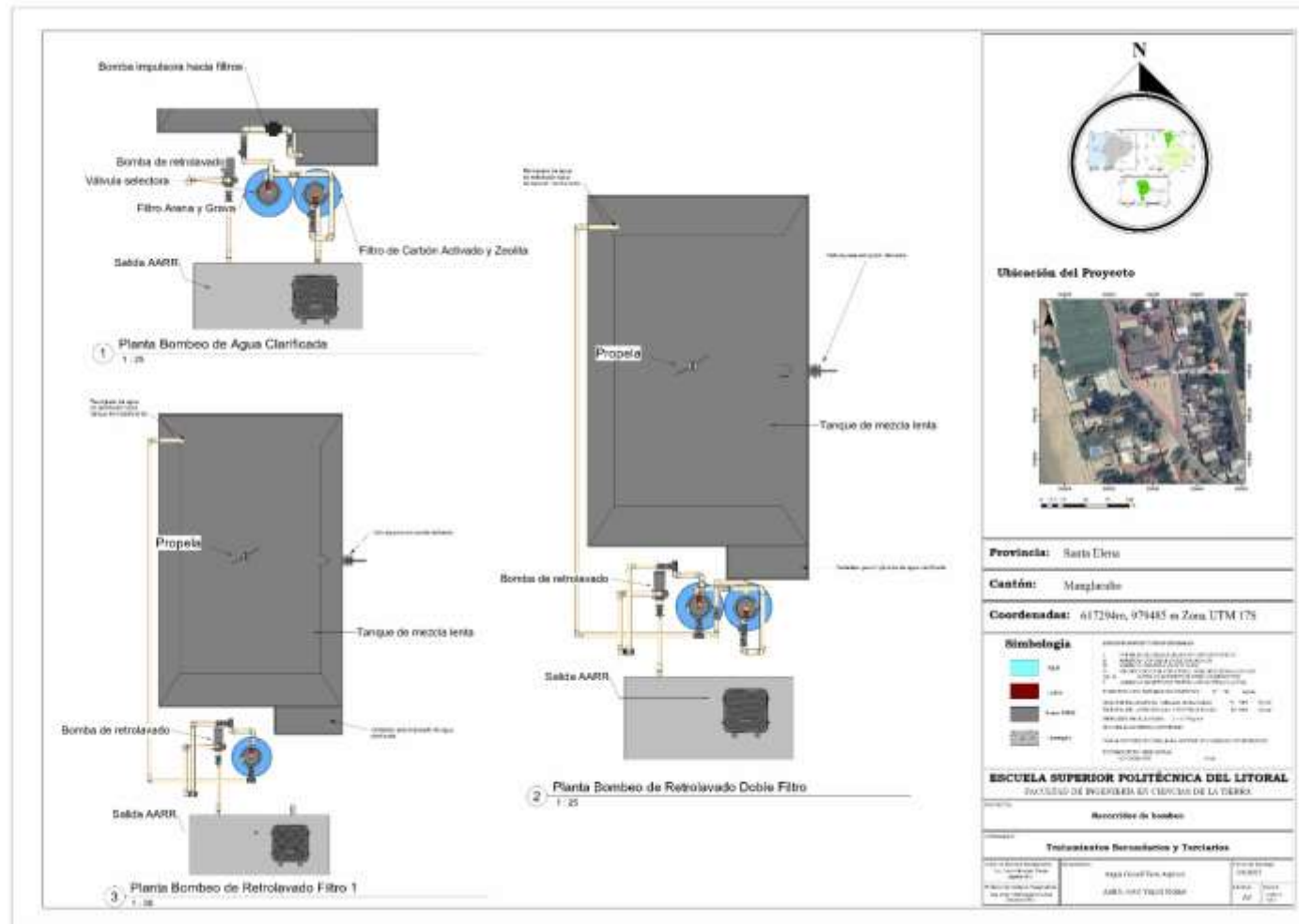
Mezcla Lenta y Sedimentación



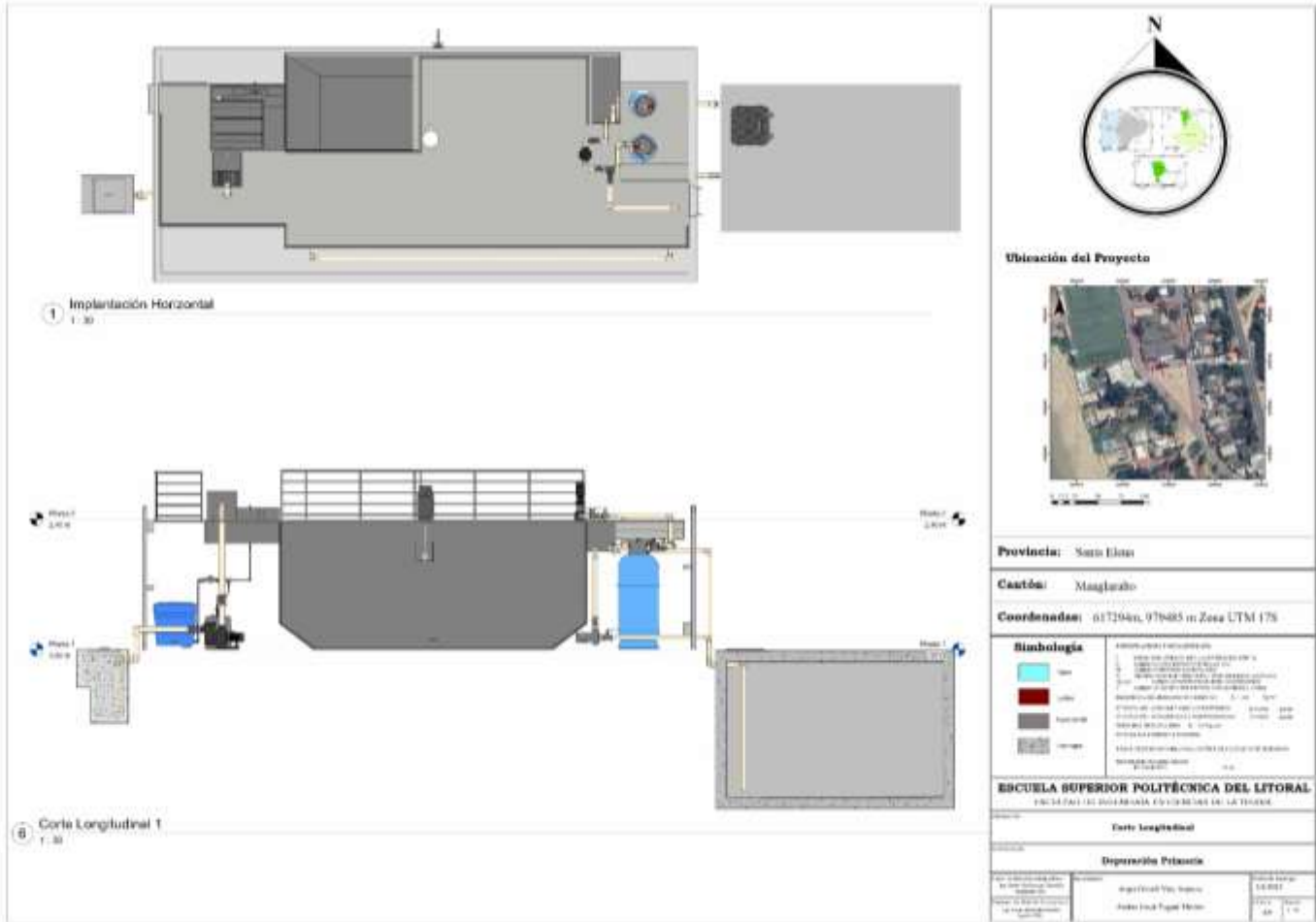
Bombeo y filtros



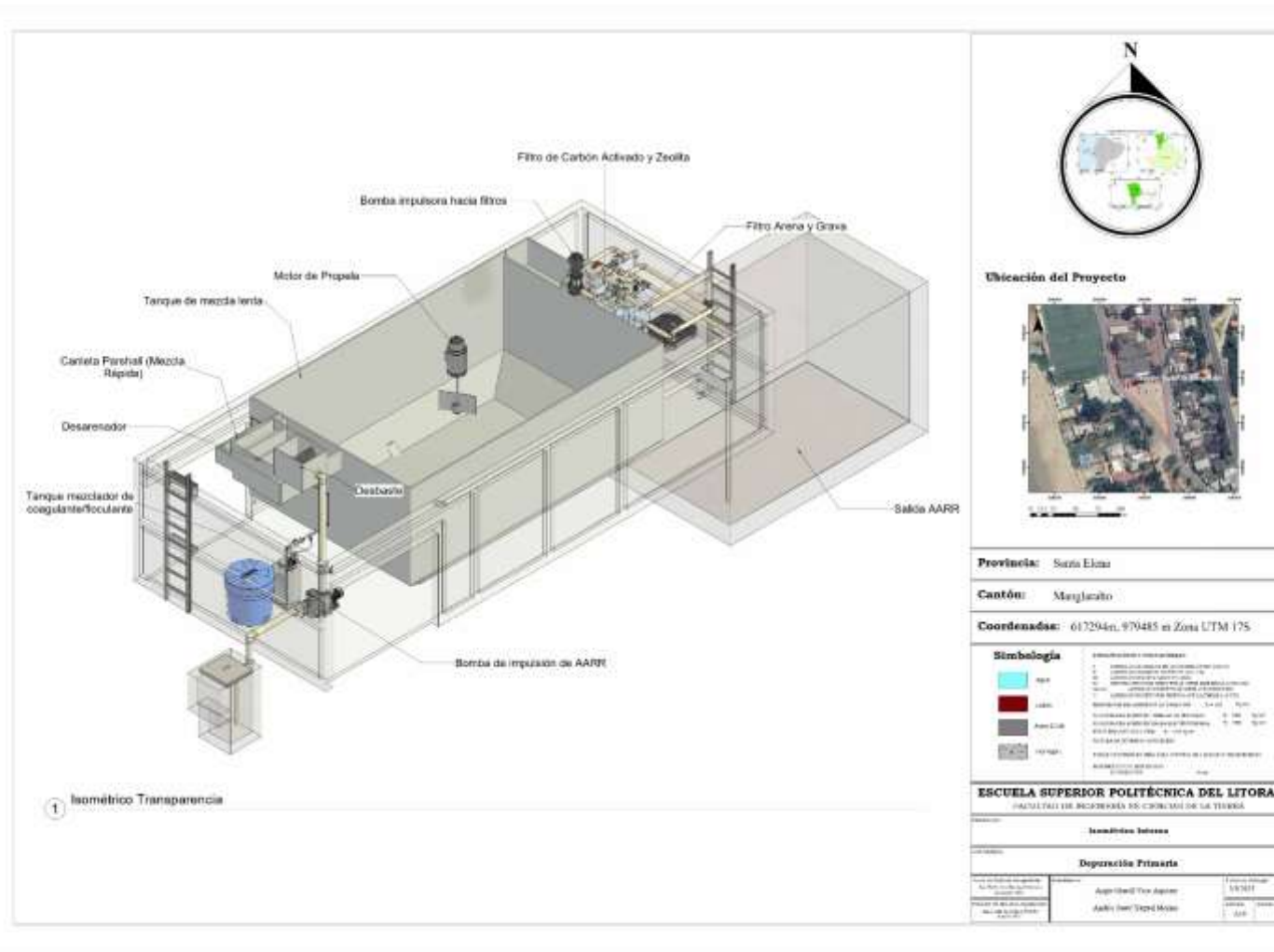
Recorridos de bombeo



Corte Longitudinal



Isométrico Transparencia



ANEXO E

DISPONIBILIDAD DE ANÁLISIS PARA

CONTAMINANTES EMERGENTES

Figura 33

Consulta a laboratorios AVVE S.A. sobre ensayos de laboratorio a contaminantes emergentes.

Solicitud de información para análisis de contaminantes emergentes en aguas residuales

Andrés Josue Yagual Merino
 Para: cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com
 Dom 29/6/2025 13:29

CC: Angie Gissell Vera Aspiazu

Estimados señores,

Mi nombre es Andrés Yagual, estudiante de último semestre de Ingeniería Civil de la Universidad ESPOL. Actualmente me encuentro desarrollando mi trabajo de titulación, cuyo título es "Diseño del Sistema Depurador de Aguas Residuales Domésticas para el Hospital Básico Manglaralto, Parroquia Manglaralto, Provincia de Santa Elena".

Como parte de la fase de caracterización del afluente, estoy buscando laboratorios que puedan realizar el análisis de contaminantes emergentes, principalmente fármacos, en aguas residuales domésticas. Específicamente, me interesa conocer si su laboratorio realiza este tipo de análisis y, de ser así, los costos por tipo de fármaco y el procedimiento para ello (tipo de muestreo requerido, volumen, conservación, tiempos de entrega de resultados, etc.).

La lista de compuestos que requerimos analizar es la siguiente:

- Carbamazepina
- Paracetamol
- Ibuprofeno
- Diclofenaco
- Estradiol valerato
- Progesterona
- Amoxicilina

Cotizaciones <cotizaciones.compras@laboratoriosavve.com>
 Av: Andrés Josue Yagual Merino
 Cc: Angie Gissell Vera Aspiazu
 Enviado de Yagual
 Mié, 30/06/2025 08:27

Muchas gracias por su solicitud, pero no realizamos los análisis solicitados. Espero ayudarle en un próxima ocasión.

Saludos cordiales,

 **Maria Ponce Macías**
 a/c. Coordinadora de Cotizaciones
 Parque Carifonia 1, Edificio 3 Local 4A, Km. 11 1/2 vía a Daule,
 P.O. Box 593-4-2103206 Ext. 107
 Guayaquil - Ecuador
 Visite en:
www.laboratoriosavve.com



Laboratorios AVVE S.A. se compromete con la imparcialidad de sus actividades y garantiza la confidencialidad de la información de sus clientes, mediante acuerdos de "Confidencialidad y no Divulgación de Información" legalmente ejecutables que mantiene con todo su personal, asumiendo la responsabilidad sobre la gestión de la información obtenida o creada durante la realización de las actividades del laboratorio a partir de las muestras analizadas.

Figura 34.

Consulta a al Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE). sobre ensayos de laboratorio de contaminantes emergentes.

Análisis de Contaminantes Emergentes

 Angie Gissell Vera Aspiazu Mo, 23.06.2025 06:48

Ar:  Centro de Investigaciones Biotecnologicas del Ecuador
Cc:  Andres Josue Yagual Merino;  Bethy Guillermina Merchan Sanmartin

Buenos días, estimados.

Actualmente mi compañero y yo estamos trabajando en nuestra tesis referente al Diseño de la Planta Depuradora del Hospital Básico de Manglaralto junto a nuestra tutora la Ing. Bethy Merchán.

Entre los análisis requeridos, debido a que se trata de un afluente de aguas hospitalarias, quisiéramos analizar ciertos contaminantes emergentes como fármacos. Conocemos que ustedes realizan estos tipos de análisis, queremos conocer para qué tipo de contaminantes, y el costo asociado a realizar las pruebas.

Quedamos pendientes de su respuesta y agradecemos de antemano cualquier tipo de ayuda que nos puedan proveer.

Obtener [Outlook para Android](#)

 Servicios CIBE Mo, 23.06.2025 10:31

Ar:  Angie Gissell Vera Aspiazu
Cc:  Andres Josue Yagual Merino;  Bethy Guillermina Merchan Sanmartin

Buena tarde, estimada
Angie Vera Aspiazu

Gracias por contactarse con el **Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE)**. hemos revisado su solicitud y me permito indicarle que el servicio requerido no lo ofrecemos.

Si requiere alguna información adicional no dude en contactarnos.

Por favor, confirmar recepción de este correo.

Saludos cordiales.

Verónica Quinto Mora



Centro de
Investigaciones Biotecnológicas
del Ecuador

SERVICIOS CIBE
Teléfono: (+593 4) 2269610 - Ext. 1783
servicioscibe@espol.edu.ec
www.cibe.espol.edu.ec
Guayaquil - Ecuador



Conferencia Internacional de
Biotecnología y Bioingeniería
CIBB 2025
INNOVACIÓN BIOTECNOLÓGICA Y BIOINGENIERÍA
SEMBRANDO SOLUCIONES, CULTIVANDO EL FUTURO
www.cibb.espol.edu.ec



del 6 al 8 de
OCTUBRE 2025