

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis de posibles tratamientos para el agua residual producida por el
Parque Polifuncional Sergio Toral Etapa 1

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Plúa Chipre Iván Xavier

Piza Morales Carlos Pablo

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico, principalmente, a mi esposa, quien ha sido un pilar importante y fundamental en muchos aspectos de mi vida, entre ellos, el académico. A mi familia, quienes han estado incondicionalmente apoyándome y dándome la mano cuando lo he requerido. A la prestigiosa institución ESPOL, por permitirme cursar la carrera de Ingeniería Civil y por los enormes aprendizajes impartidos a lo largo de los semestres.

Pablo Piza Carlos Morales

El presente proyecto se lo dedico primordialmente a mi familia por ser pilar fundamental de mi crecimiento personal, mi padre el Ing. Virgilio Plúa y la Sra. Ana Chipre por apoyarme siempre y no dejarme solo durante todo este trayecto recorrido. A mis hermanos Dra. Carolina Plúa y Andrés Plúa. A mi novia María Chávez por su apoyo incondicional durante gran parte de este camino. Y a todas las personas que contribuyeron de alguna u otra manera a que pueda estar cumpliendo uno de mis objetivos en la vida.

Plúa Chipre Iván Xavier

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios, por permitirnos haber llegado hasta este punto de término en nuestra etapa universitaria. A nuestros padres y familia por apoyarnos incansablemente durante este camino. A la ESPOL, y nuestra Facultad de Ciencias de la Tierra, y sobre todo a cada uno de los docentes que de una u otra manera contribuyeron a nuestra formación como profesionales.

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro Tutor, el Msc. Ing. Cristian Salas, y Profesor de Materia Integradora Msc. Ing. Danilo Dávila Guamán, por haber sido nuestros guías, consejeros y brindarnos ayuda constante en los lineamientos de todo el desarrollo y presentación del presente documento. Agradecemos también al personal técnico del Consorcio Urbanikad en especial a los Ingenieros Eduardo Gía, Klever Macas y Fabián Galarza por brindarnos la apertura y confianza en permitirnos proponer un Diseño de PTAR para el Proyecto Polifuncional Sergio Toral.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; **Carlos Pablo Piza Morales** y **Plúa Chipre Iván Xavier** damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”.



Pablo Carlos Piza
Morales



Plúa Chipre Iván Xavier

EVALUADORES

Msc. Ing. Luis Dávila Guamán

PROFESOR DE LA MATERIA

Msc. Ing. Cristian Salas

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla con la finalidad de cubrir y dar solución a un problema de la vida real que está pasando en la zona de estudio de este. Con el diseño de la Estación Depuradora de Aguas Residuales mediante la implementación de dos etapas de tratamiento, primario y secundario, comprendidos por un sistema de rejillas y Tanque Imhoff, seguidos por el Humedal Subsuperficial; para finalmente finalizar con su respectiva descarga bajo normativas.

Por un lado, se quiere que el sistema planteado cumpla con determinados requisitos de interés, siendo uno de los principales el área que esta conlleva, entre otros.

Por otro lado, se analiza el impacto ambiental que el desarrollo de este proyecto genera en 3 etapas de interés, el proceso, finalizado y su tiempo de operación y mantenimiento.

Con todo esto, se consigue cumplir parámetros de limitación para la descarga del agua residual al cuerpo de agua dulce cercano, y así minimizar lo más posible el impacto creado en el medio.

Palabras Clave: EDAR, Humedales, Normativa, Tratamiento primario y secundario, Impacto ambiental.

ABSTRACT

This Project is developed with the purpose of covering and solving a real-life problem that is happening in the study area of this. With the design of the Wastewater Treatment Plant through the implementation of two stages of treatment, primary and secondary, compromised of a grid system and Imhoff Tanque, followed by the Subsurface Wetland; to finally end with the passage of a drying bed and is respective unloading under regulations. On the one hand, it's wanted that the proposed system complies with certain requirements of interest, one of the main ones being the area that this entails, among others. On the other hand, the environmental impact that the development of this Project generates in 3 stages of interest in analyzed, the process, completed and it's operation time and maintenance. With all this, it's possible to meet limitation parameters for the discharge of wastewater to the nearby freshwater body and thus minimize as much as possible the impact created in the environment.

Keywords: WWTP, Wetlands, Regulations, Primary and Secondary treatment, Environmental impact.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1	2
1. INTRODUCCION.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Presentación general del problema.....	3
1.3. Justificación del problema	4
1.4. Objetivos.....	5
CAPITULO 2	6
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
2.1. Revisión de literatura	6
2.1.1. Importancia del recurso hídrico	6
2.1.2. Aguas Residuales	7
2.1.3. Contaminantes emergentes y tratamientos	9
2.2. Área de estudio.....	9
2.3. Trabajo de campo y laboratorio.....	11
2.4. Análisis de datos	11
2.5. Análisis de alternativas	12
CAPITULO 3	30
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	30
3.1. Diseños.....	30
3.1.1. Estimación del Consumo o Caudal Diario	30
3.1.2. Coeficiente de Retorno	31
3.1.3. Caudal Máximo Diario o Puntal Diario.....	31
3.1.4. Caudal Máximo Horario o Instantáneo	31

3.1.5.	Caracterización del agua residual a tratar	33
3.1.6.	Esquema Sistema de Tratamiento	34
3.1.7.	Pretratamiento	34
3.1.8.	Tratamiento Primario.....	40
3.1.9.	Tratamiento Secundario.....	53
3.1.8.1	Diseño del Humedal para la remoción del DBO5.....	56
3.1.8.2	Diseño del Humedal para la remoción del Nitrato Total (Nt).....	57
3.1.8.3	Diseño del Humedal para la remoción del Fósforo (Pt).....	58
3.1.8.4	Tiempo de Retención Hidráulico del Humedal	59
3.1.8.5	Dimensionamiento celdas de Humedal Subsuperficial Vertical	60
3.1.8.6	Vegetación.....	62
3.1.10.	Armado Estructural del Tanque Imhoff.....	63
3.2.	Especificaciones técnicas	74
CAPITULO 4		88
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	88
4.1.	Descripción del proyecto.....	88
4.2.	Línea base ambiental.....	89
4.3.	Actividades del proyecto	90
4.4.	Identificación de impactos ambientales	91
4.5.	Valoración de impactos ambientales.....	94
4.6.	Medidas de prevención/mitigación	100
CAPITULO 5		102
5.	PRESUPUESTO	102
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	102
5.1.1.	Evaluación in Situ.....	103
5.1.2.	Selección y Prediseño del Sistema de Tratamiento.....	104

5.1.3. Importación	105
5.1.4. Construcción	106
5.1.5. Entregables.....	107
5.2. Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)	107
5.3. Descripción de cantidades de obra	110
5.4. Valoración integral del costo del proyecto	113
5.5. Cronograma de obra	114
CAPITULO 6	115
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
BIBLIOGRAFÍA	117
PLANOS Y ANEXOS.....	119

ABREVIATURAS

EDAR	Estación Depuradora de Aguas Residuales
MCDM	Método de Decisión de Multi-Criterio
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente
INTERAGUA	International Water Service
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
Nt	Nitrato Total
Pt	Fosfato Total
SST	Sólidos Suspendidos Totales
NF	Nivel Freático

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramos
m^3	Metro cúbico
h	Hora
hab.	Habitante
s	Segundo
d	Día
L	Litro
m	Metro
MZ	Manzana

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación del Centro Polifuncional Sergio Toral	3
Figura 2.1: Canal cerca del área de proyecto	10
Figura 2.2: Límites del proyecto antes de iniciar el área hídrica	10
Figura 2.3: Cuerpo de agua dulce que receptorá el	10
Figura 2.4: Dotaciones recomendadas según el valor de la Población	11
Figura 2.5: Dotación según el tipo de edificación	12
Figura 2.6: Puntajes finales del criterio COSTOS de cada alternativa	27
Figura 2.7: Puntajes finales del criterio TECNICO de cada alternativa	27
Figura 2.8: Puntajes finales del criterio AMBIENTAL de cada alternativa	28
Figura 2.9: Puntajes finales del criterio SOCIAL de cada alternativa	28
Figura 3.1: Gráfica del Coeficiente de Harmon	32
Figura 3.3: Corte del Humedal Subsuperficial	61
Figura 3.4: Carga por presión del agua	65
Figura 3.5: Carga producida por presión del suelo	65
Figura 3.6: Consideración de carga en diseño por cortante	66
Figura 4. 1: Índice de Impactabilidad	97
Figura 4.2: Impactos negativos 1era. Fase	97
Figura 4.3: Impactos negativos 2da. Fase	98
Figura 4.4: Impactos negativos 3era. Fase	98
Figura 4.5: Impactos positivos 1era. Fase	99
Figura 4.6: Impactos positivos 2da. Fase	99
Figura 4.7: Impactos positivos 3era. Fase	100
Figura 5.1: Actividades de la Evaluación in situ	103
Figura 5.2: Selección del sistema de tratamiento	104
Figura 5.3: Etapa de importación	105
Figura 5.4: Etapa de construcción	106
Figura 5.5: Cuantificación del volumen de hormigón para el Tanque Imhoff ..	110
Figura 5.6: Procedimiento para determinar el volumen para los cimientos	112
Figura 5.7: Cronograma del proyecto	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sistemas de tratamiento de la Alternativa 1	13
Tabla 2.2: Sistema de tratamiento de la Alternativa 2	13
Tabla 2.3: Sistema de tratamiento de la Alternativa 3	13
Tabla 2.4: Características de los tratamientos planteados	13
Tabla 2.5: Tabla MCDM referencial para la comparación con los sistemas planteados	15
Tabla 2.6: Costos aproximados de la Alternativa 1	16
Tabla 2.7: Costos aproximados de la alternativa 2	16
Tabla 2.8: Costos aproximados de la alternativa 3	17
Tabla 2.9: Análisis del criterio de COSTOS de MCDM	17
Tabla 2.10: Análisis del Subcriterio de Eficiencia de remoción	19
Tabla 2.11: Porcentajes finales de remoción	19
Tabla 2.12: Puntuación final del criterio TÉCNICO	20
Tabla 2.13: Análisis del criterio AMBIENTAL de MCDM	21
Tabla 2.14: Puntuación final del criterio AMBIENTAL	22
Tabla 2.15: Evaluación de los subcriterios en proyectos externos	22
Tabla 2.16: Puntuación final del criterio SOCIAL	24
Tabla 2.17: Puntuación final de las alternativas	26
Tabla 3.1: Valores de consumo diario	30
Tabla 3.2: Parámetros del agua residual a tratar	33
Tabla 3.3: Valores recomendados para diseño de rejillas	34
Tabla 3.4: Datos para diseño de Cribado	36
Tabla 3.5: Datos iniciales para diseño del Sedimentador	38
Tabla 3.6: Parámetros iniciales para Tratamiento primario	40
Tabla 3.7: Porcentaje de remoción del Tanque Imhoff	50
Tabla 3.8: Concentración de cada parámetro	52
Tabla 3.9: Resultados de diseño de Humedal	54
Tabla 3.10: Concentración final de parámetros	55

Tabla 3.11: Límites permisibles por normativa	55
Tabla 3.12: Parámetros del diseño Estructural del Tanque Imhoff	63
Tabla 3.13: Datos para el MURO	63
Tabla 3.14: Datos para la LOSA	64
Tabla 3.15: Parámetros físicos para el Muro y Losa Tapa	64
Tabla 3.16: Valores de carga para condición 1	65
Tabla 3.17: Valores de carga.....	66
Tabla 3.18: Coeficientes de corte Cs.....	67
Tabla 3.19: Resistencia del cortante	67
Tabla 3.20: Resultados de fuerza en el muro	68
Tabla 3.21: Valores para coeficiente Mx	68
Tabla 3.22: Valores para coeficiente My	69
Tabla 3.23: Coeficientes Mx para muro corto	69
Tabla 3.24: Coeficientes My para muro largo	70
Tabla 3.25: Momentos en presión de agua	70
Tabla 3.26: Momentos Mx que resiste el esfuerzo vertical	71
Tabla 3.27: Momentos My que resiste el refuerzo horizontal	71
Tabla 3.28: Momentos Mx de refuerzo vertical en muro corto	72
Tabla 3.29: Momentos My que resiste refuerzo horizontal	72
Tabla 3.30: Cuantía requerida para cada momento máximo	73
Tabla 3.31: Cuantía mínima	73
Tabla 4.1: Matriz de Leopold modificada	91
Tabla 4.2: Valoración de impactos negativos.....	94
Tabla 4.3: Valoración de impactos negativos.....	94
Tabla 4.4: Valoración de impactos en Matriz de Leopold	95
Tabla 5.1: Especificación de rubro.....	108
Tabla 5.2: Ejemplificación del APU correspondiente al Rubro indicado	109
Tabla 5.3: Resultados de Volumen en el Tanque Imhoff	111
Tabla 5.4: Comparación de costo de la obra	113

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1 Vista en Planta y Corte A-A de la EDAR	123
Plano 2 Corte B-B y C-C, vista en Perfil del Tanque Imhoff	124
Plano 3 Corte del Plano estructural del Tanque Imhoff	125

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

La República del Ecuador es un país que, anualmente, como en todos los países del mundo, incrementa su densidad demográfica con el pasar de los años; teniendo así una población bastante amplia con respecto al área territorial que posee. Dentro de este, existen sectores con mayor índice de crecimiento poblacional, principalmente en la Costa, donde es necesaria y se amerita la creación de obras civiles que cumplan con necesidades y derechos que dicha población merece tener.

Sin embargo, a pesar de este crecimiento, existen sectores donde no es controlado debido a factores como las invasiones, migraciones, crecimiento generacional en los hogares, entre otros; y con frecuencia en estos sectores no cuentan con la atención necesaria para un desarrollo correcto de la sociedad. En el territorio nacional, particularmente en la ciudad de Guayaquil, existen zonas ubicadas al noroeste, que en la actualidad aún no brindan un buen vivir necesario para el gran número de ciudadanos que residen en estos lugares. Por tal motivo, la Municipalidad de Guayaquil, en estos últimos años ha realizado un gran número de obras, a favor de solventar aquellas vicisitudes de estos habitantes.

Con gran recurrencia estas obras se basan en la creación de centros de atención médica para la sociedad, creación de áreas verdes y deportivas para el desarrollo de la juventud y para brindar espacios adecuados para las personas que se dedican a la actividad física como parte de su rutina de vida, centros de atención infantil como guarderías y escuelas, etc. Una de estas obras es la construcción del Polifuncional Sergio Toral, ubicado en la Cooperativa del mismo nombre, que contará con centros de atención que servirán como consultorios y guardería, cancha de fútbol con su respectivo cuarto de baños y camerino, entre otros espacios.

Por otro lado, cercano al Parque Polifuncional existe un canal que es una ramificación del río Daule, que durante época invernal se encauza para dar flujo al paso de las aguas lluvias de estos sectores. Además, gran parte de los habitantes usan este

mismo canal como descarga de las aguas servidas de sus domicilios (no incluye aguas negras). El Municipio propuso evacuar las aguas residuales pertenecientes a los centros del Proyecto en dicho canal, sin embargo, Interagua indica que dicha descarga al canal solo se puede dar si el agua residual es previamente tratada.



Figura 1.1: Ubicación del Centro Polifuncional Sergio Toral

1.2. Presentación general del problema

El sector de Sergio Toral no cuenta con un sistema de alcantarillado para la descarga de aguas residuales del sector, más bien, este cuenta con pequeñas cajas (pozos sépticos) donde un vehículo recolector acude regularmente a limpiar y extraer el material residual que se encuentra en estas cajas. Con la integración del Centro Polifuncional Sergio Toral, la demanda que existe hacia las cajas sépticas es mayor, por lo que su capacidad de almacenamiento se va a ver superada por la descarga adicional del parque.

Por ello, la entidad Interagua, decretó que el proyecto cuente con una estación de tratamiento para que las aguas producidas por el parque sean descargadas al cuerpo de agua dulce (canal) que se encuentra en los alrededores de este.

Como problemática a solucionar se presenta la propuesta de un diseño de Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) dentro del Proyecto Polifuncional Sergio Toral, que se pueda llevar a cabo en dicha construcción, por parte del personal contratista a

cargo de esta obra. Siendo el diseño de PTAR propuesto el más idóneo para cumplir con las normativas de la entidad reguladora Interagua, que permitan al parque descargar las aguas residuales producidas en sus centros al canal existente en el sector, y que a su vez, el valor de dicha construcción se encuentre dentro del rango presupuestado por la parte contratista.

El área designada para el sistema de tratamiento es limitada, no se cuenta con el espacio suficiente y necesario; así también las cotas de desnivel requeridas para los procesos en las cámaras de tratado también representan una posible condición desfavorable debido a que se quiere que esta trabaje, de ser posible, a gravedad únicamente.

1.3. Justificación del problema

La realización del presente proyecto tiene una iniciativa de suma importancia y necesidad, y así mismo implica una solución eficiente a una problemática presente en la zona de análisis y una respuesta a la ordenanza dispuesta por la entidad regulatoria. En caso de no ser así, existirían problemas a corto o mediano plazo con respecto a la capacidad de almacenamiento que se tiene por ahora en las cajas (pozos) de la zona, esto debido a que el aporte que genera el Parque Polifuncional Sergio Toral es significativo. Adicionalmente, con esto se asegura una descarga aceptable hacia el cuerpo de agua dulce cercano, evitando así algún tipo de contaminación externa hacia el canal y que se tengan severas sanciones por este accionar inmoral e ilegal.

De no ser así, como primera afectación se tiene el colapso de las cajas o pozos sépticos ubicados alrededor del sector, generando así filtraciones hacia el exterior y con esto se generan malos olores en el ambiente, zonas de putrefacción, generación de enfermedades, virus, etc.; y, por último, el malestar de los residentes cercanos debido a la mala calidad de vida que se está generando en la zona en cuestión.

Por otro lado, si no se realiza un tratado correcto, estas aguas salientes generarían un daño sumamente terrible y es el de la contaminación de un cuerpo de agua dulce que finaliza con su unión al gran cuerpo de agua dulce conocido como Río Daule. Esto trae consigo problemas ambientales de gran impacto por la generación de

virus en el agua, la infección y contaminación de la flora y fauna, y así mismo, se contamina los sectores aguas arriba y aguas abajo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una Planta de Depuración que trate las aguas residuales provenientes de las instalaciones del Proyecto Polifuncional Sergio Toral Etapa I para su respectiva descarga a un cuerpo de agua dulce bajo normativas correspondientes.

A partir de este objetivo general surgen las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué opciones de sistemas de tratamiento se tiene hoy en día para proponerlo en la Estación Depuradora de Aguas Residuales?

¿Qué otra posible propuesta de tratamiento de las aguas residuales del Parque Polifuncional Sergio Toral funcionaría para tener aguas resultantes de mayor calidad o índices microbiológicos más bajos?

¿Qué tan viable se convierte cada sistema de tratamiento según el sector y el área donde se ubique, y cómo contribuye al planteamiento de los ODS?

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar tres opciones al sistema de tratamiento que remueva de manera efectiva los contaminantes producidos por el Centro Polifuncional Sergio Toral.
- Seleccionar los procesos óptimos de tratamiento del agua residual necesarios para el Centro Polifuncional Sergio Toral y que aporten con los objetivos de desarrollo sostenible.
- Elaborar el dimensionamiento de todas las unidades de tratamiento de la tecnología seleccionada, considerando la delimitación del área designada para la misma.

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Revisión de literatura

2.1.1. Importancia del recurso hídrico

El agua es un elemento de suma importancia para el desarrollo de la vida en nuestro planeta, así mismo para la continuidad de esta. Todos los seres vivos requieren de ella de forma continua para vivir. Este recurso cubre más del 70% de la superficie de la Tierra, cerca del 97% se encuentra en los océanos y mares, mientras que el 3% restante representa el agua dulce disponible para ser consumida (Zumbado, 2019).

Este recurso hídrico ha sufrido un importante deterioro progresivo a lo largo de los años, mismo que se debe principalmente a las actividades de origen antropogénico que ocasionan su contaminación. Esto representa un grave problema ambiental, económico y social: la polución en las masas de agua sobre la superficie ha generado una presión extra sobre el recurso, ya de por sí siendo afectado por problemas debido al cambio climático, crecimiento demográfico, poblacional y la expansión urbanística (Cisneros, 2014). Todas estas situaciones que se han venido dando han provocado, a su vez, una considerable y progresiva disminución de la disponibilidad de cuerpos de agua que sean seguros para el consumo humano (Environment, 2018).

Por todo lo antes mencionado, es de suma importancia y responsabilidad, procurar que los cuerpos de agua existentes y que se encuentren a disponibilidad estén siendo utilizados lo más eficaz y eficientemente posibles para su correcto desarrollo. A su vez, tratar de conseguir la mayor cantidad de volumen de agua limpia de regreso, para que sea utilizada nuevamente en nuevos procesos o sistemas de consumo masivo.

Es importante procurar desperdiciar la menor cantidad posible y tratar de conservarla lo más que se pueda hasta el momento de su uso.

2.1.2. Aguas Residuales

Las aguas residuales son aguas que son descargadas una vez hayan sido utilizadas para alguna acción en particular, estas contienen residuos líquidos que provienen de sectores de población humana, de actividades agropecuarias o procedentes de la industria. Como principales fuentes de aguas residuales se tiene:

- Aguas urbanas o domésticas.
- Aguas industriales, que dependen principalmente del tipo de actividad que esta realice.
- Aguas de uso agrícolas.
- Aguas pluviales, que contienen concentraciones considerables de bacterias, productos químicos orgánicos, etc.

La composición y característica de las aguas residuales se la realiza en base a la medición de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos. Entre las mediciones más comunes que se realizan en las aguas residuales, se tiene: determinación de la cantidad de sólidos que contiene, turbidez, pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Dentro del campo de aguas residuales, están las provenientes de centros hospitalarios, clínicas o dispensarios médicos, sin importar la ocupación, tamaño, adecuación, áreas médicas de atención, etc. La razón de su particular interés es la contaminación que esta produce en su descarga, donde se conocen los contaminantes emergentes. Hoy por hoy se habla de este tipo de contaminante y hace referencia a productos farmacéuticos, aditivos industriales, plastificantes y una numerosa variedad de compuestos químicos que alteran funciones endócrinas. Estos compuestos se los pueden encontrar en bajas concentraciones, normalmente suelen estar en partes por millón, y la mayoría siguen sin estar regulados o reglamentados (Chafloque y Gómez, 2012).

Las estaciones depuradoras que no están diseñadas para tratar este tipo de contaminantes en particular tienen efluentes que contienen una alta porción de estos compuestos y metabolitos, haciendo que entren con gran toxicidad al cuerpo de agua dulce o salada. Estos presentan efectos negativos en los seres humanos, ocasionando alteraciones en el sistema endócrino, bloquean las funciones hormonales, dañan la

salud de las personas y de especies animales; a pesar de que estos contaminantes estén en bajas concentraciones.

Entre los parámetros más comunes dentro del agua residual se tienen los siguientes:

- **Sólidos Suspendidos.** - Son las partículas de carácter orgánico e inorgánico que se encuentran presentes en el agua residual. Se las divide en dos grupos, orgánicos e inorgánicos, teniendo en el primer grupo a las fibras de plantas, células de algas, bacterias y sólidos biológicos; mientras que, en el segundo grupo, se tienen a las sales y a las arcillas (García & Ludizaca, 2017).
Este indicador es el más importante para determinar la calidad del agua residual, pues estos expresan a la materia que tiende a sedimentarse de manera más segura en el fondo del lugar o recipiente que se encuentre (Del Carmen Gastañaga, 2018).
- **pH.** - Este parámetro determina la concentración de iones que tiene el agua a analizarse, este se mide con un electrodo que se encuentra del dispositivo generando una corriente que es proporcional a la concentración de protones. Este parámetro está directamente relacionado al valor de la temperatura del agua, pues su valor depende de este.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).** – Hace referencia a la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos presentes en el agua residual para poder reducir la materia orgánica. Lo que mide este parámetro es la cantidad de oxígeno disuelto que se consume, así también se podrá saber la cantidad que se requiere de este para poder estabilizar la materia orgánica (García & Ludizaca, 2017).
- **Nitrógeno.** – Este parámetro mide la cantidad de nitrógeno presente en el agua residual. Es la suma de nitrógeno total en sus diversas formas y el ion amonio. Este indicador determina la cantidad total de nitrógeno capaz de ser nitrificado para posteriormente ser nitritos y nitratos; finalmente en nitrógeno gaseoso.

2.1.3. Contaminantes emergentes y tratamientos

Los contaminantes emergentes poseen una gran cantidad de propiedades químicas, por lo que requieren de tratamientos especiales para una segura descarga al sistema de alcantarillado o al medio ambiente. Uno de ellos es el tratamiento fisicoquímico, que resulta siendo de muy alta eficiencia para este tipo de problemas; en donde se conoce lo siguiente:

- **Tratamientos fisicoquímicos:** con respecto a la eficiencia de remoción de contaminantes emergentes con procesos como carbón activado granular y oxidación por ozono y cloración, se tienen resultados mayores al 90% de remoción. Con procesos convencionales de coagulación/flotación y suavización con cal, los resultados son muy deficientes (menores al 20%); esto según estudios realizados a nivel de laboratorio (García Gómez, et al., 2011).

2.2. Área de estudio

El área de estudio está ubicada al Noroeste de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas; específicamente en la Cooperativa Sergio Toral Etapa 1, en la MZ #58 entre las calles 98 y calles Pakistán y México.

El área cuadrada del Proyecto Recreacional es de un total de 9500 m², entre esos 218.40 m² serán parte del salón de usos múltiples o eventos, 227.40 m² serán parte del Consultorio Médico, 218.40 serán parte de la Guardería o Centro de Atención Infantil y 21.15 m² serán para el uso de baños públicos y camerinos.

Por otro lado, como ya se ha planteado en la problemática del proyecto, se tiene destinada un área aproximada de 155 m² para la construcción de la Planta Depuradora que trate el agua residual de dicho proyecto para realizar la descarga al canal existente.



Figura 2.1: Canal cerca del área de proyecto



Figura 2.2: Límites del proyecto antes de iniciar el área hídrica



Figura 2.3: Cuerpo de agua dulce que receptorá el agua residual tratada

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

El personal contratista facilitó los datos del diseño del Centro Polifuncional Sergio Toral, en el que se destacan planos arquitectónicos, planos estructurales, planos hidrosanitarios, planos eléctricos, entre otros. Adicionalmente, se facilitó la ubicación del lugar donde se desarrolló el proyecto, esto para poder apreciar de mejor manera las ubicaciones de los alrededores del parque y qué se tiene allí.

El personal también facilitó las características de las instalaciones y área médicas con las que cuenta el proyecto, específicamente entre estas la capacidad máxima que puede abarcar cada una de estas salas; así mismo, como la capacidad máxima de las áreas de recreación para la que está diseñado el proyecto.

2.4. Análisis de datos

Con la información topográfica y arquitectónica facilitada del proyecto de estudio, se determinó en primera instancia la capacidad máxima que puede soportar el Centro Polifuncional, esto con la finalidad de determinar el caudal de diseño con el que trabajará la Estación Depuradora de Aguas Residuales que se espera proponer para su instalación. Para ello, se aplicó la ecuación matemática clásica de caudal relacionada a la población del proyecto y la dotación. Para la dotación, se determinaron valores recomendados por la norma ecuatoriana según la edificación y su uso.

TABLA V.3 Dotaciones recomendadas

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frio	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frio	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frio	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Figura 2.4: Dotaciones recomendadas según el valor de la Población

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m ² área útil/día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5
Centro comercial	L/m ² área útil/día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m ² /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m ² área útil/día	15 a 30
Prisiones	L/persona/día	350 a 600
Salas de fiesta y casinos	L/m ² área útil/día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas*	L/s/Ha	1 a 2

Figura 2.5: Dotación según el tipo de edificación

Teniendo el caudal, se procede a mayorarlo utilizando el coeficiente de mayoración de Harmon, donde se tiene un valor de 3.8 para poblaciones de menores o iguales a 1000 habitantes.

Este último es el caudal máximo instantáneo, mismo que servirá de caudal de diseño para los procesos de tratamiento de la planta propuesta más adelante. Finalmente, se tiene un valor de diseño de $2,02 \frac{m^3}{s}$.

2.5. Análisis de alternativas

Para la formulación de las alternativas a considerar para el sistema de tratamiento que deberá implementarse en el Centro Polifuncional Sergio Toral Etapa I, se realizó un pequeño análisis cualitativo de los puntos sanitarios que tiene el proyecto; además de la descarga significativa tanto en caudal como en carga contaminante presente en el agua residual generada. Una vez planteado y establecido este parámetro base de inicio, se procede a analizar 3 diferentes tipos de alternativas, mismas que cuentan con un sistema de tratamiento diferente para cada caso, con la particularidad de que, en la primera alternativa planteada, se establecieron dos sistemas de tratamiento relacionados y continuos.

De igual manera, sin importar la alternativa más favorable, se estableció para el diseño un Pretratamiento obligatorio para el agua residual, mismo que funcionará como alternativa, para que después de este proceso se continúe con el sistema de elección. Las alternativas planteadas son las siguientes:

✓ **ALTERNATIVA 1**

Tabla 2.1: Sistemas de tratamiento de la Alternativa 1

Pretratamiento	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
- Cribado - Sedimentador (Desarenador)	Tanque Imhoff	Lodos Activados

✓ **ALTERNATIVA 2**

Tabla 2.2: Sistema de tratamiento de la Alternativa 2

Pretratamiento	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
- Cribado - Sedimentador (Desarenador)	Tanque Imhoff	Humedales Subsuperficiales

✓ **ALTERNATIVA 3**

Tabla 2.3: Sistema de tratamiento de la Alternativa 3

Pretratamiento	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
- Cribado - Sedimentador (Desarenador)	Tanque Imhoff	Biodiscos

Las características de cada tratamiento del agua residual, según sea el caso, se describen en la siguiente tabla:

Tabla 2.4: Características de los tratamientos planteados

SISTEMAS DE TRATAMIENTO SECUNDARIO		
LODOS ACTIVADOS	HUMEDAL ARTIFICIAL	BIODISCOS
Tratamiento de tipo biológico que consta de una mezcla del agua residual y los lodos biológicos que son agitados y aireados. Se forman a medida que los microorganismos crecen y se aglutinan, conduciéndose a un tanque de sedimentación secundaria en donde los lodos se sedimentan. Su eficiencia de remoción es del 80 al 95%, y se destaca el	Son medios semiterrestres con un elevado grado de humedad y una profusa vegetación, que acumulan ciertas características biológicas, físicas y químicas; que les atribuyen un elevado potencial depurador. Pueden componerse de una lámina de agua, vegetación sumergida y flotante, y zonas de NF cercano a la superficie. El sistema atiende con mayor	Es tan eficaz como el de Lodos Activados, requiere de un área mucho menor, su operación es más sencilla y el consumo energético es más bajo. Según la aplicación puede estar sumergida de un 40 a un 90% en el agua residual. Este sistema trata gran cantidad de carga contaminante, incluyendo nutrientes; sin embargo, sus componentes son de costosa adquisición.

tratado de carga contaminante de DQO y la DBO5. Sin embargo, el agua residual cuenta con nutrientes, para los cuales este sistema no es muy eficaz para su disminución en concentración mg/L.	eficiencia el tratado de nutrientes en las aguas, muy comunes en las aguas residuales. Sin embargo, con respecto a carga contaminante, existe poca efectividad.	
---	---	--

Para el análisis de las alternativas planteadas utilizamos la metodología de elección de alternativas conocida como el Método de Decisión de Multi-Criterio (MCDM), el uso de esta técnica se debe a que últimamente ha sido elegida por el contratista en proyectos de infraestructuras pública en muchos de los países de Latinoamérica.

La metodología de los métodos multicriterio consiste en determinar criterios y subcriterios de evaluación, asignar los pesos respectivos a cada uno, los mismos que se analizan a través de comparaciones pareadas para medir la relación entre criterios y su importancia. Posteriormente expertos evalúan las alternativas por cada criterio, asignando una calificación y así obtener la alternativa óptima para el problema de acuerdo con el parecer profesional de los expertos. En nuestro caso, los expertos son directamente el Tutor de Tesis, y el personal técnico a cargo de la obra Polifuncional Sergio Toral pertenecientes a la parte contratista.

Estos últimos nos ayudaron en la identificación de los criterios y subcriterios que tendrá nuestra evaluación de alternativas, con su respectiva ponderación referencial para el inicio del análisis. Los criterios que se designaron fueron 4: Costo, Técnico, Ambiental y Social. Mientras que los subcriterios a evaluar fueron 7 repartidos de la siguiente manera:

- Costo: Se evalúan los subcriterios de Costos Constructivos y de Operación y Mantenimiento de la EDAR.
- Técnico: Se evalúan los subcriterios de Área de EDAR y Eficiencia de Remoción del Sistema de tratado (% PR en parámetros físicos, químicos y biológicos).
- Ambiental: Se evalúa el único subcriterio de Afectación al medio ambiente.
- Social: Se evalúan los subcriterios de Propagación de olores y vectores y de Aspecto Visual de la EDAR.

A continuación, se presenta la tabla de Decesión de Multicriterio con los elementos ya indicados, con su respectiva ponderación Local y Global de Referencia planteada por nuestros expertos.

Tabla 2.5: Tabla MCDM referencial para la comparación con los sistemas planteados

CRITERIO	PESO CRITERIO (%)	SUBCRITERIO	PESO LOCAL (%)	PESO GLOBAL (%)
Costos	30%	Costo Constructivo	70%	21.0%
		Operación y Mantenimiento	30%	9.0%
Técnico	40%	Área de EDAR (limitada)	40%	16.0%
		Eficiencia de remoción (parámetros físicos, químicos y biológicos)	60%	24.0%
Ambiental	20%	Afectación al medio ambiente	100%	20.0%
Social	10%	Propagación de olores y vectores	80%	8.0%
		Aspecto	20%	2.0%
Total	100%	Total, Peso Global		100%

La tabla representa la ponderación ideal de la evaluación, es decir la tabla guía para posteriormente proceder a evaluar la ponderación de cada subcriterio correspondientes a cada una de las alternativas de sistema de tratamiento secundario que se está proponiendo.

➤ **COSTOS**

El análisis directamente se lo realizó por criterios, siendo el de costo el primero que se analizó, realizando un estudio y búsqueda del costo promedio de cada uno de los sistemas secundarios propuestos, en otros estudios o proyectos ya realizados. A

continuación, se muestra una precotización de cada una de las construcciones y mantenimiento de las alternativas planteadas, en base a lo que se investigó.

Tabla 2.6: Costos aproximados de la Alternativa 1

COTIZACIÓN: ALTERNATIVA # 1	
Detalle	Costo
Tanque de Lodos Activos	\$ 13,050.00
Sedimentador Secundario	\$ 5,304.00
Tanque de Desinfección	\$ 800.00
Lecho de Secados	\$ 6,060.00
Accesorios Mecánicos	\$ 2,600.00
TOTAL	\$ 27,814.00
COSTOS APROX. OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO	
Costo c/ 6 Meses	\$ 800.00

Nota: Informaciones tomadas de Andrade Avalos, et al., 2021

Tabla 2.7: Costos aproximados de la alternativa 2

COTIZACIÓN: ALTERNATIVA # 2	
DETALLE	COSTO
Reconformación Terreno Humedal	\$ 5,000.00
Impermeabilización con membrana	\$ 150.00
Implantación de vegetación (juncos)	\$ 14,725.00
Lecho de Secados	\$ 3,260.00
Accesorios (tuberías)	\$ 800.00
TOTAL	\$ 23,935.00
COSTOS APROX. OPERACIÓN Y MANTENIMEINTO	
Costo c/ 6 Meses	\$ 500.00

NOTA: TIERRA, 2021

Tabla 2.8: Costos aproximados de la alternativa 3

COTIZACIÓN: ALTERNATIVA # 3	
DETALLE	COSTO
Tanque Reactor	\$ 13,500.00
Sedimentador Secundario	\$ 4,010.00
Lecho de Secados	\$ 4,794.00
Accesorios Mecánicos (discos)	\$ 8,000.00
TOTAL	\$ 30,304.00
COSTOS APROX. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Costo c/6 Meses	\$ 1000.00

NOTA: HINOSTROZA SANCHEZ & MOSCOSO BARBOZA, 2014

Los resultados que se obtuvieron con la respectiva ponderación de cada subcriterio se los presenta en la siguiente tabla. Asimilando que la alternativa que presente una menor cotización, tanto en construcción como en mantenimiento, sea la que tenga el mayor porcentaje en el peso local de cada subcriterio.

Tabla 2.9: Análisis del criterio de COSTOS de MCDM

CRITERIO	PESO CRITERIO (%)	SUBCRITERIO	PESO LOCAL (%)	PESO GLOBAL (%)
Costos	30%	Costo constructivo	70%	21.0%
		Operación y Mantenimiento	30%	9.0%
ANÁLISIS CRITERIO		MONTO	PESO LOCAL (%)	PESO GLOBAL (%)
ALT. 1: LODOS ACTIVOS	Costo constructivo	\$27,814.00	60%	18.1%
	Operación y Mantenimiento	\$800.00	19%	5.6%
ALT. 2: HUMEDALES ARTIFICIALES	Costo constructivo	\$23,935.00	70%	21.0%
	Operación y Mantenimiento	\$500.00	30%	9.0%

ALT. 3: BIODISCOS	Costo constructivo	\$30,304.00	55%	16.6%
	Operación y Mantenimiento	\$1,000.00	15%	4.5%

➤ **TÉCNICO**

Por su parte para el subcriterio de Eficiencia de Remoción del Sistema de tratado, se inició el análisis dividiendo en 3 los parámetros de caracterización del agua tratada siendo estos: parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros biológicos. Y a su vez, se realizó una subdivisión de cada parámetro, en base a las Normas de la ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), identificando que los porcentajes de remoción de los contaminantes más significativos para un sistema de tratamiento de agua residual son los siguientes:

- Parámetros Físicos: Sólidos Suspendidos Totales (SST), Aceites y Grasas.
- Parámetros Químicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Nitrógeno Total Kjeldahl (Nt)
- Parámetros Biológicos: Coliformes Totales (CT)

Para iniciar el análisis de este subcriterio técnico, estimamos los porcentajes de remoción de los contaminantes ya establecidos previamente, en base a estudios que demuestran la eficiencia de eliminación de contaminante de cada una de las alternativas de sistemas de tratamiento secundario que se está proponiendo. A continuación, se presenta la tabla con los porcentajes de remoción de todos los parámetros, con sus respectivos contaminantes y ponderados con los que se realizó la estimación del Peso local de este Subcriterio.

Tabla 2.10: Análisis del Subcriterio de Eficiencia de remoción

Porcentaje de Remoción de Sistemas de Tratamientos Planteados					
Parámetros	Caracterización de Contaminantes	Alternativa 1: Lodos Octavos	Alternativa 2: Humedales Subsuperficiales	Alternativa 3: Biodiscos	Ponderado
Parámetros Físicos	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	85%	90%	90%	20%
	Aceite y Grasas	100%	100%	100%	
Parámetros Químicos	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	85%	95%	88%	30%
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	80%	82%	90%	
	Nitrógeno total Kjeldahl (Nt)	75%	80%	78%	
Parámetros Biológicos	Coliformes Totales (CT)	95%	97%	95%	50%

NOTA: HINOSTROZA SANCHEZ & MOSCOSO BARBOZA, 2014, (Muñoz-Nava & Baumann, 2016)

En base a la tabla anterior y principios estadísticos se estimó el porcentaje total de Remoción de contaminantes de cada una de las alternativas de sistema de tratado planteada, y se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 2.11: Porcentajes finales de remoción

Parámetros	Alternativa 1: Lodos Activados	Alternativa 2: Humedales Subsuperficiales	Alternativa 3: Biodiscos
Promedio Parámetros Físicos	93%	95%	95%
Promedio Parámetros Químicos	80%	86%	85%
Promedio Parámetros Biológicos	95%	97%	95%
% Final c/Alternativa	90%	93%	92%

Finalmente se estimó el ponderado local del subcriterio de eficiencia estableciendo que la alternativa que tenga mayor porcentaje de remoción tendría el peso local ideal de este subcriterio (60%), y en función de este se estime el peso local para el ponderado de las otras 2 alternativas. Mientras que, para estimar la ponderación del Criterio Técnico, primero en base al prediseño de cada una de las alternativas planteadas se estimó el ponderado del Subcriterio Área de EDAR, asimilando que la alternativa que demande de menor área para su construcción tendrá el porcentaje o peso local ideal (40%), y a su vez a través de este permita que se estime el porcentaje que correspondiera el área de las otras 2 alternativas. Lo indicado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.12: Puntuación final del criterio TÉCNICO

Criterio	Peso Criterio (%)	Subcriterio	Peso Local (%)	Peso Global (%)
TÉCNICO	40%	Área de EDAR (limitada)	40%	16.0%
		% de remoción (parámetros físicos, químicos y biológicos)	60%	24.0%
ANÁLISIS CRITERIO TÉCNICO		Unidad Análisis	PESO LOCAL %	PESO GLOBAL %
ALT. 1: LODOS ACTIVOS	Área de EDAR (m)	32	34%	13.5%
	Eficiencia de Remoción (%)	90%	58%	23.2%
ALT. 2: HUMEDALES	Área de EDAR (m2)	27	40%	16.0%
	Eficiencia de Remoción (%)	93%	60%	24.0%
ALT. 3: BIODISCOS	Área de EDAR (m2)	35	31%	12.3%
	Eficiencia de Remoción (%)	92%	59%	23.7%

➤ **AMBIENTAL**

Para el análisis de este criterio se realizó un único parámetro de interés, que es la Afectación al medio ambiente, esto mediante un cuadro comparativo de las afectaciones más importantes y comunes que tiene un proyecto de obra civil al ambiente, considerando los componentes o factores que mayor afectación reciben al momento del desarrollo. A su vez, estos componentes pertenecen al análisis macro del Impacto Ambiental mediante la metodología de la Matriz de Leopold.

Este proceso se realizó a cada alternativa propuesta para el diseño de la EDAR. Para el análisis del impacto, se realizó una valoración cuantitativa de cada alternativa hacia cada componente de este subcriterio, misma que va desde la calificación de 1 “Muy bajo” a 5 “Muy alto”. La tabla detallada se muestra a continuación:

Tabla 2.13: Análisis del criterio AMBIENTAL de MCDM

Parámetros ambientales	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Olor	3	3	3
Incendios	2	1	1
Temperatura	2	1	3
Deterioro del suelo	2	1	3
Ruido y vibraciones	1	1	4
Modificación del hábitat	2	2	4
Modificación del clima	2	1	2
Afectación a flora y fauna	1	1	3
Total Calificación	15	11	23

Para no idealizar ninguna de las alternativas, porque se sabe que toda construcción tiende a afectar al medio ambiente cercano, pudiendo ser este un cambio positivo o negativo; el porcentaje de menor calificación será el que menos afectará al medio ambiente y tendrá un porcentaje máximo del 80%.

Tabla 2.14: Puntuación final del criterio AMBIENTAL

	Subcriterio	Peso Local (%)	Peso Global (%)
Alternativa 1	Afectación al medio ambiente	73%	15%
Alternativa 2	Afectación al medio ambiente	80%	16%
Alternativa 3	Afectación al medio ambiente	48%	10%

➤ **SOCIAL**

Para el análisis del presente criterio, se realizó bajo el estudio de dos subcriterios correspondientes, la Propagación de olores y vectores y el Aspecto que tiene y genera cada alternativa planteada para la resolución de la problemática vigente. Este análisis se realizó bajo la metodología de sustentación bibliográfica existente, donde se toma como referencia el análisis de otros autores acerca de este mismo criterio en base a sus resultados obtenidos, esto bajo la observación de similitudes que se tiene con respecto al desarrollo del presente proyecto.

Con esto, se procedió a determinar una calificación porcentual bajo un análisis propio de los autores del presente proyecto de estudio. Este procedimiento se realizó para ambos subcriterios, en cada una de las alternativas planteadas; siendo así lo siguiente:

Tabla 2.15: Evaluación de los subcriterios en proyectos externos

ALTERNATIVA 1	Propagación de olores y vectores	Con respecto a la propagación de olores, este no representa un problema de alto impacto debido a que para el caso de los Lodos Activados se maneja un sistema de cámaras cerrado, y con respecto a los Humedales este no genera emisión olor a alguna gracias a su sistema de colocación que asemeja a un muy pequeño jardín. Con respecto a propagación de vectores, este sí tiene un valor considerable debido a que la pequeña flora que existe allí atrae la presencia de mosquitos y demás bacterias, que pueden generar problemas a la salud de las personas y molestias en particular. (Astudillo y Melissa, 2019)
----------------------	----------------------------------	---

	Aspecto	El aspecto que tiene esta alternativa es muy favorable y agradable a la vista, pues asemeja a un cuarto cerrado que lo acompaña una pequeña área verde con plantas para el aspecto estético.
ALTERNATIVA 2	Propagación de olores y vectores	Esta alternativa no representa una propagación de olores que deba ser considerada como problema ambiental, más bien, su sistema hace que la emisión olora sea prácticamente nula debido a su incorporación de plantas en la parte superficial haciendo que todo el proceso ocurra bajo estas. Por otro lado, la propagación de vectores sí tiene una consideración importante debido a que este sistema atrae la presencia de mosquitos y demás, que afectan a la salud humana.
	Aspecto	Con respecto al aspecto, es una opción muy buena porque da la apariencia de un área verde que pasa desapercibida la actividad que sucede debajo de esta.
ALTERNATIVA 3	Propagación de olores y vectores	Este sistema tiene un manejo intermedio con respecto a la propagación de olores al ambiente, debido a que es un sistema que está en constante circulación por lo que el material que se genera va a emitir olores constantemente. Propagación de vectores no es común en este sistema, por lo que la presencia de este es muy baja.
	Aspecto	Este sistema es de agradable apariencia porque no se aprecian los equipos que la incorporan debido a que se encuentran sumergidos.

Según en los establecido en la tabla previamente presentada, se puede indicar que el aspecto que tendrá una mayor aceptación social para la comunidad, vendría ser la Alternativa # 2, correspondiente a Humedales Subsuperficiales como tratamiento secundario de agua residual, a continuación, se detalla el ponderado de cada peso local de cada subcriterio y la respectiva ponderación del criterio Social por alternativa.

Tabla 2.16: Puntuación final del criterio SOCIAL

Alternativa 1			
		Peso local (%)	Peso Global (%)
SUBCRITERIOS	Propagación de olores y vectores	60%	6%
	Aspecto	10%	1%
			7%
Alternativa 2			
		Peso local (%)	Peso Global (%)
SUBCRITERIOS	Propagación de olores y vectores	65%	7%
	Aspecto	20%	2%
			9%
Alternativa 3			
		Peso local (%)	Peso Global (%)
SUBCRITERIOS	Propagación de olores y vectores	70%	7%
	Aspecto	10%	1%
			8%

En base al análisis previamente realizado por criterio en cada una de las alternativas, se obtuvieron los porcentajes finales de desempeño ya aceptación por cada una de las 3 alternativas propuestas, a continuación, en la siguiente tabla y gráficos se muestran de manera clara que alternativa tiene un mejor desempeño o calificación por cada criterio y subcriterio evaluado.

Tabla 2.17: Puntuación final de las alternativas

Criterio	Peso Criterio (%)	Subcriterio	Puntaje Local	Puntaje Global	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
					Puntaje Local	Puntaje Global	Puntaje Local	Puntaje Global	Puntaje Local	Puntaje Global
Costos	30%	Costo Constructivo	70	21	60	18	70.0	21	55	17
		Operación y Mantenimiento	30	9	19	6	30	9	15	5
TECNICO	40%	Área de EDAR (limitada)	40	16.0%	34	14	40	16	31	12
		Eficiencia de remoción (parámetros físicos, químicos y biológicos)	60	24	58	23	60	24	59	24
AMBIENTAL	20%	Afectación al medio ambiente	100	20	73	15	80	16	48	10
SOCIAL	10%	Propagación de olores y vectores	80	8	60	6	65	7	70	7
		Aspecto	20	2	10	1	20	2	10	1
	100%			100		82		95		75

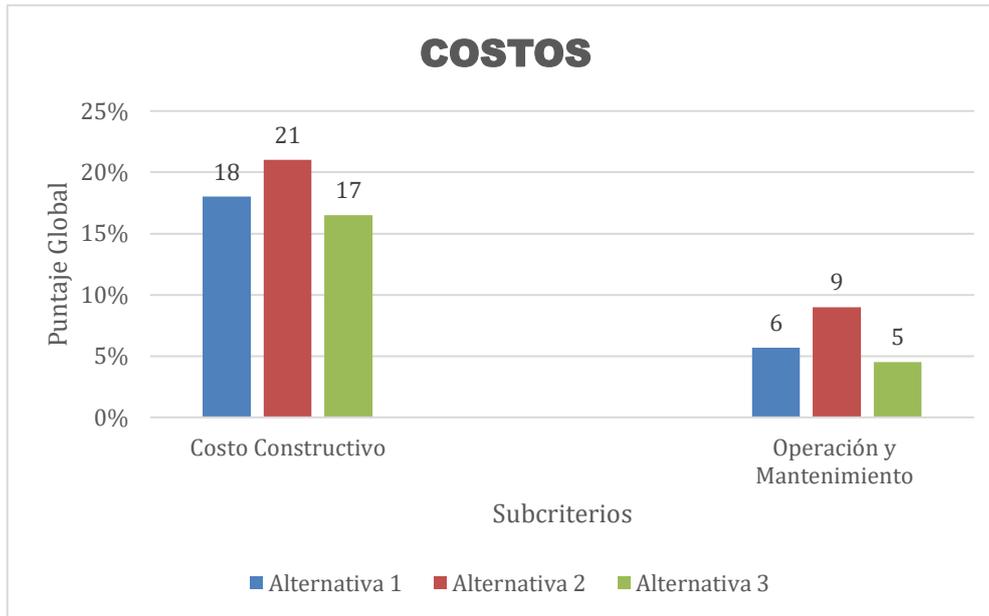


Figura 2.6: Puntajes finales del criterio COSTOS de cada alternativa

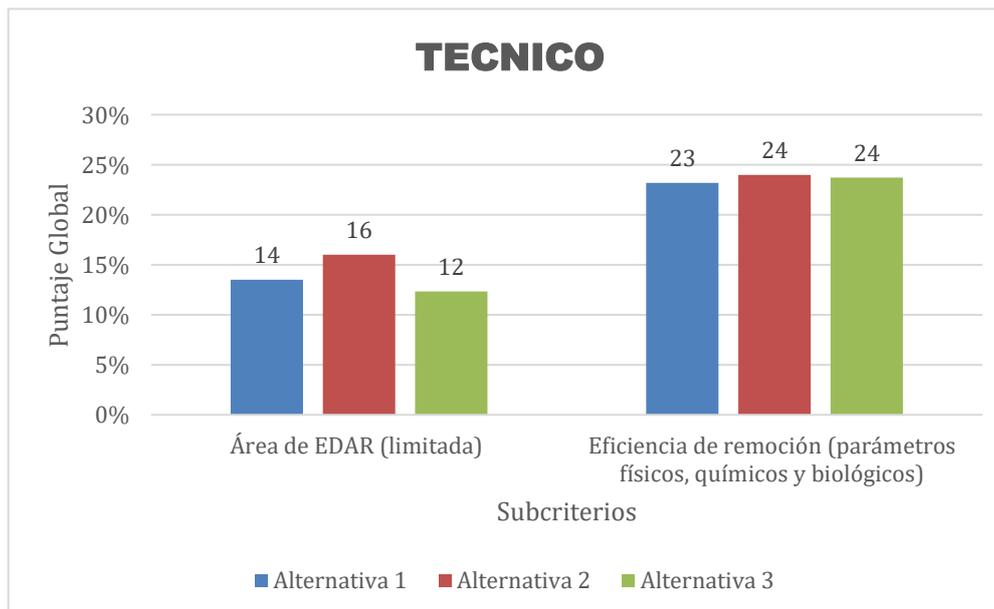


Figura 2.7: Puntajes finales del criterio TECNICO de cada alternativa

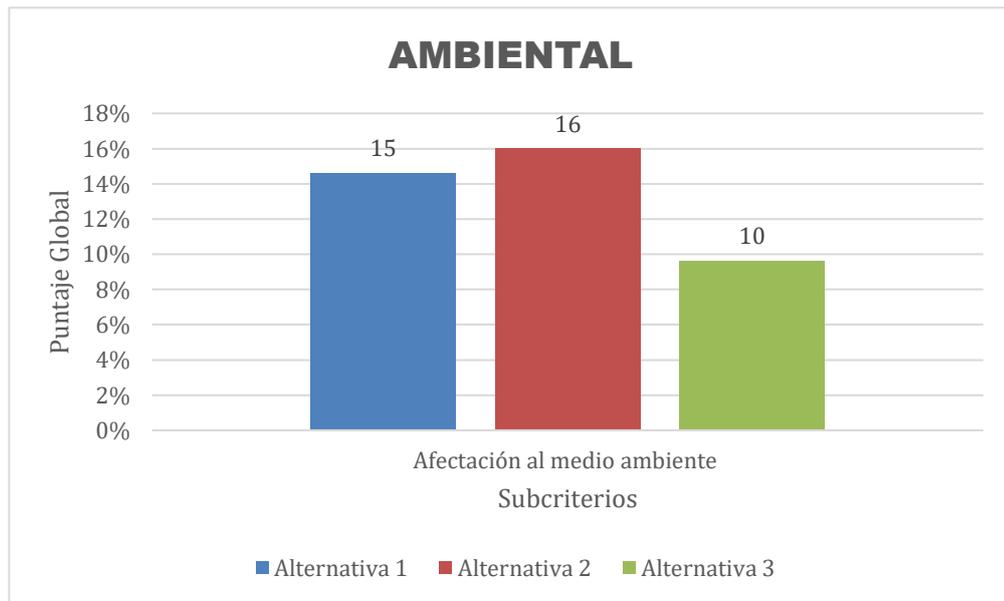


Figura 2.8: Puntajes finales del criterio AMBIENTAL de cada alternativa

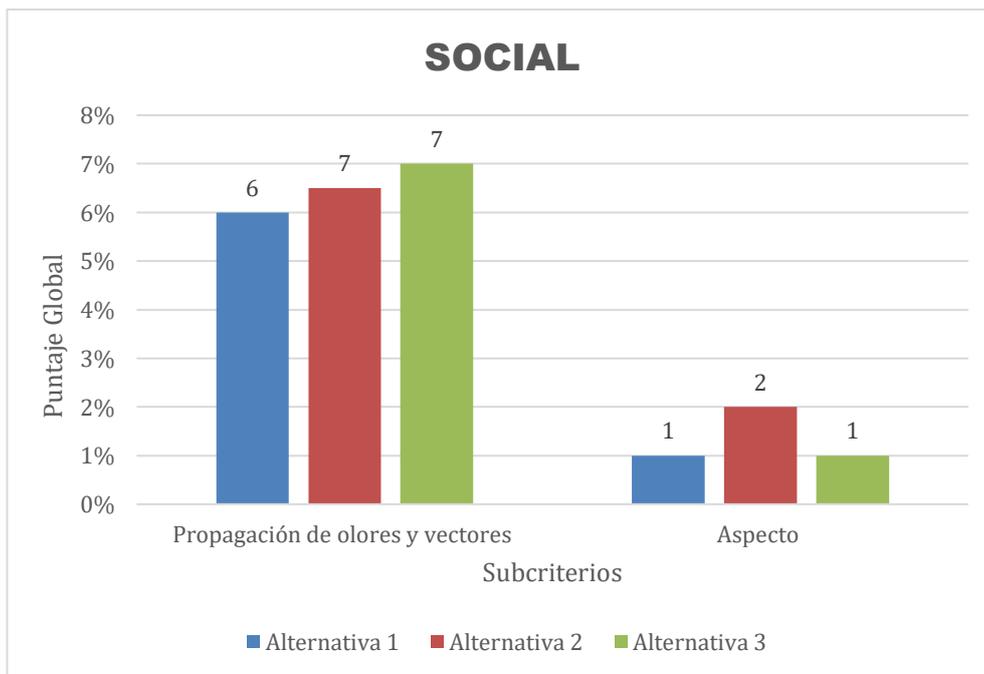


Figura 2.9: Puntajes finales del criterio SOCIAL de cada alternativa

Concluyendo, en base a este estudio de MCDM realizado, la Alternativa # 2 correspondiente a Humedales Subsuperficiales es la escogida como alternativa de solución para el sistema secundario de tratamiento de agua Residual, del PROYECTO POLIFUNCIONAL SERGIO TORAL ETAPA 1.

CAPITULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1. Diseños

3.1.1. Estimación del Consumo o Caudal Diario

En base a lo seleccionado en el análisis de Alternativas se seleccionó como el sistema de tratamiento secundario más idóneo al diseño de humedales artificiales subsuperficiales.

Se inició con la estimación del consumo diario que tendrían los centros de atención comunitaria del Proyecto Polifuncional Sergio Toral.

Tabla 3.1: Valores de consumo diario

CENTROS DE ATENCIÓN PROYECTO SERGIO TORAL	DOTACIÓN (Lt/día*ocup)	OCUPANTES/ MUEBLES SANITARIOS	CONSUMO DIARIO (LT/DÍA)
CONSULTORIO	600	70	42000
GUARDERÍA	60	56	3360
BAÑOS PÚBLICOS	300	2 (MB)	600

Importante resaltar que los valores de dotación citados en mayor parte son los establecidos por la normativa TULSMA. En base a esto y a una consulta que se realizó en un centro médico del Estado cercano a donde se encuentra el proyecto se obtuvo el número de ocupantes.

Por su parte, para el centro de desarrollo infantil se indagó la cantidad de niños por metro cuadrado que podría atender una guardería según lo establecido en artículos del MIES, donde indica que como mínimo se establece que $2 m^2$ son los necesarios por cada niño. Tomando en cuenta que se tiene un área aproximada de $112 m^2$ destinados a la guardería, se estima que este centro de atención lo utilizarán aproximadamente 56 niños. Se estimó un consumo diario total de 45960 L/día equivalente a $45.96 \frac{m^3}{día}$.

3.1.2. Coeficiente de Retorno

El coeficiente de retorno (CR) se estimó a partir de las mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio y este corresponde a la relación entre el volumen de agua residual que llega a las alcantarillas y el volumen de agua consumida, cuando no se tienen datos de campo (como es el caso de este estudio) se toma el siguiente valor:

$$Cr = 0.8$$

Por lo tanto, el caudal máximo diario que tendría nuestro sistema de aguas de servidas a tratar sería de:

$$Q_{mdAR} = Q_{md} * Cr \quad (1)$$

$$Q_{mdAR} = 45.96 * 0.8$$

$$Q_{mdAR} = 36.77 \frac{m^3}{día}$$

Este valor es el que será utilizado más después para el pre-dimensionamiento del humedal artificial subsuperficial de flujo vertical.

3.1.3. Caudal Máximo Diario o Puntal Diario

Resulta de la multiplicación del caudal medio diario por un coeficiente de punta diario el cual varía entre 1.2 a 1.5 de acuerdo con la norma ecuatoriana. Para este caso se utiliza un coeficiente de 1.4.

$$Q_{maxdiario} = Q_{mdAR} * Cp \quad (2)$$

$$Q_{maxdiario} = 36.77 \frac{m^3}{día} * 1.4$$

$$Q_{maxdiario} = 51.48 \frac{m^3}{día}$$

3.1.4. Caudal Máximo Horario o Instantáneo

Para calcular el Caudal Máximo Instantáneo se da inicio al pre-dimensionamiento del diseño de la PTAR y se utiliza el coeficiente de mayoración de Harmon, (M), el que estima la variación máxima instantánea en función del caudal medio diario de un día de máximo consumo. Este coeficiente de Harmon está dado por la siguiente función:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{p}} \quad (3)$$

Donde:

- M = Coeficiente de Harmon (coeficiente de mayoración), adimensional.
- p = Población servida acumulada, en miles de habitantes.

La fórmula está representada en la siguiente gráfica.

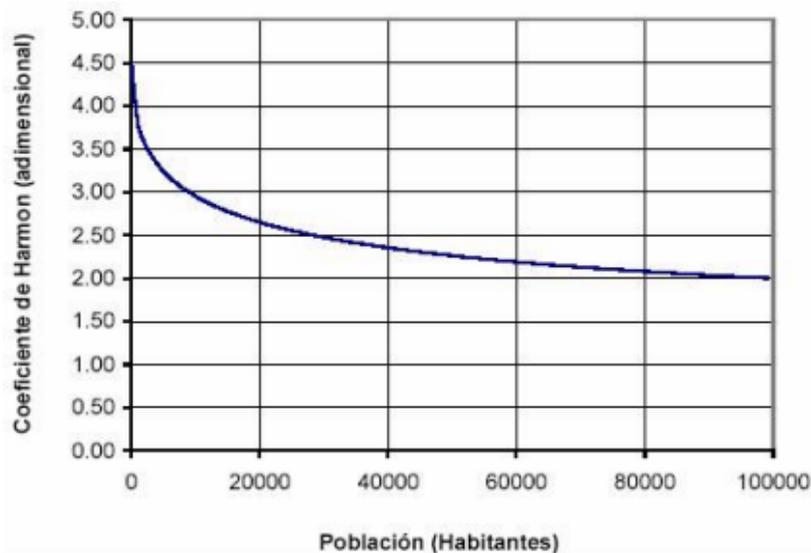


Figura 3.1: Gráfica del Coeficiente de Harmon

En base a nuestro estudio de proyección con respecto a la cantidad de personas que recibiría los centros de Atención del Proyecto Polifuncional, se estimó este en el alrededor de 150 personas diarias, con este valor de población claramente podemos concluir que el valor de M, estaría entre 3,5 y 4. Por lo que M, en nuestro caso será 3.8.

$$Q_{maxInst} = Q_{mdAR} * M \quad (4)$$

$$Q_{maxInst} = 36.77 \frac{m^3}{día} * 3.8$$

$$Q_{maxInst} = 139.73 \frac{m^3}{día}$$

Este valor es el utilizado, para el pre-dimensionamiento de las cámaras de Pretratamiento (desbaste-cribado y sedimentador) y tratamiento primario (Tanque Imhoff).

3.1.5. Caracterización del agua residual a tratar

Como se había indicado en el capítulo 2, en base a la tabla # propuesta por Metcalf y Eddy, donde caracterizan los contaminantes típicos presentes en un agua residual doméstica, y también en tabla # 3.2, donde se presenta una caracterización de agua residual proveniente de un Hospital de la ciudad de Cuenca. Ambas tablas sirvieron de base para definir la concentración de contaminantes que podrían generarse en los centros de atención que tendrá el Parque, en especial al agua residual perteneciente el consultorio médico, ya que de este se espera que provenga la mayor concentración contaminante a tratar.

Tabla 3.2: Parámetros del agua residual a tratar

Parámetro	Concentración (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	428
Nitrógeno Total (Nt)	27
Fosforo (Pt)	13.5
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	150

3.1.6. Esquema Sistema de Tratamiento

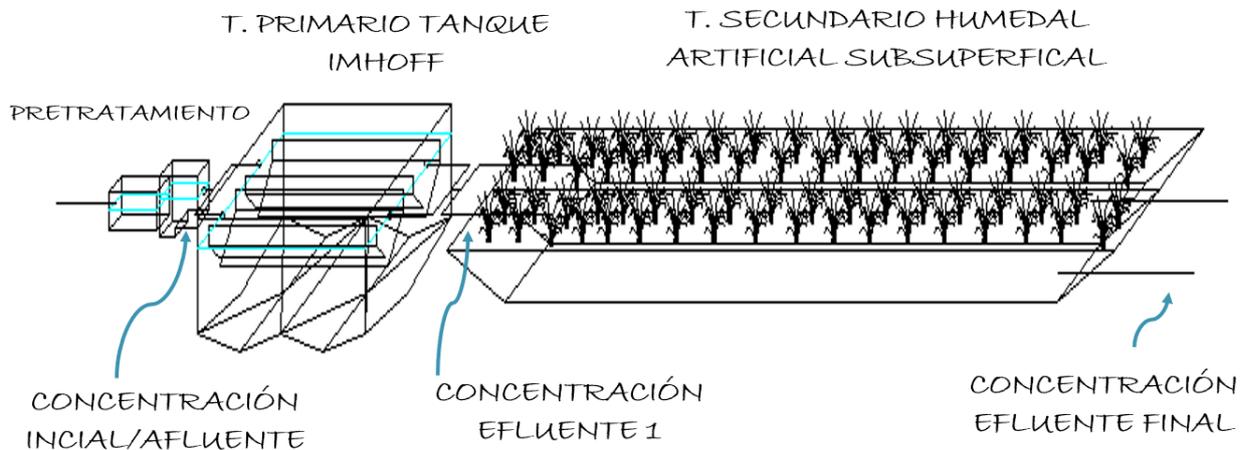


Figura 3.2: Esquema de Sistema de Tratamiento

3.1.7. Pretratamiento

- **CRIBADOS Y CÁMARA DE DESBASTE**

El desbaste es un canal que cumple la función de eliminar sólidos grandes y medianos a través de rejillas.

Para el dimensionamiento del desbaste, se presentan a continuación una tabla con valores recomendados por (García & Corzo, 2008).

Tabla 3.3: Valores recomendados para diseño de rejillas

Características	Rejas de gruesos	Rejas de finos
Modo de funcionamiento	Manual	Automático
Anchura de los barrotes (mm)	>12	<6
Luz entre barrotes (mm)	50 - 100	10 - 25
Pendiente en relación con la vertical (grados)	20 - 45	
Velocidad de aproximación (m/s)	0.3 - 0.6	
Pérdida de carga admisible (m)	0.15	0.15

Por lo que se propone un cribado grueso con las siguientes características:

- Barras de rejilla gruesa: 15 mm = 1.5 cm = 0.015 m
- Luz entre barras de la rejilla gruesa: 50 mm = 5 cm
- Inclinación de las rejillas: 60 grados
- Velocidad de aproximación: 0.3 m/s

El ancho útil del canal de desbaste se lo determina a través de la siguiente ecuación, considerando un grado de colmatación $G = 30\%$ y un ancho del canal de 50 cm.

$$W_u = (A_c - n * A_b) * \left(1 - \frac{G}{100}\right) \quad (5)$$

Donde,

- W_u : ancho útil del canal de desbaste [m].
- A_c : ancho del canal [m].
- n : número de barras.
- A_b : ancho de la barra [m].
- G : grado de colmatación [%].

$$W_u = (0.50m - 10 * 0.015m) * \left(1 - \frac{30}{100}\right) \quad (6)$$

$$W_u = 0.245 m$$

La altura de calado mínima se la determina mediante la siguiente expresión:

$$h = \frac{Q_{maxInst}}{v} * \frac{1}{W_u} \quad (7)$$

Donde,

- $Q_{maxInst}$: caudal máximo instantáneo [m³/s].
- v : velocidad de aproximación [m/s].
- W_u : ancho útil del canal [m]

$$h = \frac{0.00162 m^3/seg}{0.30 m/seg} * \frac{1}{0.245 m} \quad (8)$$

$$h = 0.022 \text{ m}$$

La profundidad del desbaste, considerando un resguardo o borde libre de 38 cm, es de 0.40 metros (H). El borde libre normalmente varía entre 30 cm y 50 cm.

La longitud del canal de desbaste está definida por la expresión mostrada a continuación. García & Corzo, 2008 recomienda un tiempo de retención de 5 a 15 segundos, por lo tanto, se usa un tiempo de retención de 10 segundos.

$$L = T_H * v \quad (9)$$

$$L = 5 \text{ seg} * (0.30 \frac{\text{m}}{\text{seg}})$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

Para la sección de rejilla de cribado fino, se presenta un esquema con barras de sección rectangular de ¼" x 1 ½" (6 mm x 38 mm), con un espaciamento entre barras de 1" (25 mm). Para los datos del diseño del canal de ingreso del cribado se tienen los siguientes:

Tabla 3.4: Datos para diseño de Cribado

Forma de barra	Rectangular	Unidad
K	2,42	-
Espesor	0,25	in
Separación	1	in
Profundidad	1 ½	in
Velocidad en rejas	0,3	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Ángulo de inclinación	45	°

Para el cálculo de Eficiencia del Cribado, se determina mediante la ecuación:

$$Eficiencia = \frac{Separación \text{ de rejas}}{Separación + Espesor} * 100\% = \frac{1}{1+0,25} = 80\% \quad (10)$$

Para el diseño de la cámara, se asumo un Diámetro de 0,2 m y un Ancho de 0,3 m. Para la velocidad entre las rejjas, se determina un rango de $[0,3 - 0,6] \frac{m}{s}$; donde se escoge un valor de $0,3 \frac{m}{s}$.

Se determina el área del canal de ingreso mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q_{max}^{Inst}}{V} = \frac{0,00162 \frac{m^3}{s}}{0,3 \frac{m}{s}} = 0,0054 m^2 \quad (11)$$

Para determinar el Tirante de flujo al que trabajará el canal se determina mediante:

$$Tirante = \frac{Area}{Base} = \frac{0,0054 m^2}{0,5 m} = 0,011 m \quad (12)$$

Se asume un Tirante de 0,05 m de flujo. Se determina la Longitud de transición que tendrá el flujo mediante la siguiente ecuación:

$$Long. trans. = \frac{Base - Diámetro entrada}{2 * TAN(Ang. transición)} = \frac{0,5 m - 0,2 m}{2 * Tan\left(12,3^\circ * \frac{\pi}{180^\circ}\right)} = 0,68 m \quad (13)$$

Se asume una altura de canal de 0.4 m. Para la Longitud de ingreso que tendrá el canal se determina:

$$L = \frac{H}{Seno(\text{Ángulo inclin.})} = \frac{0,4 m}{Seno\left(60^\circ * \frac{\pi}{180^\circ}\right)} = 0,462 m \quad (14)$$

Se asume una Longitud de 1,50 m.

Para determinar la cantidad de barras que tendrá la rejilla se implementa la siguiente ecuación:

$$N^\circ barras = \frac{Ancho de cámara - Espesor}{Separación + Espesor} = \frac{0,5 m * \frac{39,37 in}{1 m} - 0,25 in}{1 in + 0,25 in} = 15,58 barras \quad (15)$$

Se escoge un total de 16 barras para el 2do Cribado o Rejilla Fina.

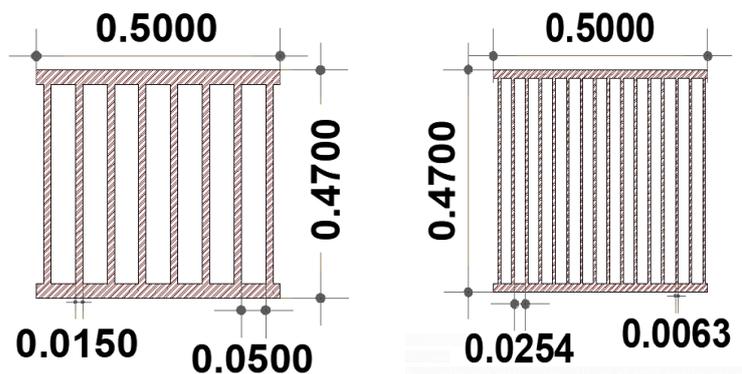


Figura 3.3: Esquema cribado grueso y Cribado fino

- **Sedimentador**

Se tienen los siguientes parámetros iniciales para el diseño del Sedimentador:

Tabla 3.5: Datos iniciales para diseño del Sedimentador

Caudal de diseño (Diseño)	5.82	$\frac{m^3}{h}$
Carga Hidráulica	<70	$\frac{m^3}{m^2 * h}$
Velocidad horizontal	0.3	$\frac{m}{seg}$
Tiempo medio de residencia	3	min

Para determinar la sección transversal, Área, que tendrá el Sedimentador se relaciona con la Velocidad horizontal que tendrá el Caudal de diseño; para ello se tiene

$$Ah = \frac{\text{Caudal de diseño}}{V_{hor}} = \frac{5.82 \frac{m^3}{h} * \frac{1 h}{3600 s}}{0.3 \frac{m}{s}} = 0,0054 m^2 \quad (16)$$

Se designa la relación entre largo y ancho del sedimentador, aproximadamente de 2.4, entonces:

$$W = 0.5 m \rightarrow L = 0.5 * 2.4 = 1.2 m$$

Con esto, se procede a estimar la profundidad con la que trabajara el sedimentador alrededor de:

$$Tirante (H) = \frac{At}{W} = \frac{0,0054 m^2}{0.5 m} = 0,01 m \quad (17)$$

Pero finalmente, tomando en cuenta el borde libre necesario, el tirante aproximado será de 70 cm.

Con estos datos, se procede a establecer que la carga hidráulica del sedimentador no sea mayor a la recomendada de 70 m³/m²*h.

$$C_s = \frac{Q_{max}}{W*L} < 70 \frac{m^3}{m^2*h} \quad (18)$$
$$C_s = \frac{5.82 \frac{m^3}{h}}{0.5 m * 1.2 m} < 70 \frac{m^3}{m^2 * h}$$
$$C_s = 10 \frac{m^3}{m^2 * h} < 70 \frac{m^3}{m^2 * h}$$

Por lo tanto, no es necesario realizar alguna corrección de las dimensiones establecidas.

3.1.8. Tratamiento Primario

Como se había planteado en apartados anteriores, el sistema de tratamiento primario que tendría nuestra PTAR está conformado por un tanque Imhoff, a continuación, se detalla el pre-dimensionamiento de las cámaras correspondiente del mismo. Para el dimensionamiento del tanque Imhoff se presenta la siguiente tabla con parámetros ya estimado con anterioridad, y otros recomendados por (García & Corzo, 2008). Datos de pre-dimensionamiento de Tanque Imhoff:

Tabla 3.6: Parámetros iniciales para Tratamiento primario

Parámetro	Medida	Unidad
Caudal Máximo Instantáneo (Q_{max})	139.72	$\frac{m^3}{día}$
Caudal Medio Diario de Agua Residual (Q_{mdAR})	36.77	$\frac{m^3}{día}$
Carga Hidráulica Sub. Punta Diaria (Lpd)	24	$\frac{m^3}{m^2 * día}$
Obertura Inferior de Decantación (O_i)	0.15	m
Talud Pendiente en Zona de Decantación (p)	1.25	m/m
Borde libre (H_{bl})	0.35	m
Deflector Debajo de la Superficie (H_{def})	0.25	m
Datos de Zona de Escapes de Gases		
Anchura de Escape de Gases entre tanques (a)	(0.45-0.75)	m
Datos de Zona de Lodos		
Tiempo de Digestión de Lodos (T)	(3-12)	$meses$
Taza de Generación de Lodos (VEU)	(100 – 200)	$\frac{Lt}{Hab. día}$
Puntos de Extracción de Lixiviados (n)	2	$Unidades$
Dist. Libre entre decantador y lodos (H_1)	(0.3 - 0.8)	m

➤ **Área Superficial de la Zona de Decantación (S)**

El cálculo del área superficial de la sección de decantación del tanque esta dado por la siguiente formula:

$$S = \frac{Q_{max}}{Lpd} \quad (19)$$

Reemplazado los datos ya establecidos en tabla de parámetros de diseño.

$$S = \frac{Q_{max}}{Lpd} \rightarrow S = \frac{139.72 \left(\frac{m^3}{día} \right)}{24 \left(\frac{m^3}{m^2 * día} \right)}$$

$$S = 5.82 m^2$$

Se hace énfasis que se proponer realizar un tanque Imhoff con 2 cámaras de decantación, diseñadas ambas a partir del área superficial necesaria total ya calculada ($S = 5.82 m^2$), con la finalidad de que ambas cámaras trabajen con un rango del 60 a 40 % del caudal máximo diario, que podría generarse en los centros de atención del Parque Polifuncional. Logrando realizar un diseño conservador.

Por otro lado, también se plantea está idea con el fin de que, si en algún momento alguna de las 2 cámaras necesita mantenimiento, la otra podría sin ningún problema tratar las aguas residuales producidas en el parque durante el tiempo necesario.

➤ **Dimensionamiento de la zona de Decantación (W, L)**

Importante acatar que debido a las limitaciones del área designada para la PTAR alrededor de $155 m^2$, se establece un ancho máximo para las cámaras de la planta total de $5 m$. Por lo tanto, se designa un ancho de cada decantador aproximado a:

$$W = 1.10 m$$

Y calculando por consiguiente el largo correspondiente a cada decantador y también del tanque Imhoff:

$$L = \frac{S}{W} = \frac{5.82 m^2}{1.1 m} \rightarrow L = 5.3 m \quad (20)$$

➤ **Profundidad de la Zona de Decantación (P)**

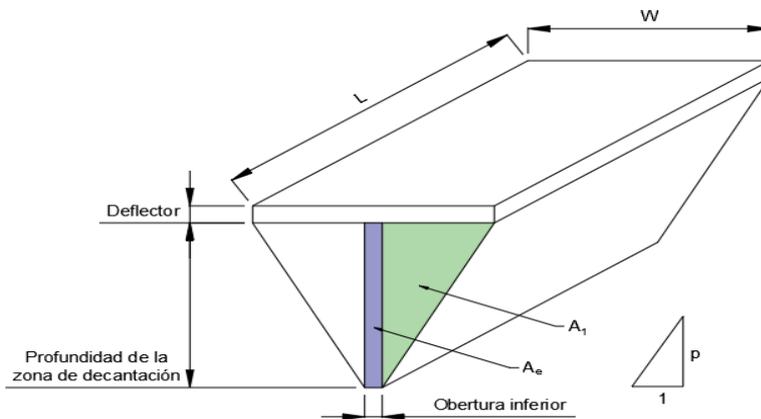


Figura 3.4: Bosque de Decantador

Tal como se ve representado la zona de decantación del tanque en la figura # 3.4. El cálculo de la Profundidad de la sección de decantación esta dado por la siguiente formula geométrica:

$$P = \frac{(W - O_i)}{2} * p \quad (21)$$

Donde:

- W = Ancho de la cámara de Decantación (m)
- O_i = Obertura Inferior del Decantador, (Mínimo de 0.15 m)
- p = Pendiente o Talud del Decantador, se recomienda una pendiente dada 5V:4H, es decir aproximadamente 1.25 m/m.

Se reemplaza los valores establecidos, en la formula dada para P.

$$P = \frac{(1.10 - 0.15) m}{2} * 1.25 \frac{m}{m}$$

$$P = 0.59 m$$

$$P = 0.6 m$$

➤ **Área de la Sección Transversal de la Cámara de Decantación (A_t)**

Para el área de la sección transversal total necesaria de la cámara de decantación, se designan 3 secciones para un cálculo de área más preciso. Siendo las primeras dos áreas, las secciones triangulares iguales ubicadas en los extremos de la cámara, y la tercera área es la sección rectangular conformada por Obertura Inferior desde la parte superior a la inferior en la cámara. Se establece entonces que el área de la sección transversal total del Decantador esta dado por:

$$A_t = 2A_1 + A_{oi} \quad (22)$$

Donde:

- A_1 = Área de la Sección triangular transversal de la cámara de decantación
- A_{oi} = Área rectangular de la sección transversal de la cámara de decantación

$$A_t = 2 * \left(\frac{(W - O_i)}{2} * \frac{P}{2} \right) + O_i * P$$

$$A_t = 2 * \left(\frac{(1.10 - 0.15) m}{2} * \frac{0.6 m}{2} \right) + 0.15 m * (0.6 m)$$

$$A_t = 0.38 m^2$$

➤ **Volumen de la cámara de Decantación (V_{dec})**

El volumen de la cámara de decantación esta dado por la siguiente formula:

$$V_{dec} = (H_{def} * W * L) + (A_t * L) \quad (23)$$

Los valores de reemplazo son los ya obtenidos en los cálculos anteriores, a excepto del valor de espesor del deflector (H_{def}), correspondiente al espesor rectangular que existe por debajo de la superficie de agua tratada, (antes de iniciar la sección triangular de la cámara de decantación). El valor de deflector recomendable a utilizarse es de $0.25 m$ dado en la tabla #. Resultando para V_{dec} un valor de:

$$V_{dec} = (0.25 m * 1.10 m * 5.3 m) + (0.38 m^2 * 2.65 m)$$

$$V_{dec} = 3.45 m^3$$

En esta etapa del Prediseño del tanque Imhoff se evalúan 2 condiciones, correspondientemente a las siguientes características de operación de nuestra cámara de decantación:

- Velocidad Promedio horaria del agua tratada en cámara de decantación ($V_{p,h}$), valor que debe satisfacer la siguiente condición $V_{p,h} < 0.3 \frac{m}{min}$, para garantizar una adecuada sedimentación de los lodos dentro del decantador, el valor de este parámetro esta dado por la siguiente formula:

$$V_{p,h} = \frac{Q_{max}}{At} < 0.3 \frac{m}{min} \quad (24)$$

Donde:

- ✓ Q_{max} = Caudal máximo instantáneo de Diseño.
- ✓ At = Área Total Transversal de la Cámara de Decantación.

$$V_{p,h} = \frac{139.72 \frac{m^3}{día}}{0.38 m^2} < 0.3 \frac{m}{min}$$

$$V_{p,h} = 367.68 \frac{m}{día} * \frac{1 día}{24 h} * \frac{1 h}{60 min} < 0.3 \frac{m}{min}$$

$$V_{p,h} = 0.258 \frac{m}{min} < 0.3 \frac{m}{min}$$

- Tiempo de Retención Hidráulica del Decantador (Th), se recomienda que este tiempo este en un rango de 2 a 4 horas, garantizando el correcto funcionamiento del tanque, el tiempo de retención esta por la siguiente formula:

$$2 h < Th = \frac{V_{dec}}{Q_{mdAR}} < 4h \quad (25)$$

$$2 h < Th = \frac{3.45 m^3}{36.77 \frac{m^3}{día}} < 4h$$

$$2 h < Th = 0.094 día * \frac{24 h}{1 día} < 4h$$

$$2h < Th = 2.25h < 4h$$

Una vez cumplido ambos parámetros característicos de operación del tanque, podemos terminar de predimensionar el mismo, caso contrario se tendrá que recalcularse el dimensionamiento de las medidas ya establecidas, aumentando las mismas hasta que satisfaga las condiciones evaluadas.

➤ **Ancho Total del Tanque Imhoff (Wt)**

El ancho total correspondiente al tanque corresponde al doble del ancho de la cámara de decantación (2 cámaras de decantación previamente ya indicado), más los anchos (a) obligatorios recomendable para zona de escape de gases, valor que bajo norma indica que tendría que estar en un rango de 0.45 m a 0.75 m (escogiendo el mínimo de 0.45 m por la limitante área para EDAR destinada para el proyecto). Por lo tanto, el ancho está dado por la siguiente fórmula:

$$Wt = 2 * W + 3 * a \quad (26)$$

$$Wt = 2 * 1.10 \text{ m} + 3 * 0.45 \text{ m}$$

$$Wt = 3.55 \text{ m}$$

Por consiguiente, se establece el dimensionamiento superficial del tanque Imhoff (Sin el espesor de los muros del tanque y cámara de decantación):

$$Wt = 3.55 \text{ m}, \quad Lt = L = 5.3 \text{ m}$$

➤ **Volumen de almacenamiento de Lodos (Vlodos)**

Para estimar finalmente, la profundidad total del tanque es necesario primero definir el Volumen destinado al almacenamiento de lodos dentro del tanque. El V_{lodos} está dado por la siguiente fórmula:

$$V_{lodos} = VEU * Td * N \quad (27)$$

Donde:

- VEU = Taza de emisión anual, valor de 150 Lt/hab * año (valor promedio entre el rango indicado en la tabla de parámetros de pre-dimensionamiento)

- Td = Tiempo de Digestión de lodos almacenados, valor de 3 meses.
- N = Número de habitantes de diseño de la PTAR.

$$V_{lodos} = 150 \frac{Lt}{Hab * año} * \left(3 \text{ meses} * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ meses}} \right) * 150 \text{ Hab}$$

$$V_{lodos} = 5625 \text{ Lt} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}}$$

$$V_{lodos} = 5.63 \text{ m}^3$$

➤ Profundidad de Almacenaje de Lodos (Hlodos)

La profundidad utilizada para almacenaje de lodos en el tanque esta dado por la siguiente formula:

$$H_{lodos} = H2 + H3 \quad (28)$$

H3, se calcula de la siguiente manera:

$$H3 = \frac{Lt}{2} * \tan \alpha \quad (29)$$

Donde:

- Lt = Largo Total del Tanque (m)
- N = # de Puntos de Extracción de Lixiviados en el Tanque (2 Puntos)
- α = Angulo de Inclinación de las paredes del Fondo (15°)

$$H3 = \frac{5.3}{2} * \tan(15^\circ)$$

$$H3 = 0.36 \text{ m}$$

H2, dado por la siguiente formula:

$$H2 = \frac{V_{lodos} - \left(\frac{1}{3} * Lt * Wt * H3 \right)}{Lt * Wt} \quad (30)$$

$$H2 = \frac{5.63 \text{ m}^3 - \left(\frac{1}{3} * 5.3 \text{ m} * 3.55 \text{ m} * 0.36 \text{ m} \right)}{5.3 \text{ m} * 3.55 \text{ m}}$$

$$H2 = 0.18 \text{ m}$$

Por lo tanto, la profundidad total para almacenamiento de lodos es:

$$H_{lodos} = 0.18 \text{ m} + 0.36 \text{ m}$$

$$H_{lodos} = 0.54 \text{ m} \rightarrow H_{lodos} = 0.55 \text{ m}$$

➤ **Profundidad Total del Tanque (Ht)**

La profundidad total del tanque está dada por la siguiente formula:

$$Ht = H_{bl} + H_{def} + P + H1 + H_{lodos} \quad (31)$$

Donde:

- H_{bl} = Altura de Borde Libre Recomendable, dado en la tabla de pre-dimensionamiento del tanque (m).
- H_{defl} = correspondiente al espesor rectangular que existe por debajo de la superficie de agua tratada (m).
- P = Profundidad de la zona de decantación (m).
- $H1$ = Distancia libre entre la cámara de decantación y la zona de lodos (m).
- H_{lodos} = Profundidad necesaria para almacenamiento de lodos.

$$Ht = 0.35 \text{ m} + 0.25 \text{ m} + 0.6 \text{ m} + 0.6 \text{ m} + 0.55 \text{ m}$$

$$Ht = 2.35 \text{ m}$$

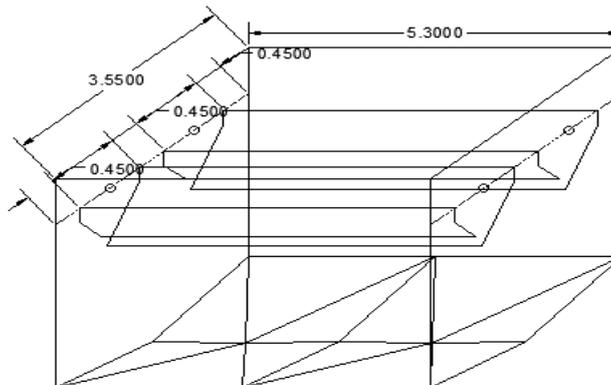


Figura 3.5: Bosquejo de Tanque Imhoff

➤ Dimensionamiento de las cámaras de Lecho de Secado

El lecho de secados de los lodos es el método más económico y simple que permite la deshidratación de estos (lodos digeridos), lo cual generalmente resulta lo ideal para pequeñas comunidades como la del Parque Polifuncional.

Por tal motivo, se detalla a continuación el dimensionamiento para las cámaras de lecho de secado.

Primero se debe estimar por la siguiente la expresión la Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C, en Kg de SS/día), a través de la siguiente expresión:

$$C = Población * Contribución \text{ pércapita de Agua Residual}$$

Donde:

- P = Número de Habitantes diario que recibirá el parque, 150 habitantes
- Contribución pércapita de Agua residual = Como la comunidad cercana al parque no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, este valor es de 90 gr de SS/ (hab*día)

$$C = 150 \text{ hab} * 90 \text{ gr de } \frac{SS}{\text{hab*día}} \quad (32)$$

$$C = 13500 \text{ gr} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}}$$

$$C = 13.5 \text{ kg de } \frac{SS}{\text{día}}$$

Se procede a calcular la masa de sólidos que conforman los lodos (Msolidos, en Kg de SS/día)

$$M_{\text{solidos}} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (33)$$

$$M_{\text{solidos}} = (0.5 * 0.7 * 0.5 * 13.5) + (0.5 * 0.3 * 13.5)$$

$$M_{\text{solidos}} = 4.39 \text{ kg de } \frac{SS}{\text{día}}$$

Luego se procede a calcular el volumen diario de lodos digeridos o estabilizados (Vld, Lt/día), por medio de la siguiente ecuación:

$$Vld = \frac{M_{sólidos}}{\rho_{lodos} * (\% \text{ de sólidos})} \quad (34)$$

Donde:

- Plodos = Densidad de lodos = 1.04 kg/Lt.
- % de sólidos = Porcentaje de sólidos contenido en el lodo, valor que esta entre el 8 a 12 %.

$$Vld = \frac{4.39 \text{ kg de } \frac{SS}{\text{día}}}{1.04 \frac{kg}{Lt} * (10\%)}$$

$$Vld = \frac{4.39 \text{ kg de } \frac{SS}{\text{día}}}{1.04 \frac{kg}{Lt} * (10\%)}$$

$$Vld = 42.19 \frac{Lt}{\text{día}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 Lt} = 0.042 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Con este último valor obtenido, se puede ya estimar el volumen necesario para la cámara de lecho de secados, utilizando el Tiempo de Digestión de lodos almacenados, valor de 3 meses.

$$V = Vld * Td \quad (35)$$

$$V = 0.042 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \left(3 \text{ meses} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right)$$

$$V = 3.78 \text{ m}^3$$

Finalmente, se obtiene las dimensiones de la cámara de lecho de secado, utilizando una profundidad (H) en la cámara que va entre 0.2 a 0.4 m.

$$A_{LS} = \frac{V}{H} \rightarrow A_{LS} = \frac{3.78 \text{ m}^3}{0.3 \text{ m}} \rightarrow A_{LS} = 12.6 \text{ m}^2 \quad (36)$$

Tomando en cuenta que se tiene un ancho aproximado limitado para esta cámara de 1m, se estima un largo aproximado de 12.6 m de cámara

Lo cual, por motivo del espacio designado para PTAR es impensado realizar la construcción de dicha cámara, por tal motivo se propone como solución a esta situación hacer uso de las visitas trimestrales de los camiones de Hidrocleaner, a la planta para que efectúen la succión de los lodos digeridos almacenados en la parte más baja del tanque Imhoff.

➤ **Porcentajes de Remoción del Tanque Imhoff**

En base al estudio realizado por (Vela, 2018), donde se analiza la eficiencia real de un tanque Imhoff por medio de 5 muestreo tanto en la entrada (Afluente) como la salida del tanque (Efluente 1), donde se estimaron por estudio de laboratorio el grado contaminante de algunos parámetros químicos y físicos, los mismos se muestran en la sección de anexos.

De esa base, de mediciones se estimaron el porcentaje de remoción de cada muestreo para los parámetros DBO5, Nitrógeno Total, Fosforo y Sólidos Suspendidos Totales, para luego estimar un solo porcentaje de remoción de cada parámetro en base a un promedio de los 5 porcentajes estimados anteriormente. En base aquello se establece la eficiencia de Remoción que se espera de las cámaras de pretratamiento y tratamiento primario propuestas, particularmente el nivel de remoción que se espera del tanque Imhoff.

Tabla 3.7: Porcentaje de remoción del Tanque Imhoff

Parámetro	Remoción (%)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	47
Nitrógeno Total (Nt)	21
Fosforo (Pt)	22
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	45

Se considero estimar la eficiencia de remoción únicamente de los contaminantes presentados en la tabla anterior, debido a que estos serán necesarios en el pre-dimensionamiento del tratamiento secundario propuesto (humedales artificiales).

➤ **Caracterización del Agua Residual proveniente del Tratamiento Primario**

Para iniciar el diseño del tratamiento secundario, es necesario evaluar la carga contaminante del agua residual que resulta del tratamiento previo en las cámaras de cribado, desbaste, sedimentación y Tanque Imhoff, haciendo el uso de la tabla # 3.6, eficiencia de remoción esperada del pretratamiento y tratamiento primario propuesto. Se procede a calcular la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en la salida del Tanque Imhoff, por medio de la siguiente formula:

$$C_e = C_o * (1 - \%ER) \quad (37)$$

Donde:

- C_e = Concentración de DBO5 en la salida del Tanque Imhoff (mg/L).
- C_o = Concentración de DBO5 en el afluente (mg/L). Dato establecido en la tabla #. Caracterización del agua residual a tratar.
- $\%ER$ = Porcentaje de Remoción del DBO5. Dato establecido en la tabla #. Eficiencia de Remoción del tratamiento primario.

$$C_e = 428 * (1 - 0.47)$$

$$C_e = 227 \text{ mg/L}$$

El mismo procedimiento se lo realiza respectivamente para los demás contaminantes ya indicados. A continuación, se presenta el grado de contaminación del agua residual resultante del Tratamiento primario:

Tabla 3.8: Concentración de cada parámetro

Parámetro Contaminante	Concentración (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	227
Nitrógeno Total (Nt)	22
Fosforo (Pt)	10.2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	83

3.1.9. Tratamiento Secundario

En base al apartado de análisis de alternativa del capítulo # 2, se decidió que el tratamiento biológico que mejor desempeño tendría en criterios de costo, técnicos, ambientales y sociales, sería el de Humedales Artificiales Subsuperficiales.

Los humedales artificiales fundamentan sus criterios de diseño con la misma metodología de evaluación del rendimiento de los reactores biológicos, el cual estima la remoción de contaminantes del afluente tratado en base al siguiente principio cinemático (reacción de primer orden).

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_T t} \quad (38)$$

Donde:

- C_e = Concentración del contaminante en el afluente (mg/L)
- C_o = Concentración del contaminante en el efluente (mg/L)
- K_T = Constante de la reacción del primer orden dependiente de la Temperatura y del contaminante analizado (día^{-1})
- t = Tiempo de Retención Hidráulico del Contaminante (día)

Por su parte también se establece la siguiente ecuación correspondiente al Tiempo de Retención Hidráulico del agua residual dentro del humedal.

$$t = \frac{A_s * y * n}{Q_{mdAR}} \quad (39)$$

Donde:

- A_s = Área Superficial del Humedal Artificial (m^2).
- y = Profundidad del humedal (m).
- n = porosidad del humedal (adimensional).
- Q_{mdAR} = Caudal Medio Diario de Agua Residual ($m^3/\text{día}$).

Relacionando ambas formula se obtiene:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_T * \left(\frac{A_s * y * n}{Q_{mdAR}} \right)} \quad (40)$$

Al despejar el Área superficial (A_s) necesario para el humedal, se obtiene la formula base del pre-dimensionamiento del Humedal Artificial Subsuperficial:

$$A_s = \frac{Q_{mdAR} * (\ln(C_o) - \ln(C_e))}{K_T * y * n} \quad (41)$$

Entre los contaminantes a eliminar más importantes a considerar dentro del diseño de humedales están el DBO5, Nitrógeno Total (Nt), Solidos suspendidos totales (SST), Fósforo (Pt), entre otros.

Los parámetros de diseños constante para el cálculo del área superficial del humedal artificial, se enlista a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.9: Resultados de diseño de Humedal

Parámetro	Medida	Unidad
Caudal Medio Diario del Agua Residual a tratar (Q_{mdAR})	36.77	$\frac{m^3}{día}$
Profundidad del Humedal Artificial Subsuperficial (y)	1.05	m
Porosidad de la vegetación del Humedal Artificial (n)	(0.65 - 0.75)	<i>Adimen.</i>
Temperatura más desfavorable en la costa	21	$°C$

Se establece también la concentración contaminante del agua residual, antes de ingresar a las celdas constituidas por los humedales artificiales, es decir se utiliza la tabla #, se me indica el grado de contaminación del agua residual resultante del Tratamiento primario:

Tabla 3.10: Concentración final de parámetros

Parámetro Contaminante	Concentración (Co) (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	227
Nitrógeno Total (Nt)	22
Fosforo (Pt)	10.5
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	83

Por otro lado, de acuerdo con la norma ecuatoriana (TULSMA, 2003) las aguas residuales que cuya descarga se realizan a un cuerpo de agua dulce, deberán cumplir con los siguientes límites máximos permisibles de concentración de los contaminantes.

Tabla 3.11: Límites permisibles por normativa

Parámetro Contaminante	Concentración (Ce) (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	≤ 100
Nitrógeno Total (Nt)	≤ 15
Fosforo (Pt)	≤ 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	≤ 120

3.1.8.1 Diseño del Humedal para la remoción del DBO5

La ecuación utilizada para el pre-dimensionamiento del humedal en función de la concentración de la Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5), es la última establecida:

$$A_S = \frac{Q_{md}AR * (\ln(Co) - \ln(Ce))}{K_T * y * n} \quad (41)$$

Donde:

- A_S = Área Superficial necesaria para remoción de DBO5 (m^2).
- C_o = Concentración del DBO5 en el afluente, entrada del humedal artificial (mg/L)
- C_e = Concentración del DBO5 en el efluente, salida del humedal artificial (mg/L)
- K_T = Constante de la reacción del primer orden para DBO5 ($día^{-1}$), dada por la siguiente expresión:

$$K_T = K_{20} * (1.06)^{T-20} \quad (42)$$

En la que:

$$K_{20} = 0.678 \text{ día}^{-1} \text{ y } T = 21^\circ C$$

Entonces K_T es igual a:

$$K_T = 0.678 * (1.06)^{21-20}$$

$$K_T = 0.719 \text{ día}^{-1}$$

Finalmente, A_S para DBO5 es:

$$A_S = \frac{36.77 \frac{m^3}{día} * (\ln(227) - \ln(100))}{0.719 \text{ día}^{-1} * 1.05 m * 0.75}$$

$$A_S = 53.26 m^2$$

3.1.8.2 Diseño del Humedal para la remoción del Nitrato Total (Nt)

La ecuación utilizada para el pre-dimensionamiento del humedal en función de la concentración de la Nitrato Total (Nt), es la última establecida:

$$A_S = \frac{Q_{md}AR * (\ln(Co) - \ln(Ce))}{K_T * \gamma * n} \quad (41)$$

Donde:

- A_S = Área Superficial necesaria para remoción de Nt (m^2).
- C_o = Concentración del Nt en el afluente, entrada del humedal artificial (mg/L)
- C_e = Concentración del Nt en el efluente, salida del humedal artificial (mg/L)
- K_T = Constante de la reacción del primer orden para Nt ($día^{-1}$), dada por la siguiente expresión:

$$K_T = K_{20} * (1.06)^{T-20} \quad (43)$$

Donde K_T está dado por la siguiente regla de correspondencia:

$$K_T = \begin{cases} 0; T = 0^\circ C \\ 0.137 * (1.15)^{T-20}; 0^\circ C < T \leq 10^\circ C \\ 0.2187 * (1.048)^{T-20}; T > 10^\circ C \end{cases} \quad (44)$$

Como bien se observa, para una temperatura de análisis desfavorable de $21^\circ C$, K_T es:

$$K_T = 0.2187 * (1.048)^{T-20}$$

$$K_T = 0.229 \text{ día}^{-1}$$

Finalmente, A_S para Nt es:

$$A_S = \frac{36.77 \frac{m^3}{día} * (\ln(22) - \ln(15))}{0.229 \text{ día}^{-1} * 1.05m * 0.75}$$

$$A_S = 78.02 \text{ m}^2$$

3.1.8.3 Diseño del Humedal para la remoción del Fósforo (Pt)

La ecuación utilizada para el pre-dimensionamiento del humedal en función de la concentración del Fosfato total (Pt), a diferencia de las del cálculo del área por los otros 2 parámetros, la remoción del fosfato dentro del agua residual está dado por el siguiente principio:

$$\frac{Ce}{Co} = e^{-\frac{K_P}{CH}} \quad (45)$$

Donde:

- Co = Concentración del Pt en el afluente, entrada del humedal artificial (mg/L)
- Ce = Concentración del Pt en el efluente, salida del humedal artificial (mg/L)
- K_p = Constante de primer orden para Pt
- CH = Carga Hidráulica Promedio Anual (cm/día)

Donde K_P por datos del North American Data Base, se estima alrededor de 10 m/año, equivalente a 0.0274 m/día. Por su parte CH, está dado por la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{Q_{mdAR}}{As} \quad (46)$$

Relacionando ambas formulas, y despejando As se obtiene finalmente el área superficial necesaria para la remoción del Pt:

$$As = \frac{Q_{mdAR} * (\ln(Co) - \ln(Ce))}{K_P} \quad (47)$$
$$As = \frac{36.77 \frac{m^3}{día} * (\ln(10.5) - \ln(10))}{0.0274 \frac{m}{día}}$$
$$As = 69.3 m^2$$

Por su parte, para la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) no es necesario el cálculo del área debido que la concentración entrante al humedal es menor que la concentración permisible para su descarga correspondiente indicada en el TUSLMA, (tabla # 3.10).

3.1.8.4 Tiempo de Retención Hidráulico del Humedal

La ecuación utilizada para estimar el tiempo de retención hidráulico (t) que tendrá nuestro humedal es la # 39.

$$t = \frac{AS * y * n}{Q_{md} AR} \quad (39)$$

De las áreas superficiales estimadas por cada uno de los contaminantes analizados, se selecciona la mayor área convirtiéndose esta en el área que controla el dimensionamiento del humedal.

$$A_{S_{controla}} = A_{S_{Nt}} = 78.02 \text{ m}^2$$

Reemplazando, los parámetros de diseño ya establecidos anteriormente, se obtiene un tiempo de retención hidráulico de :

$$t = \frac{78.02 \text{ m}^2 * 1.05 \text{ m} * 0.75}{36.77 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}$$
$$t = 1.67 \text{ día}$$

3.1.8.5 Dimensionamiento celdas de Humedal Subsuperficial Vertical

De las áreas superficiales estimadas por cada uno de los contaminantes analizados, se selecciona la mayor área convirtiéndose esta en el área que controla el dimensionamiento del humedal.

$$A_{S_{controla}} = A_{S_{Nt}} = 78.02 \text{ m}^2$$

Se planteo que el humedal propuesto se conforme por 2 celdas, ambas un ancho mínimo de 1.85 m, por lo tanto, el largo de cada celda se determina de la siguiente forma:

$$A_{S_{celda}} = \frac{78.02 \text{ m}^2}{2} = 39.01 \text{ m}^2 \quad (48)$$

$$A_{S_{celda}} = W * L \quad \rightarrow \quad L = \frac{A_{S_{celda}}}{W}$$

Donde: $W = \text{Ancho mínimo} = 1.85 \text{ m}$

$$L = \frac{39.01 \text{ m}^2}{1.85 \text{ m}} = 21.1 \text{ m}$$

Las dimensiones finales de cada celda del humedal son:

- $W = 1.85 \text{ m}$
- $L = 21.10 \text{ m}$
- $y = 1.05 \text{ m}$

Para el sistema constructivo de las celdas de los humedales, se tenía pensado realizar la excavación y conformar las celdas a partir de la formación de taludes en el suelo.

Estableciendo que los taludes de la celda deben de tener una relación menor o igual a 1:1.75 (V:H), por el principio de mecánica de suelo que indica que los taludes a diseñar deben ser siempre menores o iguales al ángulo de fricción interna del suelo en el que se esta trabajando, que en nuestro proyecto se establece por estudio de suelo realizado por la contratista es alrededor de $\phi = 30^\circ$

En función de lo explicado anteriormente se estima que nuestro ancho de necesario para el humedal sería aproximadamente de 10.62 m, valor que, con el producto de largo establecido de 21 m, da un área que sobrepasa fuertemente el área límite designada para la PTAR por la parte contratista.

Por tal motivo, se cambia el sistema constructivo de taludes a un sistema de 3 muros de mampostería de 21 m de largo conformado por bloqueado de 9cm confinando por pilares de 10x15 cm y cimiento longitudinal de hormigón, logrando así reducir el ancho total perteneciente al humedal.

A continuación, se presenta un esquema del corte de como estaría conformada las 2 celdas del humedal subsuperficial vertical prediseñado.

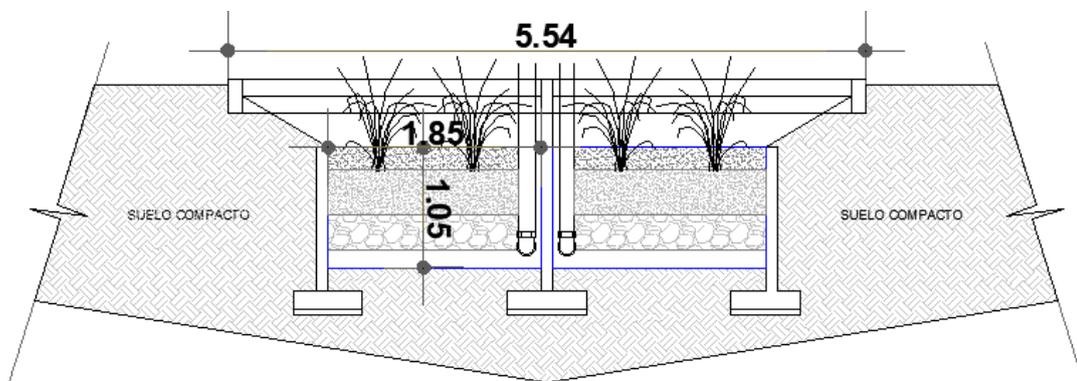


Figura 3.2: Corte del Humedal Subsuperficial

3.1.8.6 Vegetación

La vegetación que se propone implantar en las celdas de humedal es Pasto Alemán (*Echinochloa polystachya* Hitch), debido a su gran potencial de fitorremediación, que es una técnica de biorremediación que utiliza la capacidad de un organismo vegetal para depurar, remover, estabilizar, transferir ciertos factores abióticos como agua, suelo, lodo que han sido expuestos a cambios en su calidad original.

Esta técnica incluye algunos mecanismos como: fitoestabilización, fitoextracción, fitovolatilización, fitoinmovilización, fitodegradación y rizofiltración. La efectividad de esta técnica depende de las actividades catabólicas de las plantas a usarse y por ende de su capacidad para utilizar contaminantes como fuentes de alimento y energía. Siendo esta técnica un tratamiento de agua residual viable desde el punto de vista económico y ecológico.

El pasto alemán tiene un buen desempeño para eliminar las concentraciones de nitrato total (Nt), sólidos suspendidos totales (SST), como también su efectividad para remover los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO5) y por último coliformes fecales.

Esta es una especie de gramínea que crece en forma de macolla, sus tallos suelen llegar a crecer hasta 2 metros de altura. Es ideal para implantarse en el Parque Polifuncional, ya que se adapta a condiciones donde exista cálido, con temperaturas entre 32 a 35°C y suelos inundables con características pesadas. Se propone que se sembré cada pasto con una separación de 20cm entre cada estolón, es decir 25 plántulas en 1m².



Figura 3.5: Pasto Alemán

3.1.10. Armado Estructural del Tanque Imhoff

Para dar inicio al pre-dimensionamiento estructural de las cámaras soterradas correspondientes al Tanque Imhoff, se considerando los siguientes parámetros:

Tabla 3.12: Parámetros del diseño Estructural del Tanque Imhoff

Resistencia del Hormigón, $f'c$	210	kg/cm ²
Afluencia del Hormigón, f_y	4200	kg/cm ²
Módulo de Elasticidad del Hormigón, E	0.25	Kg/m ²
Profundidad Tanque, H	2.35	m
Largo del Tanque, L	5.3	m
Ancho del Tanque, W	3.55	m
Ángulo de Fricción del suelo, ϕ	30	°
Nivel Freático, NF	1.7	m
Peso Específico del suelo, γ_{suelo}	1.8	Tn/m ³
Peso Específico del Agua, γ_{agua}	1	Tn/m ³
Carga Portante del suelo, σ_{adm}	16.52	Tn/m ²
Carga Portante del suelo, σ_{adm}	1.652	kg/cm ²

En base a normas del ACI 350 – 06, se establece el espesor mínimo para las paredes verticales del Muro y el de la losa Superior.

Tabla 3.13: Datos para el MURO

MURO	L/H	2.3
	W/H	1.5
	esp nec (m)	0.08
	rec (m)	0.05
	Como H < 3 m	
	esp min (m)	0.2

Tabla 3.14: Datos para la LOSA

LOSA	L/W	1.49
	e nec (m)	0.13
	e nec (m)	0.10
	Rec (m)	0.05
	esp min (m)	0.2

Gracias al coeficiente de relación entre las aristas de nuestro Tanque Imhoff (W/H y L/W), se establece que estos elementos estructurales tienen comportamiento Bidireccional.

Se procede a calcular Inercias y Rigideces considerando un ancho de 1 m como análisis de estudio para cada elemento estructural y b igual al espesor propuesto anteriormente (e = 0.2 m).

Tabla 3.15: Parámetros físicos para el Muro y Losa Tapa

	Inercia ($I = bh^3/12$) (m ⁴)	Longitud (Muro- W, Tapa-L) (m)	Rigidez ($K=4EI/L$)	K muro/K tapa (Km/Kt)
Muro	0.00067	3.55	0.000187793	1.55
Losa Tapa	0.00067	5.50	0.000121212	

Debido a que el coeficiente de relación Km/Kt es 1.55 menor a 8, se puede pre-dimensionar el diseño estructural considerando que nuestro tanque trabaja con borde semiempotrado o simplemente apoyado. Se evalúan también 3 condiciones cargas, detalladas a continuación:

- Condición 1: Carga producida únicamente por la presión del agua (Tanque lleno), sin considerar presión del suelo.

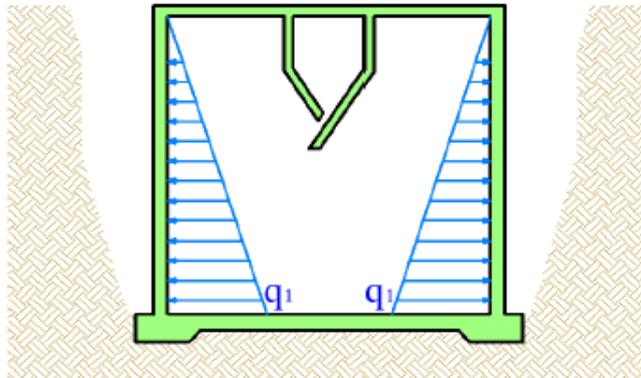


Figura 3.3: Carga por presión del agua

Esta carga está dada, por el producto entre el peso específico del agua y la altura del tanque, y por último esta se lo multiplica por el factor de mayorización ($F_m = 1.7$)

Tabla 3.16: Valores de carga para condición 1

q1 (Tn/m²)	2.35
Factor de Mayorización	1.7
q1 Ultimo (Tn/m²)	4.0

- Condición 2: Carga producida únicamente por la presión del suelo (Tanque vacío), sin considerar presión del agua.

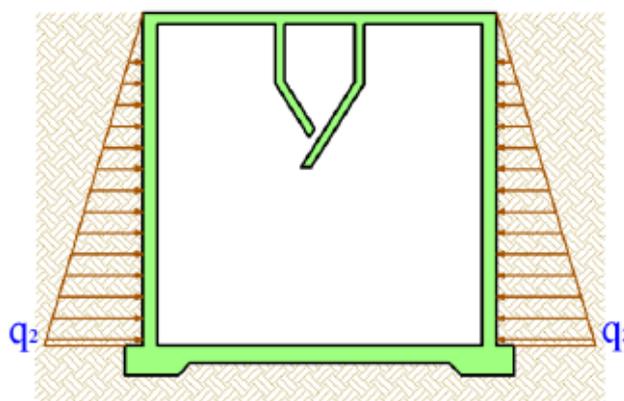


Figura 3.4: Carga producida por presión del suelo

Esta carga está dada, por el producto entre el peso específico del suelo, la constante de empuje (K_a) y la altura del tanque, y por último esta se lo multiplica por el factor de mayorización ($F_m = 1.7$).

Tabla 3.17: Valores de carga

K_a	0.33
q_2 (Tn/m²)	1.41
Factor de Mayorización	1.7
q_2 Ultimo (Tn/m²)	2.4

- Condición 3: Carga producida en el muro por la resultante entre las presiones del agua y presión del suelo. Por tal motivo, esta condición no se la analiza ya que la carga final sería menor que el de las otras 2 condiciones.

▪ Diseño por Cortante

Para el análisis del hormigón por cortante se utilizaron las tablas correspondientes al caso 4 del capítulo III de la PCA, en base a los valores de $L/H = 2.3$ y $W/H = 1.6$, utilizando para $L/H = 2$ y $W/H = 1.5$, para ser un poco más conservadores en el diseño.

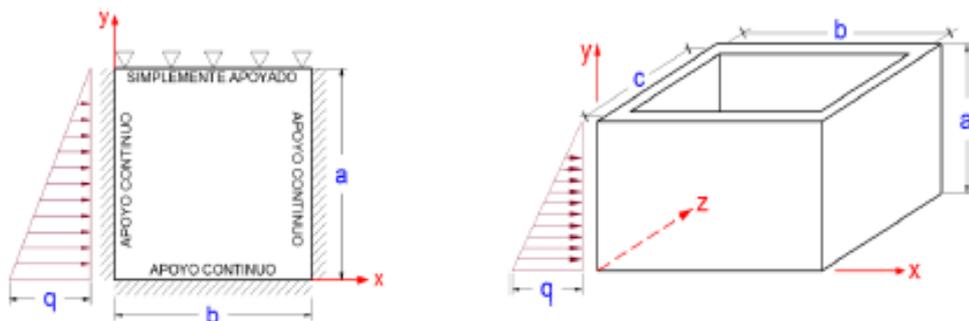


Figura 3.5: Consideración de carga en diseño por cortante

Tabla 3.18: Coeficientes de corte Cs

Coeficientes de Corte, Cs			
		2.0 (Muro Largo)	1.5 (Muro Corto)
Borde Inferior/P. medio	Vi-medio	0.4	0.38
Borde Lateral/ Máximo	Vl-máximo	0.27	0.26
Borde Lateral/P. medio	Vl-medio	0.26	0.26
Borde Superior/P. medio	Vs-medio	0.11	0.11

Se procede a calcular el cortante en la zona inferior del muro, y la resistencia del cortante por concreto todo en base al ACI 350-06 y PCA Capítulo III.

Tabla 3.19: Resistencia del cortante

Cs	0.4
$q1 = q1 \text{ Ulti}$	4.0
$a = H$	2.35
V (Tn)	3.76
Coef. Sanitario	1.3
V mayorado (Tn)	4.9
ϕVc (Tn)	9.79

Como $\phi Vc > V$ mayorado, se concluye que el espesor escogido está correcto.

- **Diseño por Tracción en la Unión del Muro**

Se muestra a continuación los datos obtenidos por esta fuerza en el muro:

Tabla 3.20: Resultados de fuerza en el muro

Cs	0.27
q1 = q1 Ulti	4.0
a = H	2.35
V (Tn)	2.53
Coef. Sanitario	1.3
V mayorado (Tn)	3.3
Nu (Tn)	3.17
ϕVc (Tn)	9.79

Como $\phi Vc > V$ mayorado, se concluye que el espesor escogido está correcto.

▪ **Diseño por Flexión**

En el diseño por flexión utilizamos las tablas correspondientes al caso 4 del capítulo III de la PCA, para estimar los coeficientes de distribución de esfuerzos en los muros del tanque. Valores correspondientes a $L/H = 2$ y $W/H = 1.5$.

Para el Muro Largo $L/H = 2$

Tabla 3.21: Valores para coeficiente Mx

Coeficiente Mx, para Acero Vertical en Muro Largo						
Mx	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-2	1	4	6	8	8
1.88	-4	2	8	12	15	16
1.645	-6	3	11	17	21	22
1.41	-7	4	14	21	24	25
1.175	-7	5	15	22	25	26
0.94	-7	5	14	19	22	23
0.705	-6	4	10	12	13	13
0.47	-4	1	1	-1	-2	-3
0.235	-1	-6	-15	-22	-26	-27
0	0	-19	-41	-54	-60	-62

Tabla 3.22: Valores para coeficiente My

Coeficiente My, para Acero Horizontal en Muro Largo						
My	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-11	-1	2	3	3	3
1.88	-20	-2	4	6	6	6
1.645	-28	-3	6	8	8	8
1.41	-34	-3	7	10	10	9
1.175	-36	-3	8	10	10	9
0.94	-34	-2	7	9	8	8
0.705	-28	-1	6	6	5	5
0.47	-18	0	3	2	1	1
0.235	-6	-1	-2	-4	-5	-5
0	0	-4	-8	-11	-12	-12

Para el Muro Corto $W/H = 1.5$

Tabla 3.23: Coeficientes Mx para muro corto

Coeficiente Mx, para Acero Vertical en Muro Corto						
Mx	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-2	0	2	4	5	6
1.88	-4	0	5	8	10	11
1.645	-6	1	7	12	15	16
1.41	-7	1	9	14	18	19
1.175	-7	1	10	16	19	21
0.94	-7	2	10	15	18	19
0.705	-6	2	7	11	12	13
0.47	-4	0	2	1	1	0
0.235	-1	-4	-10	-16	-20	-21
0	0	-12	-31	-44	-51	-53

Tabla 3.24: Coeficientes My para muro largo

Coeficiente My, para Acero Horizontal en Muro Largo						
My	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-11	-3	1	3	4	4
1.88	-20	-5	2	6	7	7
1.645	-28	-7	3	8	10	10
1.41	-34	-8	4	10	11	12
1.175	-36	-8	5	10	12	12
0.94	-34	-6	5	9	10	11
0.705	-28	-4	4	7	8	8
0.47	-18	-2	2	3	3	3
0.235	-6	-1	-1	-2	-3	3
0	0	-2	-6	-9	-10	-11

Se procede a estimar el momento provocado por la presión del agua en el tanque, dependiendo del coeficiente que tenga en cada ubicación en cada uno de los muros. Los datos para el cálculo de momento son los siguientes:

Tabla 3.25: Momentos en presión de agua

q1 = q1 Ultimo (Tn/m)	4.0
a = H (m)	2.35
Coef. Sani.	1.30
M * coef (Tn. m)	0.0287
M * coef (kg. m)	28.68

Para el muro largo, los esfuerzos producidos son:

Tabla 3.26: Momentos Mx que resiste el esfuerzo vertical

Momento Mx, que resiste el refuerzo vertical en muro largo (kg.m)						
Mx	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-57.36	28.68	114.72	172.09	229.45	229.45
1.88	-114.72	57.36	229.45	344.17	430.22	458.90
1.645	-172.09	86.04	315.49	487.58	602.30	630.98
1.41	-200.77	114.72	401.54	602.30	688.35	717.03
1.175	-200.77	143.41	430.22	630.98	717.03	745.71
0.94	-200.77	143.41	401.54	544.94	630.98	659.67
0.705	-172.09	114.72	286.81	344.17	372.85	372.85
0.47	-114.72	28.68	28.68	-28.68	-57.36	-86.04
0.235	-28.68	-172.09	-430.22	-630.98	-745.71	-774.39
0	0.00	-544.94	-1175.93	-1548.78	-1720.87	-1778.23

Tabla 3.27: Momentos My que resiste el refuerzo horizontal

Momento My, que resiste el refuerzo Horizontal en muro largo (kg.m)						
My	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.115	-315.49	-28.68	57.36	86.04	86.04	86.04
1.88	-573.62	-57.36	114.72	172.09	172.09	172.09
1.645	-803.07	-86.04	172.09	229.45	229.45	229.45
1.41	-975.16	-86.04	200.77	286.81	286.81	258.13
1.175	-1032.52	-86.04	229.45	286.81	286.81	258.13
0.94	-975.16	-57.36	200.77	258.13	229.45	229.45
0.705	-803.07	-28.68	172.09	172.09	143.41	143.41
0.47	-516.26	0.00	86.04	57.36	28.68	28.68
0.235	-172.09	-28.68	-57.36	-114.72	-143.41	-143.41
0	0.00	-114.72	-229.45	-315.49	-344.17	-344.17

Para el Muro Corto, los esfuerzos producidos son:

Tabla 3.28: Momentos Mx de refuerzo vertical en muro corto

Momento Mx, que resiste el refuerzo vertical en muro corto (kg.m)						
Mx	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.115	-57.36	0.00	57.36	114.72	143.41	172.09
1.88	-114.72	0.00	143.41	229.45	286.81	315.49
1.645	-172.09	28.68	200.77	344.17	430.22	458.90
1.41	-200.77	28.68	258.13	401.54	516.26	544.94
1.175	-200.77	28.68	286.81	458.90	544.94	602.30
0.94	-200.77	57.36	286.81	430.22	516.26	544.94
0.705	-172.09	57.36	200.77	315.49	344.17	372.85
0.47	-114.72	0.00	57.36	28.68	28.68	0.00
0.235	-28.68	-114.72	-286.81	-458.90	-573.62	-602.30
0	0.00	-344.17	-889.11	-1261.97	-1462.74	-1520.10

Tabla 3.29: Momentos My que resiste refuerzo horizontal

Momento My, que resiste el refuerzo Horizontal en muro corto (kg.m)						
My	0	0.55	1.1	1.65	2.2	2.75
	5.5	4.95	4.4	3.85	3.3	
2.35	0	0	0	0	0	0
2.115	-315.49	-86.04	28.68	86.04	114.72	114.72
1.88	-573.62	-143.41	57.36	172.09	200.77	200.77
1.645	-803.07	-200.77	86.04	229.45	286.81	286.81
1.41	-975.16	-229.45	114.72	286.81	315.49	344.17
1.175	-1032.52	-229.45	143.41	286.81	344.17	344.17
0.94	-975.16	-172.09	143.41	258.13	286.81	315.49
0.705	-803.07	-114.72	114.72	200.77	229.45	229.45
0.47	-516.26	-57.36	57.36	86.04	86.04	86.04
0.235	-172.09	-28.68	-28.68	-57.36	-86.04	86.04
0	0.00	-57.36	-172.09	-258.13	-286.81	-315.49

Tabla 3.30: Cuantía requerida para cada momento máximo

Momento Máximo (Kg/cm)	Cuantía requerida
74571	0.000886
-177823	0.002145
28681	0.000339
-103252	0.001232
60230	0.000714
-152010	0.001827
34417	0.000407
-103252	0.001232

Como podemos darnos cuenta ninguna de las cuantías requeridas es mayor que la cuantía mínima recomendada por la ACI-318, la cuantía con la que se estima la cantidad de acero es 0.0033. Se resalta que los muros del tanque Imhoff tendrá armadura tanto en sentido vertical como en sentido horizontal, y que ambas tendrán un armado tipo doble o sandwich para contrarrestar los momentos máximo tanto positivo como negativo.

Tabla 3.31: Cuantía mínima

$\rho_{mín}$	0.0033
As req (cm²)	5
d. Varilla (cm)	1.4
A. Varilla (cm²)	1.53
# Varillas	5
Separación/ cada metro (m)	0.2

3.2. Especificaciones técnicas

➤ Limpieza y Desgroso

Descripción

Este trabajo consiste en retirar la maleza que hay en el área para poder llevar a cabo el proyecto presente. En las zonas detalladas, se retirará la presencia de vegetación allí presente. También incluye la remoción de tierra vegetal, hasta la profundidad indicada. Se realizará la acción por medios eficaces, manuales y mecánicos.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo: Se retirará todo tipo de vegetación que impida el inicio de la obra.

Medición y forma de pago

La cantidad para pagarse por el desarrollo de este rubro serán los metros cuadrados medidos en obra, en su proyección horizontal de los trabajos aceptablemente ejecutados.

➤ Replanteo y Nivelación

Descripción

Es la ubicación del proyecto en el terreno, basándose en la indicación de los planos; esto como paso previo a la construcción.

Equipo mínimo: Equipo de topografía, Estación total.

Mano de obra mínima calificada: Topógrafo, Peón.

Materiales:

- Tira de eucalipto 2.50x2x250 (cm)
- Clavos de 2 " a 3 1/2"
- Pingos de eucalipto 4 a 7 m x 0.30

Procedimiento de trabajo

Todos los trabajos de replanteo deben ser realizados con equipo de precisión, tales como estación total, teodolito, niveles, cinta métrica, etc. Y por personal técnico experimentado.

Medición y forma de pago

Se pagará según los metros cuadrados realizados en obra.

➤ **Excavación para cámaras del AASS**

Descripción

Este trabajo consiste en realizar los huecos correspondientes en el área y según los marcados e indicados por el personal Constructor. Se lo realiza mediante el uso de maquinaria pesada retroexcavadora, palas y pico en caso de presentarse la ocasión, y a la profundidad indicada por el personal técnico.

Equipo mínimo: Retroexcavadora, Pala, Pico.

Mano de obra mínima calificada: Operador, Peón.

Procedimiento de trabajo

El operador realizará la respectiva excavación en los lugares que se le indique y a la profundidad que determine el personal técnico en obra.

Medición y forma de pago

Este rubro se pagará según la cantidad de tierra retirada en los espacios designados, metros cúbicos, a la profundidad determinada.

➤ **Desalojo de Material**

Descripción

Este rubro consiste en el traslado de material retirado en el área donde se desarrollará el proyecto hacia el lugar designado por el cliente y Fiscalización. Este procedimiento

se lo hace usando volquetas que transportarán el material a desalojar, cargadas previamente por la retroexcavadora hasta su punto máximo de carga de material, se tapará el material con lona para su posterior traslado para evitar arrojar el material por la vía pública. Las volquetas serán previamente contratadas por el personal constructor, la cantidad que amerite según la cantidad de material a desalojar.

Equipo mínimo: Volquetas.

Mano de obra mínima calificada: Conductor.

Procedimiento de trabajo

Las volquetas serán cargadas por la retroexcavadora para proceder a su traslado al lugar designado con anticipación.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros cúbicos de material desalojado hacia el lugar designado.

➤ **Adecuación del Fondo de la Zanja**

Descripción

Este trabajo consiste en la preparación del terreno donde se ubicarán las cámaras de tratamiento del agua residual. Se refiere al compactado adecuado para cada cámara, hidratado, y nivelación.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se colocará material para relleno y compactado en el área designada para las cámaras de tratamiento, se compactará con un compactador de rodillo. Finalmente, se retirará el material sobrante. La comprobación de compactación se realizará dos veces en cada cámara de tratamiento, separadas no más de 3 metros.

Medición y forma de pago

El pago del rubro se realizará conforme los metros cúbicos de material compactado en las áreas designadas. El material de relleno para las cámaras no será cuantificado para la estimación y pago del presente rubro.

➤ **Hormigón Simple en elementos estructurales $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$**

Descripción

Este trabajo consiste en el hormigonado, según las indicaciones designadas, de elementos estructurales que comprenden la Estación Depuradora de Aguas Residuales. Este procedimiento se realiza con concreto previamente contratado, bajo la indicación indicada en los planos, y vaciado mediante un Mixer en obra. Al momento de fundir los elementos se procede a vibrar cuando el material alcance el metro de altura de hormigón, se vibra, y se procede a continuar con el hormigonado.

Equipo mínimo: Herramientas menores, Vibrador.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se coloca el hormigón proporcionado por la empresa designada por el cliente, constructor o fiscalización en los elementos correspondientes. Considerar el proceso de vibrado de los elementos estructurales a la altura de un metro de material.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros cúbicos de material colocados en obra en los elementos correspondientes.

➤ **Hormigón Simple en replantillo $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$**

Descripción

Es el hormigón que generalmente es de baja resistencia que cumple una función de apoyo de elementos estructurales que no requiere el uso de encofrados. La finalidad es la construcción de replantillos de hormigón especificados en el plano o por fiscalización. Incluye proceso de fabricación, vertido y curado del hormigón.

Equipo mínimo: Herramientas menores, hidrolavadora.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros cuadrados en forma global, bajo los precios establecidos en contrato.

➤ **Hormigón Simple en losetas de tapas f'c = 210 kg/cm²**

Descripción

Se trata de la construcción de tapas de hormigón armado con marco metálico que cubren las cámaras de tratamiento de la EDAR. Las medidas de las tapas serán las indicadas en los planos y se construirán cerca de los lugares donde se las van a colocar.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se fundirá la tapa de hormigón armado junto al lugar de colocación y se dejará esperar al menos 3 días para su colocación. Cubrir las tapas en caso de ser necesario.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según las tapas construidas y colocadas debidamente en cada lugar correspondiente, de forma general.

➤ **Bordillo de Jardinera f'c = 210 kg/cm²**

Descripción

Se trata de la construcción con hormigón simple del bordillo que rodea el área del Humedal Artificial, especificado en el plano o por fiscalización. Incluye proceso de fabricación, vaciado y curado del hormigón.

Equipo mínimo: Herramientas menores, Vibrador.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se construirán los bordillos con hormigón simple de la resistencia indicada en el diseño, las dimensiones, profundidades, niveles y espesores serán los indicados en los planos o indicados por fiscalización.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros cuadrados y efectivamente ejecutados medidos de acuerdo con el plano o indicados por fiscalización.

➤ **Acero de Refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$**

Descripción

Se entiende por acero de refuerzo al conjunto de operaciones necesarias para cortar, doblar, formar ganchos y a la colocación de varillas de acero para formar el armado estructural de los elementos.

Equipo mínimo: Herramientas menores, cortadora.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se realizará el armado de los elementos estructurales según las especificaciones detalladas en el plano o por fiscalización.

Medición y forma de pago

La medición se hará en kilogramos (kg) realmente ejecutados y medidos en concordancia con lo especificado en el plano.

➤ **Mampostería de bloques de 9 cm**

Descripción

Este trabajo trata de la construcción de muros de albañilería contruidos por ladrillo con mortero de cemento y arena en proporción 1:3.

Equipo mínimo: Herramientas menores, Andamios.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón, Albañil.

Procedimiento de trabajo

Los ladrillos serán de primera calidad y bajo la aceptación de fiscalización para su empleo en obra.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros cuadrados ejecutados y medidos en concordancia con las especificaciones, los planos e instrucciones de fiscalización.

➤ **Enlucido Vertical Paleteado (1:3)**

Descripción

Son las actividades necesarias para la elaboración de un mortero para enlucido vertical de mamposterías de bloques o elementos de hormigón que se indican en los planos.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Será la conformación de una capa de mortero cemento-arena de relación 1:4, se colocará en toda el área vertical de los elementos de las cámaras de tratamiento.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según el volumen por metro cuadrado de enlucido que se realicen en obra de los elementos correspondientes en toda la Estación Depuradora de Aguas Residuales.

➤ **Rejas Metálicas de Cribado**

Descripción

Este rubro trata del armado de las rejas metálicas colocadas en el inicio de la EDAR, según las medidas indicadas en el plano en el lugar y a la distancia especificadas, respetando la inclinación que esta indica.

Equipo mínimo: Herramientas menores, Varillas, Soldadura.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se hará el armado de las rejillas in situ bajo las indicaciones especificadas en el plano, se utilizará varillas de 12 mm de espesor.

Medición y forma de pago

Este rubro se pagará según los metros de varillas utilizadas para el armado de las rejillas.

➤ **Escalera Empotrable Metálica**

Descripción

Fabricación e instalación de escaleras empotrables dentro del cámara correspondiente indicado en el plano.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se hará el armado de la escalera metálica in situ bajo las condiciones indicadas en el plano.

Medición y forma de pago

El pago se realizará de forma general por unidad terminada debidamente realizada y colocada en el lugar respectivo.

➤ **Canastilla de Bronce 3"**

Descripción

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Medición y forma de pago

El pago se realizará por unidad de canastilla debidamente colocada y operativa.

➤ **Tubería y Accesorio PVC d = 3"**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de tuberías y accesorios desde el punto de entrada a la EDAR hasta el punto de salida y descarga hacia el canal, considerando todos los sistemas de tubería interno que tiene la EDAR. Se colocarán los accesorios correspondientes en los puntos que se detallan en los planos del proyecto.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se realizará el trazado de tuberías en toda la EDAR, que transportarán el agua residual por cada uno de los procesos hasta el punto de descarga hacia el canal.

Medición y forma de pago

El pago de este rubro se realizará según los metros de tubería de 3" utilizados en obra en toda la EDAR, además de la cantidad de accesorios utilizados en obra en cada punto que detalle el plano.

➤ **Válvula de Compuerta d = 3"**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de las válvulas de compuerta en el sistema de tuberías dentro de la EDAR, en los puntos designados en el plano.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se colocarán las válvulas de compuerta de 3" en los puntos designados en el plano de la EDAR. Esto se lo realizará junto con la instalación de las tuberías de 3".

Medición y forma de pago

Este rubro se pagará según la cantidad de válvulas colocadas en el sistema de tuberías de la EDAR, verificando su correcto funcionamiento.

➤ **Tubería y Accesorio PVC d = 6"**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de tuberías y accesorios desde el punto de entrada a la EDAR hasta el punto de salida y descarga hacia el canal, considerando todos los sistemas de tubería interno que tiene la EDAR. Se colocarán los accesorios correspondientes en los puntos que se detallan en los planos del proyecto.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se realizará el trazado de tuberías en toda la EDAR, que transportarán el agua residual por cada uno de los procesos hasta el punto de descarga hacia el canal.

Medición y forma de pago

El pago de este rubro se realizará según los metros de tubería de 6" utilizados en obra en toda la EDAR, además de la cantidad de accesorios utilizados en obra en cada punto que detalle el plano.

➤ **Válvula de Compuerta d = 6"**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de las válvulas de compuerta en el sistema de tuberías dentro de la EDAR, en los puntos designados en el plano.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se colocarán las válvulas de compuerta de 6" en los puntos designados en el plano de la EDAR. Esto se lo realizará junto con la instalación de las tuberías de 6".

Medición y forma de pago

Este rubro se pagará según la cantidad de válvulas colocadas en el sistema de tuberías de la EDAR, verificando su correcto funcionamiento.

➤ **Suministro de instalación de geomembrana**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de material impermeabilizante en el área designada para el Humedal Artificial, con las especificaciones detalladas en el plano.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

La colocación se realizará manualmente en toda el área designada para el humedal, a la altura designada en el plano.

Medición y forma de pago

La medición estará dada por volumen en metros cuadrados, de acuerdo con las especificaciones y aceptada por Fiscalización.

➤ **Implantación de vegetación (Pasto alemán)**

Descripción

El trabajo consiste en la colocación de material vegetal en el área del Humedal Artificial para el correcto funcionamiento del este. Se considera una estimación de 25 especies vegetal por metro cuadrado de Humedal.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se determinará la cantidad de materia vegetal necesaria para el Humedal y se colocará uniformemente a lo largo de este, cubriendo la mayoría de los espacios.

Medición y forma de pago

La forma de pago se realizará según la cantidad de materia vegetal solicitada para su colocación en el Humedal.

➤ **Tubería Perforada d = 6"**

Descripción

Este trabajo consiste en la colocación de la tubería perforada desde el punto que se indica en el plano, a los niveles que se detallan y respetando el espacio para los demás accesorios.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se colocará la tubería perforada de 6" en el lugar correspondiente y se verificará su funcionamiento.

Medición y forma de pago

El pago se realizará según los metros de tubería perforada colocadas in situ.

➤ **Material Granular Filtrante Grueso**

Descripción

Se trata de la colocación de grava gruesa in situ para el área del Humedal. El material será previamente conseguido por parte del constructor y aceptado por Fiscalización. Este rubro incluye el material, traslado y vertido en obra en el área correspondiente.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se verterá el material grueso en el área del humedal y será esparcido uniformemente a lo largo de este.

Medición y forma de pago

La forma de pago será por los metros cúbicos de material solicitados al proveedor.

➤ **Material Granular Filtrante Fino**

Descripción

Se trata de la colocación de grava fina in situ para el área del Humedal. El material será previamente conseguido por parte del constructor y aceptado por Fiscalización. Este rubro incluye el material, traslado y vertido en obra en el área correspondiente.

Equipo mínimo: Herramientas menores.

Mano de obra mínima calificada: Maestro, Peón.

Procedimiento de trabajo

Se verterá el material fino en el área del humedal y será esparcido uniformemente a lo largo de este.

Medición y forma de pago

La forma de pago será por los metros cúbicos de material solicitados al proveedor.

➤ **Operación y Mantenimiento**

Se contará con una cláusula referente a la operación y mantenimiento que tendrá la Estación Depuradora de Aguas Residuales, donde se considera un mantenimiento del Tanque Imhoff y del Humedal Artificial cada 3 meses de servicio. Para ello, se requiere de personal para retirar los lodos que se almacenan en el Tanque Imhoff por el propio efecto de su funcionalidad, se limpiará el área interna de este y se dejará en descanso por lo menos una hora.

Con respecto a la operación, no requiere de un mayor grado de complejidad más que de una persona encargada, puede ser un personal de seguridad del proyecto, que revise el nivel de lodos/agua en el que se encuentre la Cámara. Este costo de mantenimiento lo cubre el Municipio, a menos que se designe lo contrario.

CAPITULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

El Estudio del Impacto Ambiental como herramienta de gestión, presenta una descripción detallada de las diferentes medidas, que se deberán establecer como necesarias, para lo cual se requerirá de recursos humanos y económicos. Esto implica compromiso de la alta dirección de la organización y todo su personal para minimizar los impactos sobre el medio ambiente, así como maximizar aquellos impactos considerados positivos, que las actividades de un proyecto o de una actividad ya implementada provocan sobre los componentes ambientales de un espacio territorial.

Considerando todos los principios en la posible construcción de nuestro diseño de PTAR para el Proyecto Polifuncional Sergio Toral, se implementará una propuesta de Manejo Ambiental, el mismo que es realizado con el fin de armonizar el desarrollo seguro de las actividades constructivas con el ambiente y preservar los recursos naturales próximos a su espacio territorial. Esto se conseguirá implementando medidas ambientalmente viables que impidan el deterioro del entorno circundante de sus instalaciones.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible donde se tiene una mejora dentro de la comunidad cercana al proyecto, son los siguientes:

- 3. Salud y Bienestar:
- 6. Agua Limpia y Saneamiento,
- 14 Vida Submarina

donde es importante desarrollar un estudio y evaluación de impacto ambiental (alcance y ubicación gráfica),

¿Cómo se lo va a realizar?

Se propone que la metodología para valorar y reconocer los impactos ambientales más importantes que tendría el desarrollo de nuestro diseño, vendría a ser una Matriz de

Leopold, donde se establece que para cada uno de los impactos ambientales identificados se proponga la medida ambientalmente viable para prevenir, mitigar y/o eliminar el impacto ambiental negativo durante las actividades constructivas. Además, es necesario potencializar los impactos positivos, para lograr que dichas actividades se desarrollen en armonía con el medio ambiente natural y laboral.

Para la determinación del Impacto Ambiental generado por el desarrollo del proyecto de tratamiento de las aguas residuales tiene fundamentalmente dos escenarios de interés, uno es cuando se está desarrollando la Estación Depuradora; y el otro cuando ya se tiene el proyecto desarrollado, tomando en cuenta los resultados obtenidos o salientes de dicho sistema.

La intervención y aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible se ven inmersos en ambos escenarios, como primera instancia tenemos la aplicación del Objetivo 6 “Agua limpia y saneamiento” para el primer escenario de desarrollo de la EDAR; por otro lado, la aplicación de los Objetivos 3 y 14, “Salud y bienestar” y “Vida submarina”, están más intrínsecamente incorporados en la segunda fase. La ubicación de este análisis básicamente es el área delimitada para la EDAR y el cuerpo de agua dulce que receptorá las aguas resultantes.

Para el desarrollo de este análisis se implementará la Matriz de Leopold para el estudio de cada componente que esta metodología implica para los escenarios anteriormente mencionados. Cabe recalcar que, anteriormente, ya se realizó a breves rasgos un “Impacto Ambiental” generado por cada alternativa analizada para el tratado de las aguas residuales, donde se analizó los parámetros más usuales en este tipo de estudios; sin embargo, para esta sección se realizará un detalle más profundo de aquellos parámetros y otros más que implican todo un estudio completo hacia el Impacto.

4.2. Línea base ambiental

El área de análisis, el proyecto en general afectó toda la superficie en la que descansa el proyecto; esto debido a sus actividades de movimiento de tierra e implementación de material de relleno. Además de la gran cantidad de movimiento que tuvo el área para desarrollar este proceso. Como resultado se tiene como primer componente afectado el suelo.

4.3. Actividades del proyecto

Al ser un proyecto de Obra Civil, se genera un Impacto Ambiental por muy pequeña que sea la obra o de baja magnitud; esto porque siempre se conlleva a movimientos de tierra, circulación de maquinaria pesada, actividades constructivas, implicaciones biológicas o químicas (para este caso), etc.

Básicamente, todo el proceso de construcción está inmerso en este ámbito, sin embargo, la implementación de este sistema de tratamiento está pensado y diseñado previamente para que se genere el menor impacto posible al medio. Entre esos un listado de las actividades que tendría llevarse a cabo para la elaboración de nuestro proyecto, el mismo se lo detalla en el siguiente listado, considerando el tiempo que se llevaría a cabo cada actividad:

Durante la Preparación del Sitio de Construcción

- Desmonte y Despalme
- Trazado de Líneas
- Nivelación de Terreno
- Generación de Residuos Sólidos

Durante la Construcción

- Excavación
- Extracción de Individuos Vegetales
- Trasplante de Individuos Vegetales
- Instalación de tuberías de entradas y de salida
- Construcción de cámaras de pretratamiento y tratamiento primario de EDAR
- Operación de Maquinaria
- Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Generados
- Acondicionamiento de áreas verdes
- Tránsito de vehículos/personas

Durante Operación y Mantenimiento

- Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Generados
- Actividades Socioeconómicas
- Descarga de agua tratadas

4.4. Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.1: Matriz de Leopold modificada

ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES

		ACCIONES QUE PUEDEN CAUSAR EFECTOS AMBIENTALES																
		PREPARACION DEL SITIO				CONSTRUCCION								OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				
		Desmote y despalme	Trazado de líneas	Nivelación del terreno	Generación de residuos sólidos	Excavación	Extracción de individuos vegetales	Trasplante de individuos vegetales	Instalación de tuberías de entrada y salida	Construcción de planta de tratamiento	Operación de maquinaria	Manejo y disposición de residuos	Acondicionamiento de áreas verdes	Tránsito de vehículos/personas	Manejo y disposición de residuos	Actividades socioeconómicas	Descarga de aguas tratadas	
ACCIONES PROPUESTAS																		
CARACTERÍSTICA	A.	1. SUELO																
		A. Relieve y carácter topográfico	5	0	4	0	-1	0	0	0	4	4	0	1	0	0	0	-4
		B. Area natural protegida (conservación)	6	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	

B. BIOTICO	2. AGUA	C. Susceptibilidad a la erosión	3	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	1	0	0	0	
		D. Calidad	3	0	4	4	4	0	0	0	5	1	6	0	0	0	0	0	-3
		A. Esguerrimiento superficial	0	0	0	0	5	0	2	0	3	3	0	1	0	0	0	0	0
		B. Esguerrimiento subsuperficial	0	0	0	0	5	0	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0
	3. ATMÓSFERA	C. Transporte de sólidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	-3	-1	0	
		D. Calidad del agua	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	-6	0	0	
		A. Calidad del aire (olores)	0	0	0	2	4	0	0	0	6	3	5	0	4	0	0	0	3
		B. Polvos y partículas suspendidas	5	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1. FLORA	C. Estado acústico natural (ruido)	3	4	5	0	4	4	4	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0
		A. Abundancia	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		B. Diversidad	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		D. Cultivos agrícolas	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2. FAUNA	A. Hábitat	0	1	3	0	2	0	0	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0
		B. Abundancia	0	1	3	0	2	0	0	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0
		C. Diversidad de poblaciones (desplazamientos)	0	1	3	0	2	0	0	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0
		E. Rutas de tránsito de aves	0	1	3	0	2	0	0	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0
	3. País	A. Apariencia visual	0	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0	5	0	-3	0	0	0

C. SOCIO-ECONOMICO	1. SOCIAL	B. Integridad del paisaje	2	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	2	0	-5	0	0	
		C. Unidad de paisaje natural	2	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		D. Calidad del ambiente	2	0	0	1	0	0	3	1	0	0	0	2	0	-4	0	0	0
	1. SOCIAL	A. Bienestar social	0	0	0	0	0	-2	-3	-3	0	0	-4	0	0	-5	-1	-6	
		B. Aceptabilidad social	0	0	0	0	0	-2	-3	-3	0	0	-4	0	0	-5	-3	-4	
	2. ECONOMIC	A. Empleo fijo	-4	-4	-4	-5	0	-4	-4	-3	-4	-3	-4	-4	-2	-4	-5	-8	
		B. Empleo temporal	-5	-4	-3	0	-5	-4	-3	-3	-5	-7	-5	-4	-4	-7	-5	-1	

	Impactos negativos	9	9	8	6	9	1	5	10	11	8	3	11	2	0	0	1	
	Impactos positivos	2	2	2	1	2	4	4	4	2	2	4	2	2	9	5	6	
	Sumatoria de impactos	11	11	10	7	11	5	9	14	13	10	7	13	4	9	5	7	
	Número de impactos por etapas					39								86				21
	Índice de impactabilidad					0.27								0.59				0.14

4.5. Valoración de impactos ambientales

La valoración de los Impactos Ambientales generados en el desarrollo del proyecto se lo realizó mediante la implementación de la Matriz de Leopold modificada, misma que es muy útil para efectuar una correcta valoración de impactos. Dentro de esta matriz existen dos tipos de impactos calificados:

- Los impactos negativos para el entorno, mismos que tienen una valoración de 0-10 en números enteros.
- Los impactos positivos para el entorno, evaluada de la misma forma que los impactos negativos, pero anteponiendo el signo negativo para su calificativo.

Esta calificación va desde “**Nada**”, representado con el número 0 (calificación más baja), hasta “**Muy alta**”, representado con el número 10 (calificación más alta).

Tabla 4.2: Valoración de impactos negativos

Ponderación	Impacto (-)
0-7	Adverso poco significativo
8-14	Adverso significativo
15-22	Adverso muy significativo

Tabla 4.3: Valoración de impactos positivos

Ponderación	Impacto (+)
0-15	Benéfico poco significativo
16-30	Benéfico significativo

Tabla 4.4: Valoración de impactos en Matriz de Leopold

			ACCIONES PROPUESTAS			
CARACTERÍSTICAS O CONDICIONES DEL MEDIO SUSCEPTIBLES DE ALTERARSE	A. ABIOTICO	1. SUELO	A. Relieve y carácter topográfico	9	8	-4
			B. Area natural protegida (conservación)	6	2	0
			C. Susceptibilidad a la erosión	3	7	0
			D. Calidad	11	16	-3
		2. AGUA	A. Esguerrimiento superficial	0	14	0
			B. Esguerrimiento subsuperficial	0	12	0
			C. Transporte de sólidos	0	4	-4
			D. Calidad del agua	0	7	-6
		3. ATMÓSFERA	A. Calidad del aire (olores)	2	22	3
			B. Polvos y partículas suspendidas	14	23	0
			C. Estado acústico natural (ruido)	12	23	0
		B. BIOTICO	1. FLORA	A. Abundancia	2	-1
	B. Diversidad			2	1	0
	D. Cultivos agrícolas			2	10	0
	2. FAUNA		A. Hábitat	4	11	0
			B. Abundancia	4	11	0
			C. Diversidad de poblaciones (desplazamientos)	4	11	0

			E. Rutas de tránsito de aves	4	11	0
		3. Paisaje	A. Apariencia visual	2	11	-3
			B. Integridad del paisaje	3	6	-5
			C. Unidad de paisaje natural	3	6	0
			D. Calidad del ambiente	3	6	-4
	C. SOCIO-ECONOMICO	1. SOCIAL	A. Bienestar social	0	-12	-12
			B. Aceptabilidad social	0	-12	-12
		2. ECONOMICO	A. Empleo fijo	-17	-28	-17
			B. Empleo temporal	-12	-40	-13

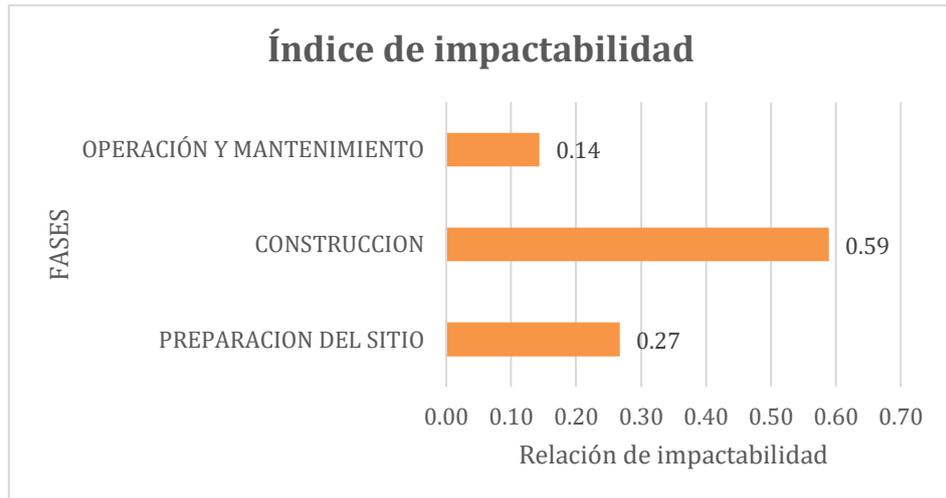


Figura 4. 1: Índice de Impactabilidad

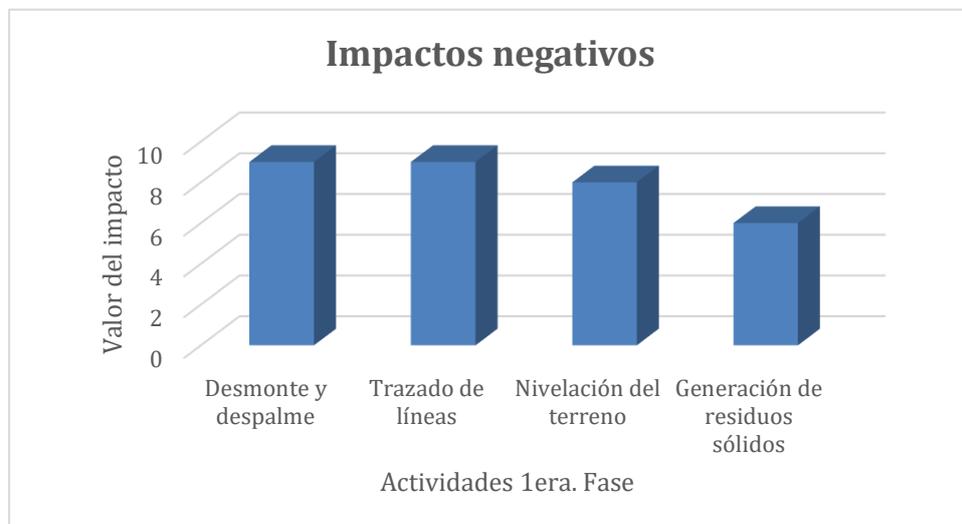


Figura 4.2: Impactos negativos 1era. Fase

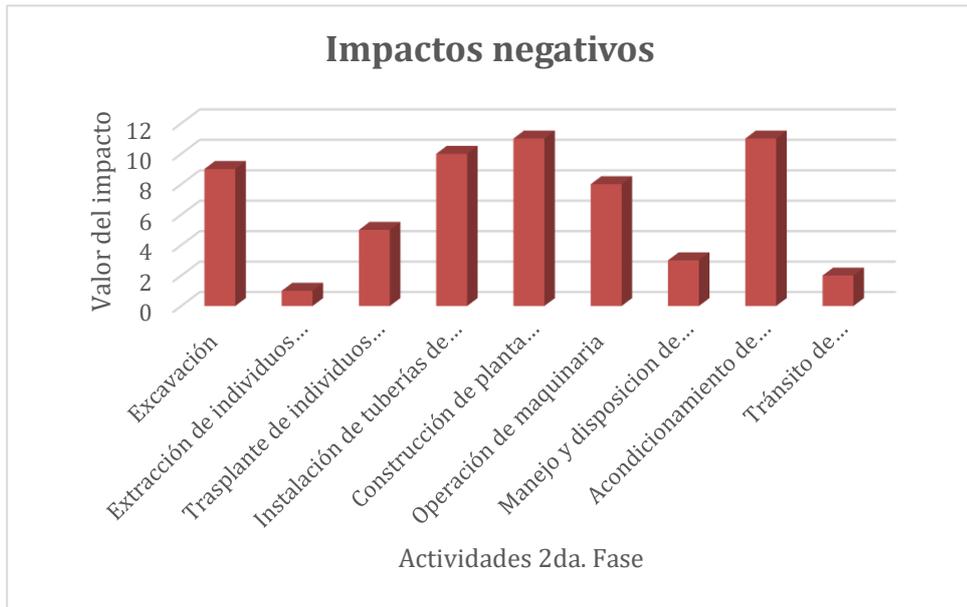


Figura 4.3: Impactos negativos 2da. Fase

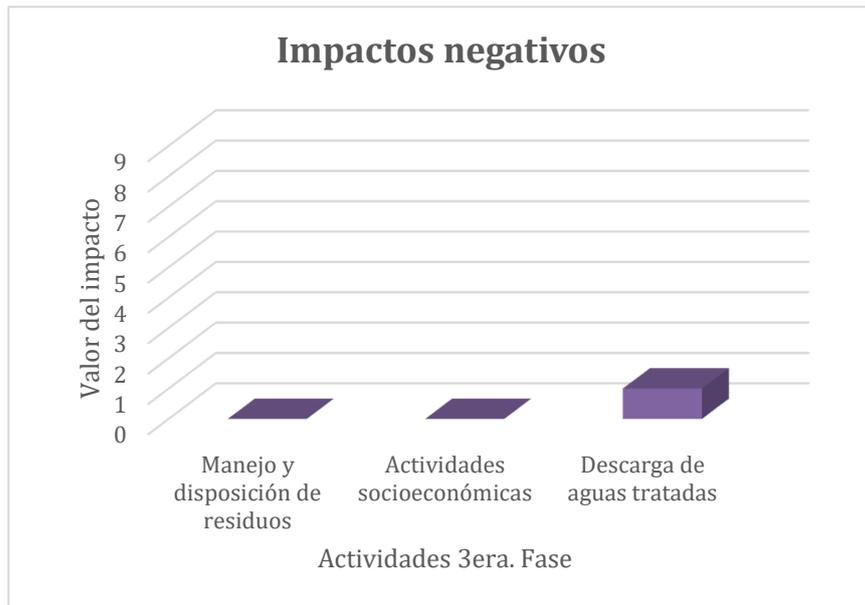


Figura 4.4: Impactos negativos 3era. Fase

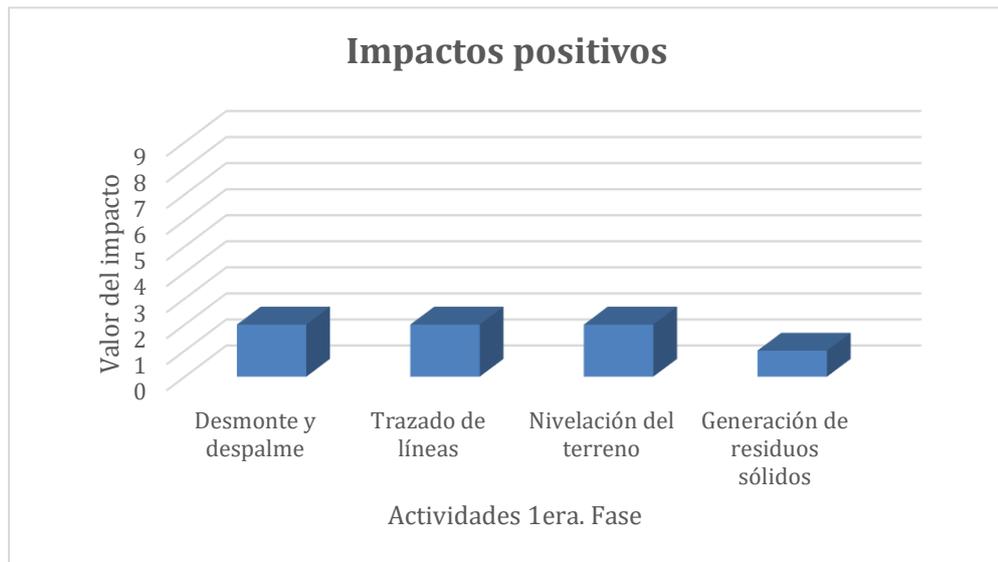


Figura 4.5: Impactos positivos 1era. Fase

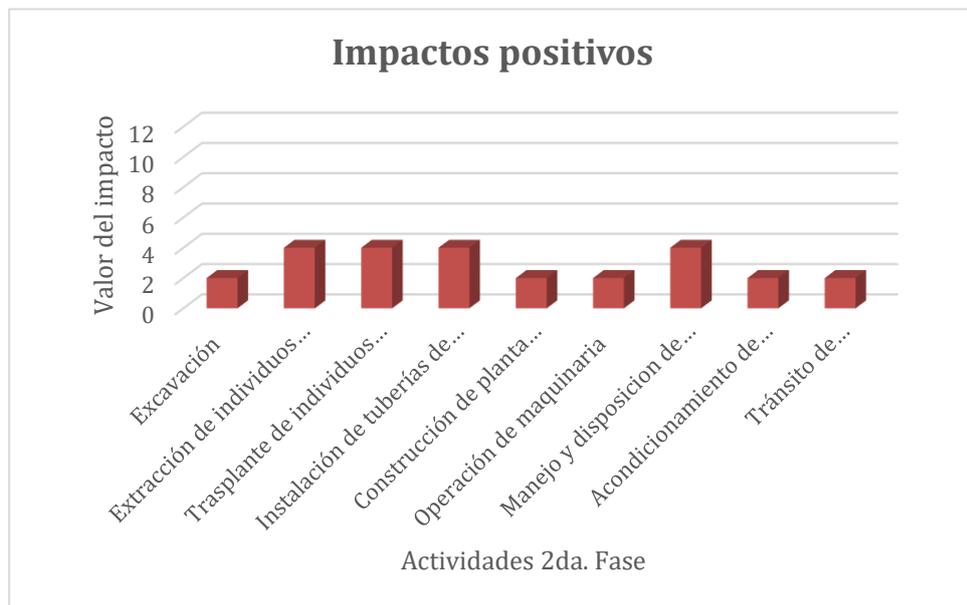


Figura 4.6: Impactos positivos 2da. Fase

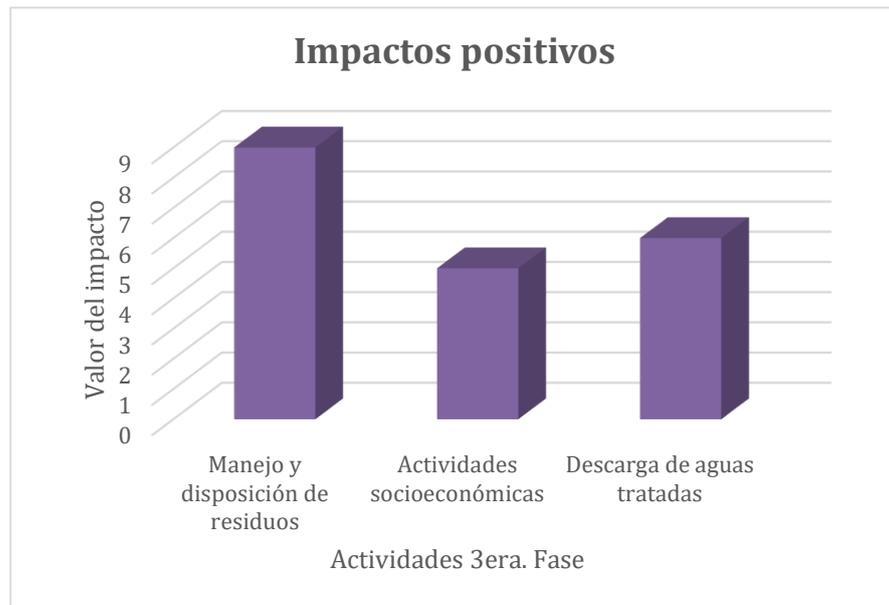


Figura 4.7: Impactos positivos 3era. Fase

4.6. Medidas de prevención/mitigación

Para este apartado se observan los impactos, así como sus posibles medidas a considerar para reducir o minimizar cada una de estas problemáticas.

→ Polvo en el ambiente

Este es uno de los factores que más se aprecia al momento de la etapa de construcción, por lo que representa uno de los factores más graves y de mayor incidencia.

En función del nivel que este alcance en el ambiente se tendrá que humedecer, sin generar acumulaciones de agua en el terreno, en las zonas de tránsito de los vehículos que circulen en la obra. Esto se realizará mediante camiones cisterna.

→ Ruido

Este factor es en cierto modo algo inevitable debido a que es un efecto incontrolable debido a la operación de maquinarias y vehículos. Sin embargo, esto ocurre dentro del área de construcción, por lo que no tiene mayor incidencia en los alrededores;

siempre y cuando no superen los límites de 90 dB a 5 metros. De ser molesto el ruido, el personal deberá contar orejeras para así mitigar dicho factor.

→ Malos olores

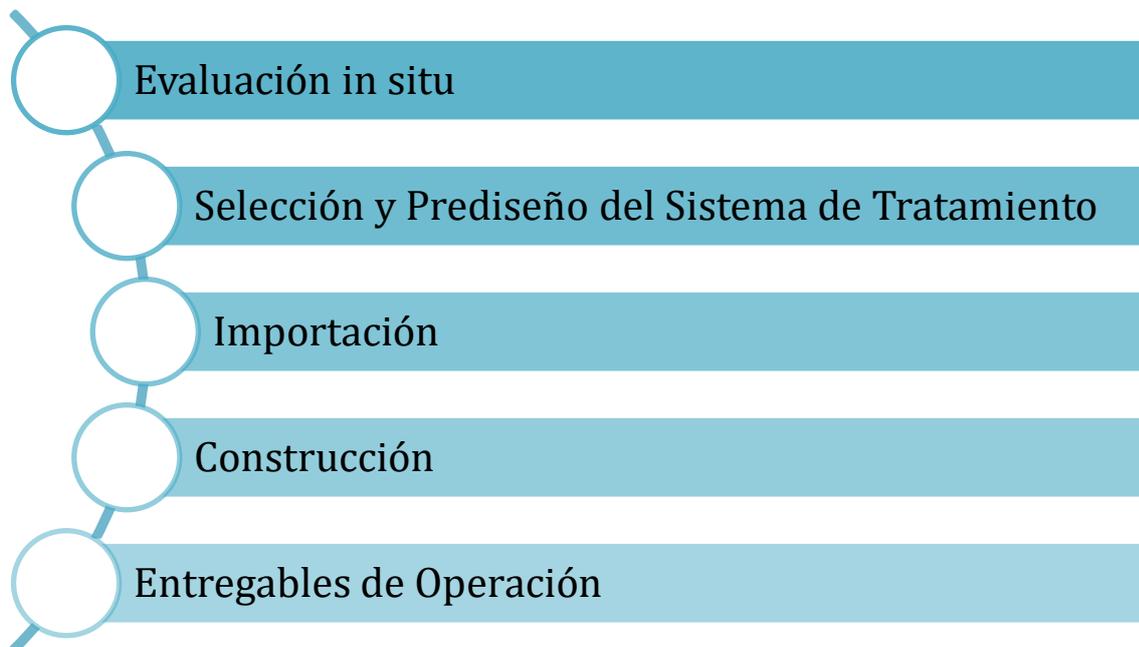
Para el control de este factor totalmente inevitable y normal en el desarrollo de este proyecto, al momento de realizar los controles de funcionamiento de la EDAR, el personal encargado de ello contará obligatoriamente con equipo de protección como lo son el uso de mascarillas con filtro y gafas. Adicionalmente, el personal no estará en contacto directo con este proceso por más de 40 minutos, máximo 50 minutos; y este deberá tomar el respectivo reposo del contacto por lo menos 20 minutos.

CAPITULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

Se presenta un plan para la ejecución del proyecto sistema de tratamiento del agua residual proveniente de las instalaciones del Parque Polifuncional Sergio total, se propone las siguientes etapas como estructura desglosada de trabajo:



A su vez, cada etapa tiene sus actividades correspondientes. A continuación, se presenta las actividades de cada una de las etapas del proyecto.

5.1.1. Evaluación in Situ

En esta etapa se llevan a cabo todas las actividades correspondientes a visitas de campo, evaluación de condiciones en campo, y caracterización de los principales medios abiótico estarán directamente relacionados con la construcción del proyecto. A continuación, se detallan dichas actividades:

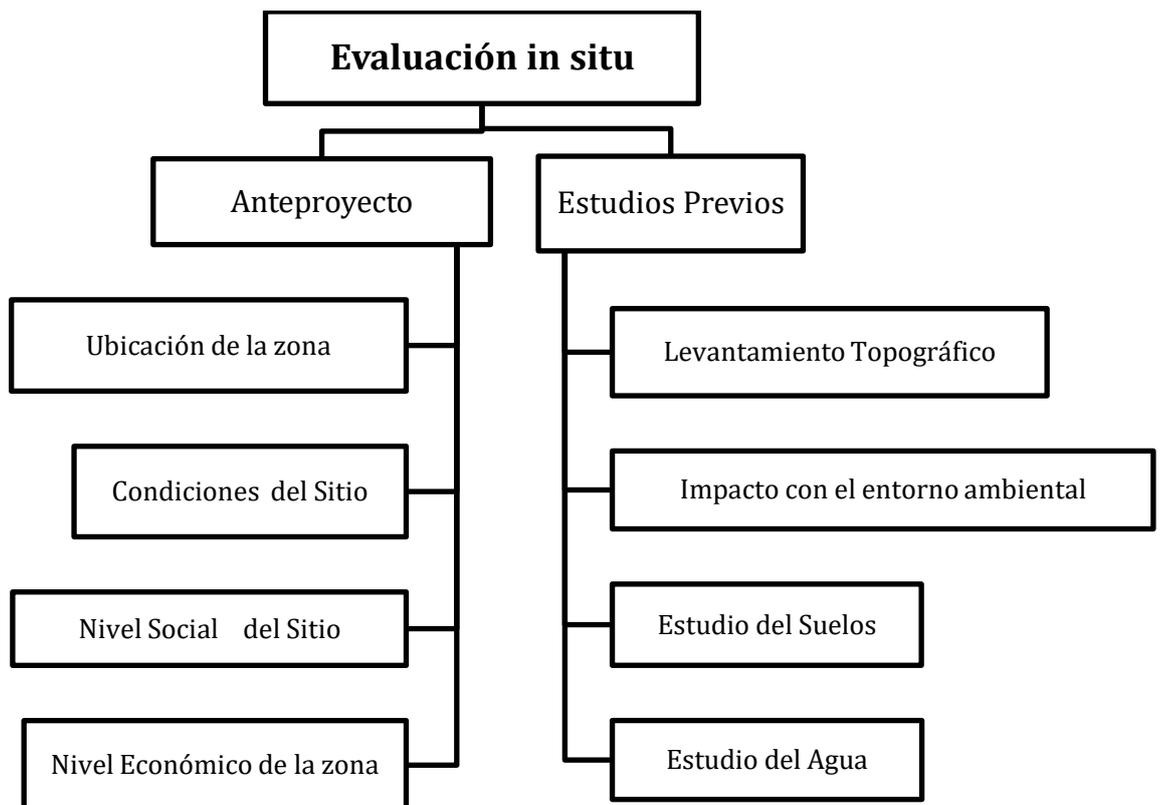


Figura 5.1: Actividades de la Evaluación in situ

5.1.2. Selección y Prediseño del Sistema de Tratamiento

En esta etapa se realiza el análisis comparativo de los distintos sistemas de tratamiento de agua residual existente, para elegir el sistema de tratamiento más idóneo que cumpla con las condiciones existente en sitio (área y desnivel). Una vez ya elegido el Sistema de tratamiento para el Proyecto polifuncional, se procede con el pre-dimensionamiento y diseño estructural de las cámaras correspondientes al pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario de la PTAR.

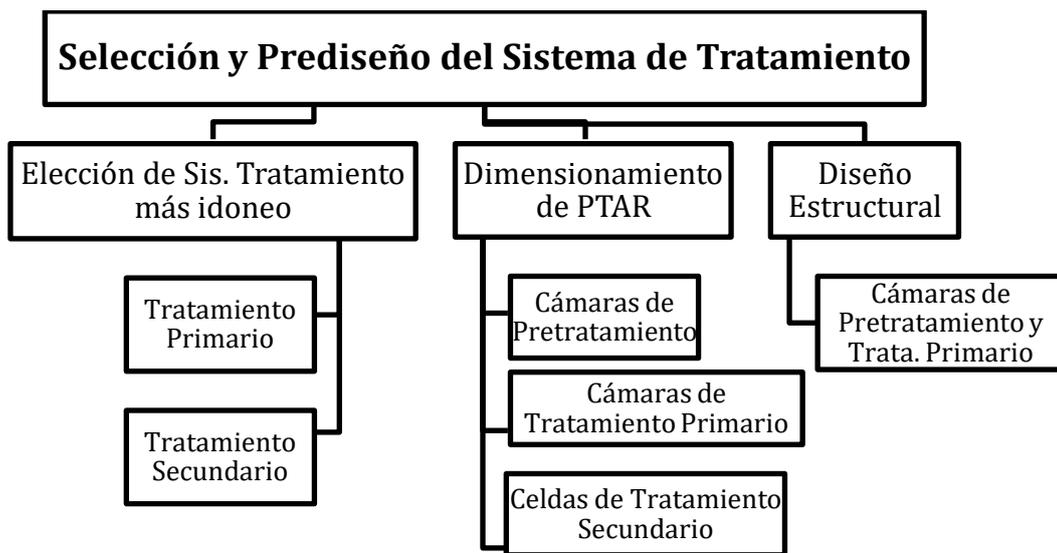


Figura 5.2: Selección del sistema de tratamiento

5.1.3. Importación

Esta etapa corresponde directamente a la adquisición de los materiales, alquiler de maquinarias y contratación de personal técnico y operativo, que serán necesarios para la puesta en ejecución del proyecto.

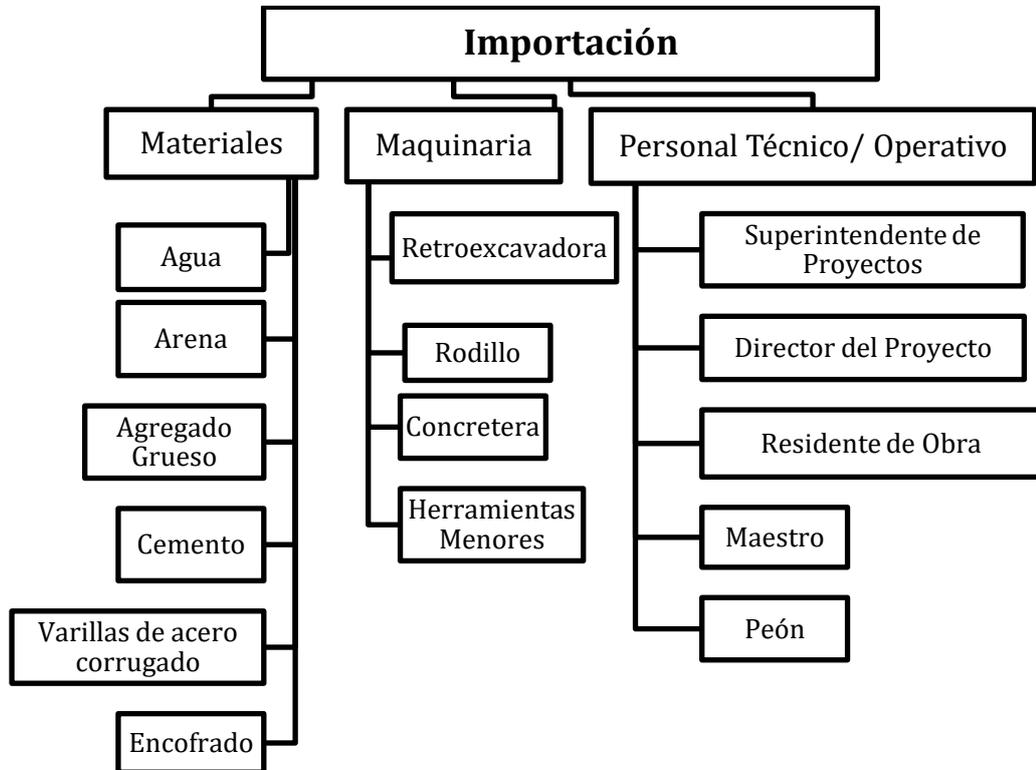


Figura 5.3: Etapa de importación

5.1.4. Construcción

En esta etapa se detallan las actividades que directamente corresponde a las etapas constructivas del proyecto, se detalla a continuación el paquete de rubros que mayor importancia tienen en la ejecución del proyecto.

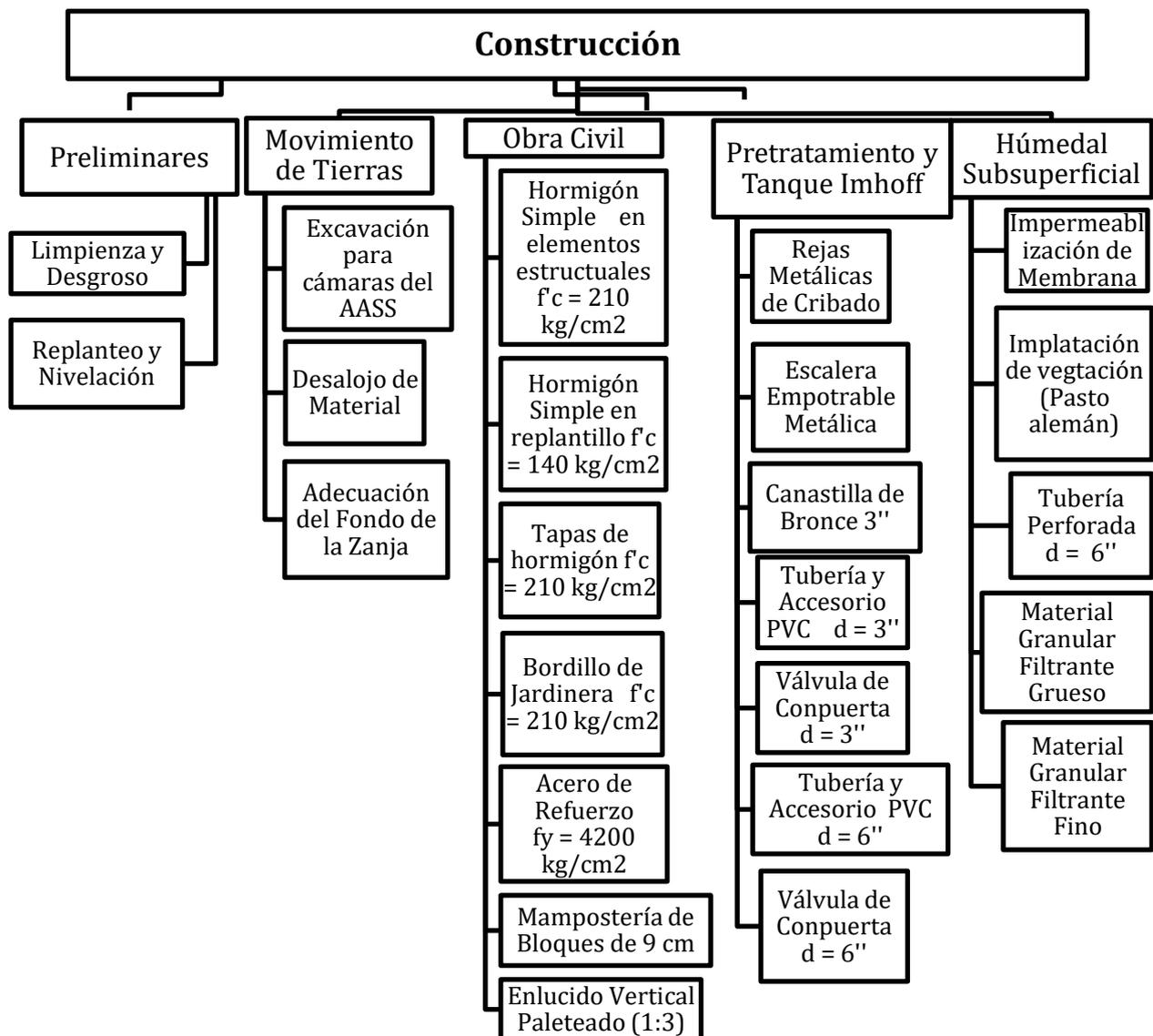


Figura 5.4: Etapa de construcción

5.1.5. Entregables

Esta etapa es la final, y en aquella se presenta toda la documentación correspondiente al proyecto para su correcta ejecución en del desarrollo de este, y que la vez se haga cumplir la normativa legal. Entre estas documentaciones se encuentran memoria técnica de diseño, planos, especificaciones técnicas, presupuesto entre otros...

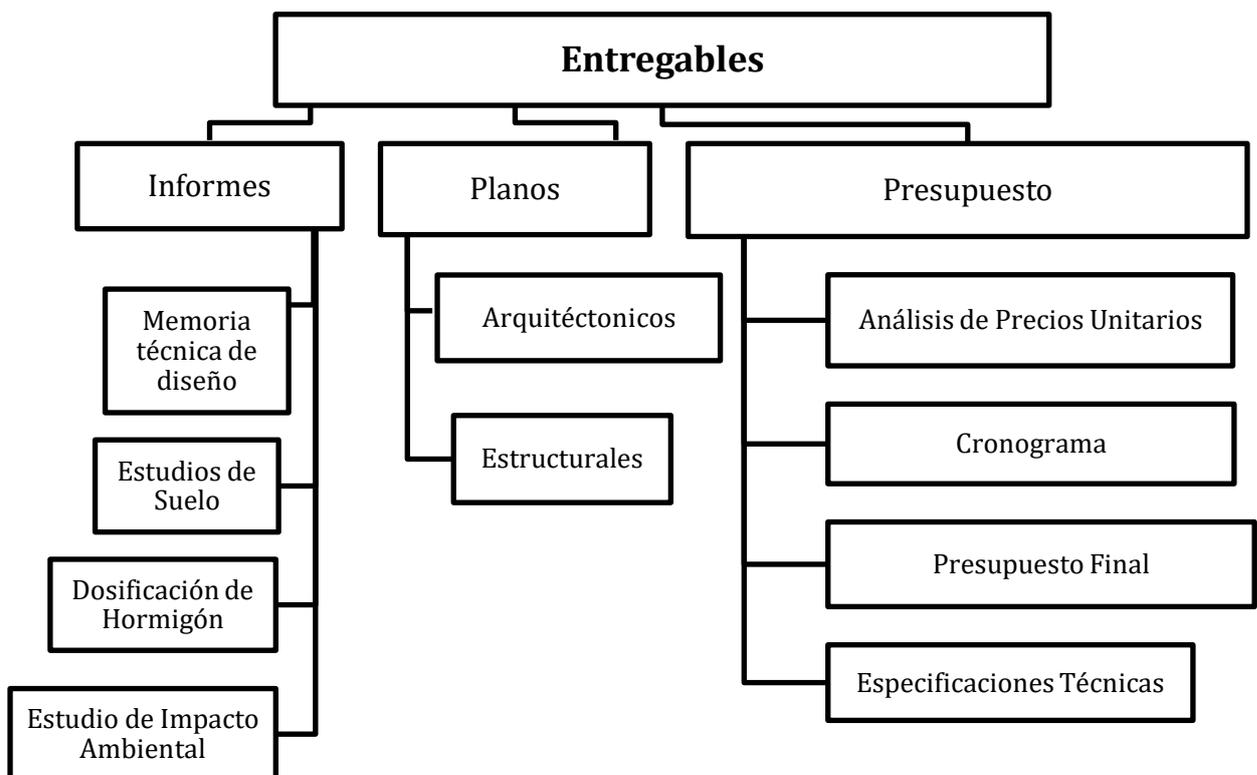


Figura 5.5: Etapa de Entregables

5.2. Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

Los rubros que comprenden el desarrollo del presente proyecto se detallan a continuación, recordando que la fase preliminar de los rubros corresponde al trabajo ya realizado por parte de la Constructora, y los rubros consiguientes corresponden al estudio y análisis elaborado en el presente documento:

Tabla 5.1: Especificación de rubro

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	PRELIMINARES				
1	Limpieza del terreno	m ²	195	\$1.51	\$294.45
2	Trazado y Replanteo	m ²	195	\$2.61	\$508.95
	MOVIMIENTO DE TIERRA				
3	Excavación para cámaras del AASS	m ³	300	\$3.25	\$975.00
4	Desalojo de material	m ³	250	\$2.46	\$615.00
5	Adecuación del fondo de la zanja	m ²	140	\$6.84	\$957.60
	OBRA CIVIL				
6	Hormigón simple en replantillo e = 5 cm, f'c = 140 kg/cm ²	m ²	75	\$8.73	\$654.75
7	Hormigón simple en elemento estructural f'c = 210 kg/cm ² (inc. Encofrado)	m ³	45	\$200.00	\$9,000.00
8	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm ²	Kg	3600	\$1.89	\$6,804.00
9	Hormigón simple en losetas de tapa f'c = 210 kg/cm ² (1m x 0.60 m x 0.09 m)	u	19	\$185.00	\$3,515.00
10	Bordillo de humedal f'c = 210 kg/cm ²	m	60	\$15.56	\$933.60
11	Mampostería de bloques de 9 cm	m ²	80	\$14.00	\$1120.00
12	Enlucido vertical paletado (1:3)	m ²	40	\$9.09	\$363.60
	PRETRATAMIENTO Y TANQUE IMHOFF				
13	Reja metálica de cribado por lote	u	1	\$120.00	\$120.00
14	Escalera empotrable metálica	u	2	\$200.00	\$400.00
15	Canastilla de bronce d = 3"	u	2	\$80.00	\$160.00
16	Tuberías y accesorios PVC desagüe d = 3"	m	12	\$14.69	\$176.28
17	Válvula de compuerta d = 3"	u	2	\$250.00	\$500.00
18	Tuberías y accesorios PVC desagüe d = 6"	m	12	\$26.30	\$315.60
19	Compuerta de volante de acero inoxidable d = 6"	u	4	\$420.00	\$1,680.00
	HUMEDAL SUBSUPERFICIAL				
20	Suministro e instalación de Geomembrana Agro film	m ²	240	\$7.50	\$1,800.00
21	Suministro e instalación de piedra canto rodado	m ³	28	\$6.67	\$186.76
22	Suministro e instalación de tubo perforado d=6"	m	24	\$12.47	\$299.28
23	Suministro e instalación de grava triturada 3/4"	m ³	30	\$32.33	\$969.90
24	Suministro e instalación de grava fina arena de río	m ³	15	\$12.12	\$181.80
25	Implantación de vegetación (Pasto alemán)	u	1952	\$4.50	\$8,784.00
	TOTAL				\$41,315.57

La tabla mostrada anteriormente, corresponde al presupuesto total con el costo de cada uno de los rubros o actividades a realizarse durante la construcción civil del

proyecto, el costo de cada rubro depende de la cantidad necesaria de construcción en obra y del Análisis de los Precios Unitarios (APUS) que tenga cada actividad. A continuación, se detalla el APUS del Rubro No.7: “Hormigón simple en elemento estructural f’c = 210 kg/cm2 (inc. Encofrado)”.

Tabla 5.2: Ejemplificación del APU correspondiente al Rubro indicado

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						Rubro No. 7
RUBRO: HORMIGON SIMPLE EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES F’C= 210 KG/CM2 (INC. ENCOFRADO)					UNIDAD: m3	
DETALLE:						
EQUIPOS						
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Herra. Menores (5% M/O)		0.050			3.07440	
Vibrador de manguera	1.00	2.000	2.000	4.00000	8.00000	
SUBTOTAL M					11.07440	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN (CATEG)	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.200	4.060	0.812	4.000	3.24800	
Albañil (Estr. Ocup. D2)	2.000	3.660	7.320	4.000	29.28000	
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.000	3.620	7.240	4.000	28.96000	
SUBTOTAL N					61.48800	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
		A	B	C=A*B		
HORMIGON F’C 210 KG/CM2	m3	1.000	71.351	71.35100		
ENCOFRADO DE MADERA	U	1.000	30.000	30.00000		
SUBTOTAL O					101.35100	
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O)					173.91304	
INDIRECTOS Y UTILIDADES				15.00%	26.087	
OTROS INDIRECTOS				0.00%	0.000	
COSTO TOTAL DE RUBRO					236.396	
VALOR OFERTADO					200.00	

Se detalla el APUS correspondiente al Rubro No.7: “Hormigón simple en elemento estructural f’c = 210 kg/cm2 (inc. Encofrado)”, ya que es uno de los más representativos. El detalle de los demás APUS se encuentran en la sección de anexos.

Los cálculos de estimación de cantidades de todos los rubros Especificar cómo se realizó la cuantificación de los diferentes rubros. En caso de que las cantidades se obtengan mediante un software especificar este detalle.

5.3. Descripción de cantidades de obra

Para estimar las cantidades de rubros necesarias para la construcción del PTAR, se utilizaron únicamente el software de AUTOCAD 2023 y EXCEL. A continuación, se ejemplifica el cálculo de volumen de hormigón de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ correspondiente al Rubro No. 7.

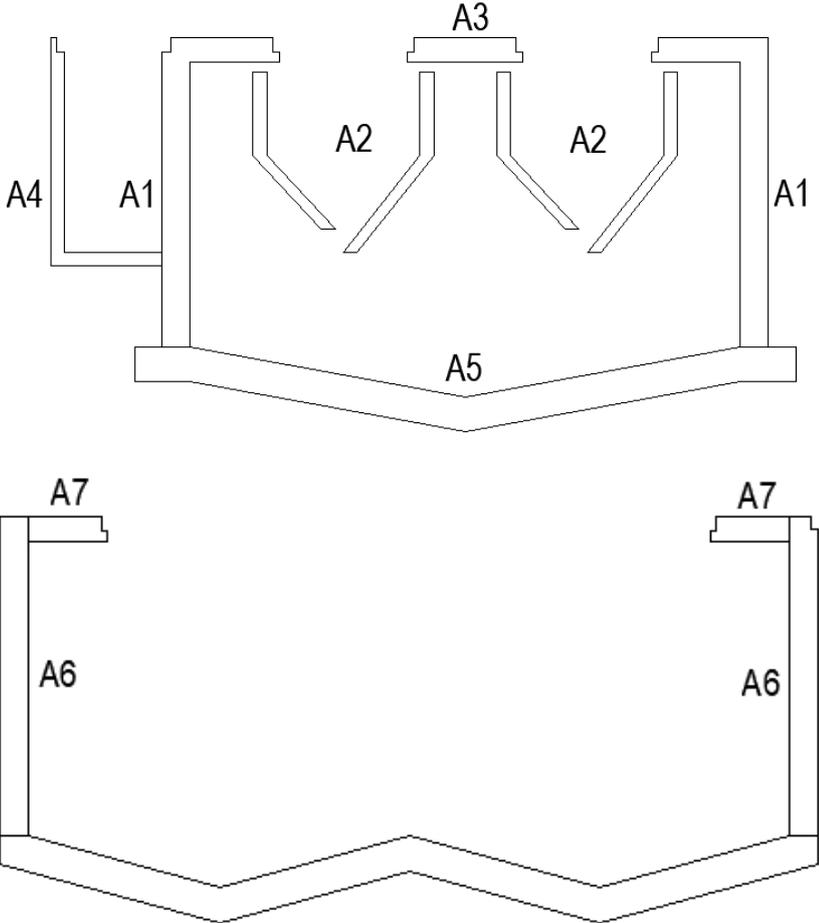


Figura 5.5: Cuantificación del volumen de hormigón para el Tanque Imhoff

Las áreas transversales del Tanque Imhoff (figura 5.5 y 5.6), se estimaron a partir del programa AutoCAD 2023, con el valor del área se procedió a través de Excel a estimar el volumen de hormigón de fundición a través de la siguiente manera.

Tabla 5.3: Resultados de Volumen en el Tanque Imhoff

Volumen Transversal a lo largo del tanque	A1 (d)	1.1076	m2
	A2 (e)	0.4948	m2
	A3 (f)	0.134	m2
	AT (a = d+e+f)	1.7364	m2
	L (b)	5.3	m
	V (c = a*b)	9.2	m3
Volumen Transversal Losa Inferior	A5 (a)	1.187	m2
	L (b)	5.88	m
	V5 (c = a*b)	6.98	m3
Volumen cámaras control extracción de lodos	A4 (a)	0.2289	m2
	L (b)	1.9	m
	V4 (c = a*b)	0.43	m3
Volumen transversal a lo ancho del tanque	A6 (a)	0.8964	m2
	L (b)	4.35	m
	V6 (c = a*b)	3.9	m3
Volumen a lo ancho del tanque Losa superior	A7 (a)	0.3656	m2
	L (b)	1.02	m
	V7 (c = a*b)	0.37	m3
Volumen Total Tanque Imhoff		20.9	m3

El mismo procedimiento se lo realizo para las demás cámaras propuestas en planos, como también para los cimientos de las celdas de humedal propuesta.

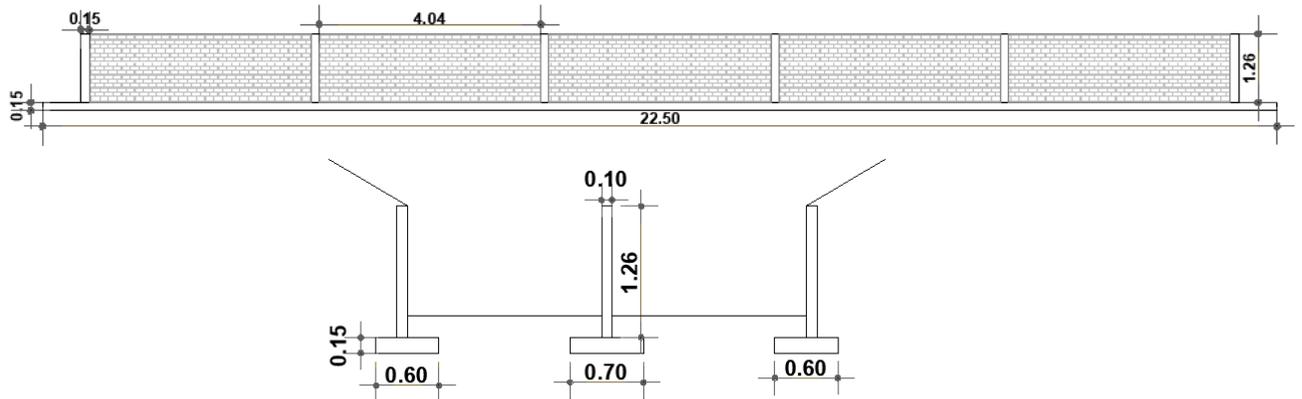


Figura 5.6: Procedimiento para determinar el volumen para los cimientos

Finalmente, el volumen final de hormigón necesario para la ejecución del proyecto es de:

$$V_{\text{hormigón}} = 42 \text{ m}^3$$

Pero considerando el desperdicio que siempre se da durante la construcción, se cuantifica un volumen final de:

$$V_{\text{hormigón}} = 45 \text{ m}^3$$

Con este valor de volumen de hormigón y haciendo uso del valor de cuantía estándar de acero para presupuestos, se estima el pesaje máximo de acero de refuerzo total que puede llegar a tener nuestro armado estructural las cámaras de tratamiento y los cimientos del humedal. Aquello se detalla a continuación:

$$\text{Cuantía estandar: } \rho_{\text{estandar}} = 80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso Total acero de refuerzo} = V_{\text{hormigón}} * \rho_{\text{estandar}}$$

$$\text{Peso Total acero} = 45 \text{ m}^3 * 80 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso Total acero} = 3600 \text{ Kg}$$

Esta cantidad de peso de acero es el valor que va en el presupuesto para el Rubro No. 8 con nombre “Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ”

5.4. Valoración integral del costo del proyecto

Con el fin de realizar un análisis comparativo entre el costo total de inversión para la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Residual propuesta y el presupuesto estimado para la construcción de una PTAR en la comunidad de Tabacay, cantón Azogues en la provincia de Cuenca realizado por (García & Ludizaca, 2017), la cual fue prediseñada para una población de 340 habitantes, siendo esta una población considerablemente similar a la del presente proyecto. En la siguiente tabla se detalla los costos de construcción de la PTAR en la Provincia de Cañar y de la PTAR propuesta para el Parque Polifuncional a modo de comparación.

Tabla 5.4: Comparación de costo de la obra

Proyecto de Tratamiento Agua Residual	Población	Costo de la obra
PTAR en la Provincia de Cañar, Azogues, Comunidad Tabacay	340 hab.	\$ 41,166.51
PTAR Proyecto Polifuncional Sergio Toral Etapa 1	150 hab.	\$ 41,315.57

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Para la alternativa más adecuada se analizaron 3 alternativas de sistemas de tratamiento diferentes para el tratamiento secundario. Para la selección de la alternativa se realizó un análisis comparativo de criterios y subcriterios que evaluaban cada componente para determinar el sistema que más asemejaba a un sistema ideal. En el análisis se concluyó que el sistema más adecuado para el proyecto es el de la alternativa 2, siendo el de Humedales Artificiales Subsuperficiales.
- Con el diseño de cada uno de los sistemas de tratamiento analizados para el agua residual, considerando únicamente el criterio Técnico y su subcriterio Área de la EDAR, se concluye que el área asignada es suficiente para la construcción de la EDAR y funcione correctamente con todas las consideraciones pertinentes.
- Se diseñó un sistema de tratamiento adecuado para el agua residual del Centro Polifuncional Sergio Toral Etapa I. El proceso consiste en un pre-tratamiento seguido de una cámara de sedimentación, que luego pasa al tanque Imhoff; después pasa al sistema de tratamiento como tal que es el humedal para finalmente pasar al lecho de secados (disposición de lodos) y su efluente al canal.
- Según la naturaleza del diseño para el tratamiento del agua residual y las características con la que esta entraría a la EDAR, se puede concluir que el agua descargada, efluente, está en correctas condiciones para ingresar al canal cumpliendo todos los parámetros que demanda la normativa TULSMA.

Recomendaciones

- La aplicación de este sistema de tratamiento en otro proyecto de similar o distintas características dependerá, principalmente, del caudal con el que se ingresa a la EDAR y de la calidad del agua que se requiera tratar para un diseño de afluente bajo normativas limitantes en parámetros del agua.
- Como se analizó en el estudio del impacto ambiental que se genera en el desarrollo del presente proyecto, es necesario contar con un plan detallado de manejo para que se puedan evitar o mitigar los problemas que se generan y las situaciones de riesgo a las que se está expuesto.
- Para determinar la correcta operación del sistema, se debe realizar una revisión periódica al caudal saliente de la EDAR hacia el canal para corroborar y finiquitar dudas con respecto a la funcionabilidad y eficiencia del diseño, esto mediante la realización de ensayos y pruebas de la calidad del agua.
- Para un mejor uso y mayor aprovechamiento del agua resultante, se debería considerar la reutilización del agua tratada para los sistemas que comprendan utilización de agua dentro del mismo proyecto, esto con la finalidad de crear un sistema circulante dentro del mismo parque y no represente descargas adicionales al canal.
- Se propone a la Constructora la revaloración del área destinada para la PTAR, considerando tener un extra para la Cámara de Lechos de Secados. Con esto se conseguiría reducir el costo de Operación y Mantenimiento, ya que no se requerirá de la visita continua del camión de limpieza Hidrocleaner para la extracción de lixiviados, que podría representar un gasto adicional importante y frecuente en el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Avalos, M. L., Borja Mayorga, D. F., & García Veloz, M. J. (2021). *Diseño y cotización de una planta de tratamiento de aguas residuales para parroquias rurales del Cantón Riobamba - Provincia de Chimborazo-Ecuador*. Chimborazo, Ecuador: Cociencia Digital.
- Chafloque, W. C., & Gómez, E. J. (28 de enero de 2012). Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 9(17), 85-96. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/699>
- Cisneros, B. J. (2014). *Water Recycling and Reuse*. Paris: Ahuja. doi:10.1016/B978-0-12-411645-0.00018-3
- Del Carmen Gastañaga, M. (2018). Agua, saneamiento y salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. Obtenido de <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3732>
- Environment, U. N. (26 de Agosto de 2018). *UNWATER*. Obtenido de Progress for Ambient Water Quality. Piloting the monitoring methodology and initial findings for SDG 6 indicator 6.3.2: <https://www.unwater.org/publications/progress-ambient-water-quality-piloting-monitoring-methodology-and-initial-findings>
- García , J., & Corzo, A. (2008). *Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial*. Barcelona: Guía Práctica de Diseño.
- García Gómez, C., Gortáez Moroyoqui, P., & Drogui, P. (agosto de 2011). Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. *Química Viva*, 10(2), 96-105. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86319141004>
- García, A., & Ludizaca, W. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA COMUNIDAD DEL TABACAY, CANTÓN AZOGUES, PROVINCIA DE CAÑAR*. Universidad de Cuenca. Cuenca: Facultad de Ciencias Químicas.
- HINOSTROZA SANCHEZ, J., & MOSCOSO BARBOZA, E. (2014). *CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE BIODISCOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS*

RESIDUALES URBANAS DE LOS EFLUENTES “LAS VIRGENES”.
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, FACULTAD DE
INGENIERÍA QUÍMICA. HUANCAYO, PERÚ: UNIVERSIDAD EMPREDORA.

Muñoz-Nava, H., & Baumann, J. (2016). *Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal.* Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología. San Felipe Ixtacuixtla, Tlaxcala, México: Ecosistema y Recursos Agropecuarios. Recuperado el 21 de Octubre de 2016

Sánchez, A. M. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ZONA SURESTE DE LA CIUDAD DE MERA, PROVINCIA DE PASTAZA.* Ambato.

TIERRA, F. D. (2021). *PRE-DISEÑO DE HUMEDAL ARTIFICIAL PARA LA ZONA 3 DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO DE LA ESPOL.* GUAYAQUIL, ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

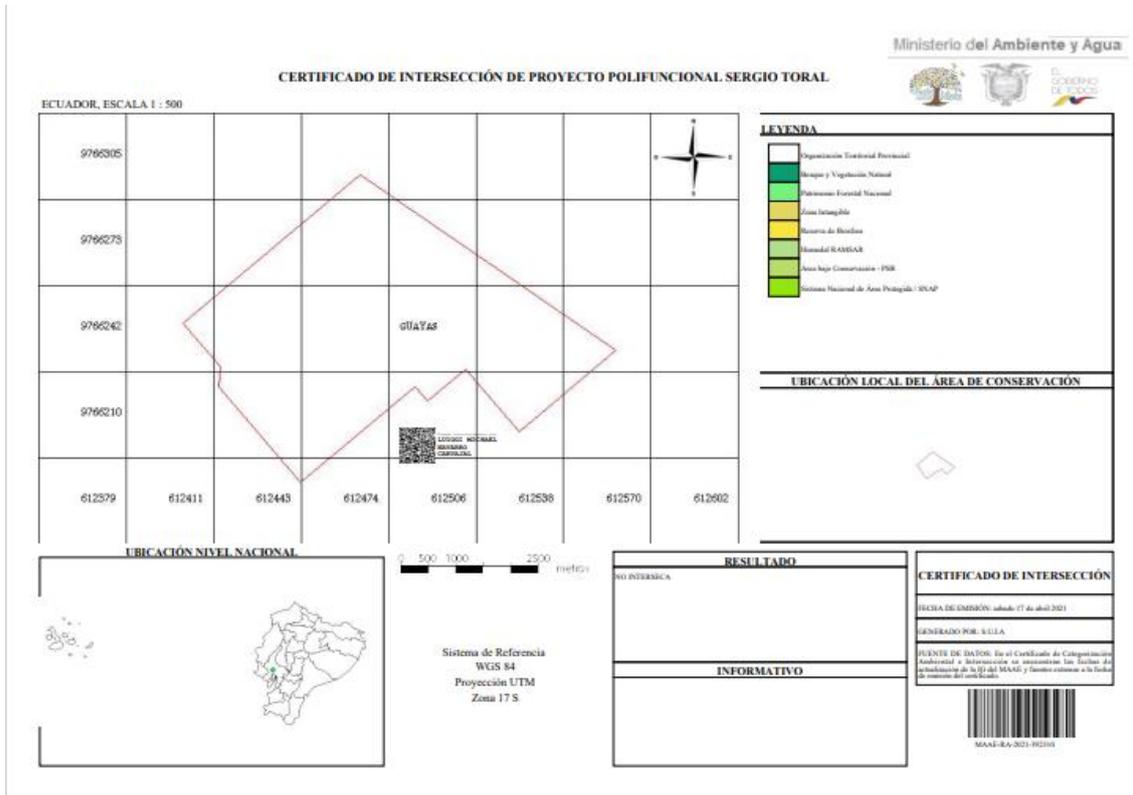
TULSMA. (2003). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes.* Quito.

Vela, I. (2018). *Eficiencia de un Tanque Imhoff-HA a escala, para mejorar la calidad de las aguas servidas municipales del distrito de Habana, Moyobamba.* UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO. Moyobamba: Facultad de Ecología.

Zumbado, U. G. (2019). *PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL HOSPITAL PSIQUIÁTRICO ROBERTO CHACÓN PAUT, LA UNIÓN, CARTAGO, COSTA RICA.* Costa Rica: Heredia.

PLANOS Y ANEXOS

Anexo 1 Certificado de intersección



LABORATORIO DE SANITARIA
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO- QUIMICO DE AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS

MUESTRA COMPUESTA											
PARAMETROS	VALORES ENCONTRADOS										
	05/09/2013	14/09/2013	30/09/2013	17/10/2013	31/10/2013	20/11/2013	21/11/2013	11/12/2013	18/12/2013	UNIDAD	OBSERVACION
FECHA	Rango comprendido entre las 9:00 am - 16:00 pm										
HORA	Rango comprendido entre las 9:00 am - 16:00 pm										
TEMPERATURA	16	16	17	16	16	16	16	16	16	°C	in situ
TURBIEDAD	143	148	691	73,1	55,3	56,5	91	110	29,3	NTU/LTU	
CONDUCTIVIDAD	563	671	429	383	359	449	569	416	317	microsie mers/cm	
SOLIDOS TOTALES	841	934	625	427	308	339	553	577	236	mg/l	
SOLIDOS TOTALES FIJOS	228	240	205	137	104	151	170	216	130	mg/l	
SOLIDOS TOTALES VOLATILES	613	694	420	290	204	188	383	361	106	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	236	196	185	137	94	105	187	69	41	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS	18	2	13	19	11	11	12	27	5	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	218	194	172	118	83	94	175	42	35	mg/l	
SOLIDOS DISUeltOS TOTALES	605	738	441	290	214	234	366	408	195	mg/l	
SOLIDOS DISUeltOS FIJOS	210	238	193	118	93	140	158	89	124	mg/l	
SOLIDOS DISUeltOS VOLATILES	395	500	248	172	121	94	208	219	71	mg/l	
SOLIDOS SUSPENDIDOS SEDIMENTABLES	2,5	4,5	3	3,5	3,5	1,5	2	2,5	0,5	mg/l	
pH	6,58	5,69	6,69	7,17	7,16	7,63	6,54	7,06	6,19		
ALCALINIDAD TOTAL	395	106	120	100	110	192	130	75	104	mg/l CaCO ₃	
DUREZA TOTAL		78	74	52	72	70	74	58	84	mg/l CaCO ₃	
Ca ⁺⁺		17,6	20,8	16,8	17,6	23,2	22,4	20	20,8	mg/l	
Mg ⁺⁺		8,26	5,34	2,43	3,88	2,91	4,37	194	7,77	mg/l	por cálculo
Na ⁺⁺	30	52	29	36	25	25	22	10	9	mg/l	
K ⁺⁺	11,2	23,2	16,7	17	10,6	18,5	14,6	9,9	6,4	mg/l	
CLORUROS		76	41	43	35	45	48	31	27	mg/l	
SULFATOS				192,54	20,29	19,06	26,03	32,56	20,31	mg/l	
P-ORTOFOSFATO REACTIVO	5,25	2,67	4,6	3,21	2,76	3,44	3,15	3,31	2,1	mg/l	como fósforo
P-ORTOFOSFATO TOTAL	28,5	31,1	39,8	45	52,8	49,3	42,8	58,5	65,8	mg/l	como fósforo
N. NITRITOS	80,51	17,48	12,23	77,27	225	219,5	37,28	50	39,3	mg/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0,9	0,41	0,218	0,227	0,66	0,2	0,25	0,309	0,36	mg/l	como Nitrógeno
N. AMONIACAL	2,24	2,8	11	16,8	7,28	16,8	7,84	11,3	10,5	mg/l	como Nitrógeno
N. ORGANICO	8,4	12,88	11	16,24	27,44	23,24	6,68	19,2	17,1	mg/l	como Nitrógeno
N. TOTAL	10,64	15,68	23	33,04	34,72	40,04	23,52	29,5	27,3	mg/l	como Nitrógeno
FLUORUROS	0,85	0,64	0,57	0,53	0,63	0,54	0,62	0,66	0,63	mg/l	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	340,62	832,7	594	472	256	1480	580	590	312	mg/l	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO 5	484,8	45	318,3	263,8	205	1140	360	390	277,5	mg/l	
OBSERVACIONES					DBO ₅ intererida por presencia de tóxicos	La muestra presenta un pronunciado olor a medicamento					

Valores de los parámetros en el afluente, efluente 1 y efluente 2 – muestreo 5

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente 1	Efluente 2
pH	Unidad	7.53	7.17	7.00
Temperatura	°C	26.00	25.40	25.10
Turbidez	UNT	54.54	21.52	6.89
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	208.00	115.00	8.00
Nitratos	mg/l	0.07	0.05	0.04
Fosfatos	mg/l	11.21	8.15	3.33
DBO ₅	mg/l	107.18	54.99	3.69

Valores de los parámetros en el afluente, efluente 1 y efluente 2 – muestreo 4

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente 1	Efluente 2
pH	Unidad	7.61	7.26	7.05
Temperatura	°C	26.20	25.80	25.50
Turbidez	UNT	48.80	29.87	8.35
Sólidos Totales en Suspensión	mg/l	201.00	109.00	13.00
Nitratos	mg/l	0.12	0.09	0.07
Fosfatos	mg/l	11.02	8.64	3.42
DBO ₅	mg/l	96.12	53.87	4.30

Valores de los parámetros en el afluente, efluente 1 y efluente 2 – muestreo 3

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente 1	Efluente 2
pH	Unidad	7.54	7.38	7.03
Temperatura	°C	25.60	25.30	25.10
Turbidez	UNT	59.75	36.15	7.38
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/l	198.00	104.00	10.00
Nitratos	mg/l	0.07	0.06	0.05
Fosfatos	mg/l	14.40	10.56	4.62
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	102.50	45.13	5.16

Valores de los parámetros en el afluente, efluente 1 y efluente 2 – muestreo 2

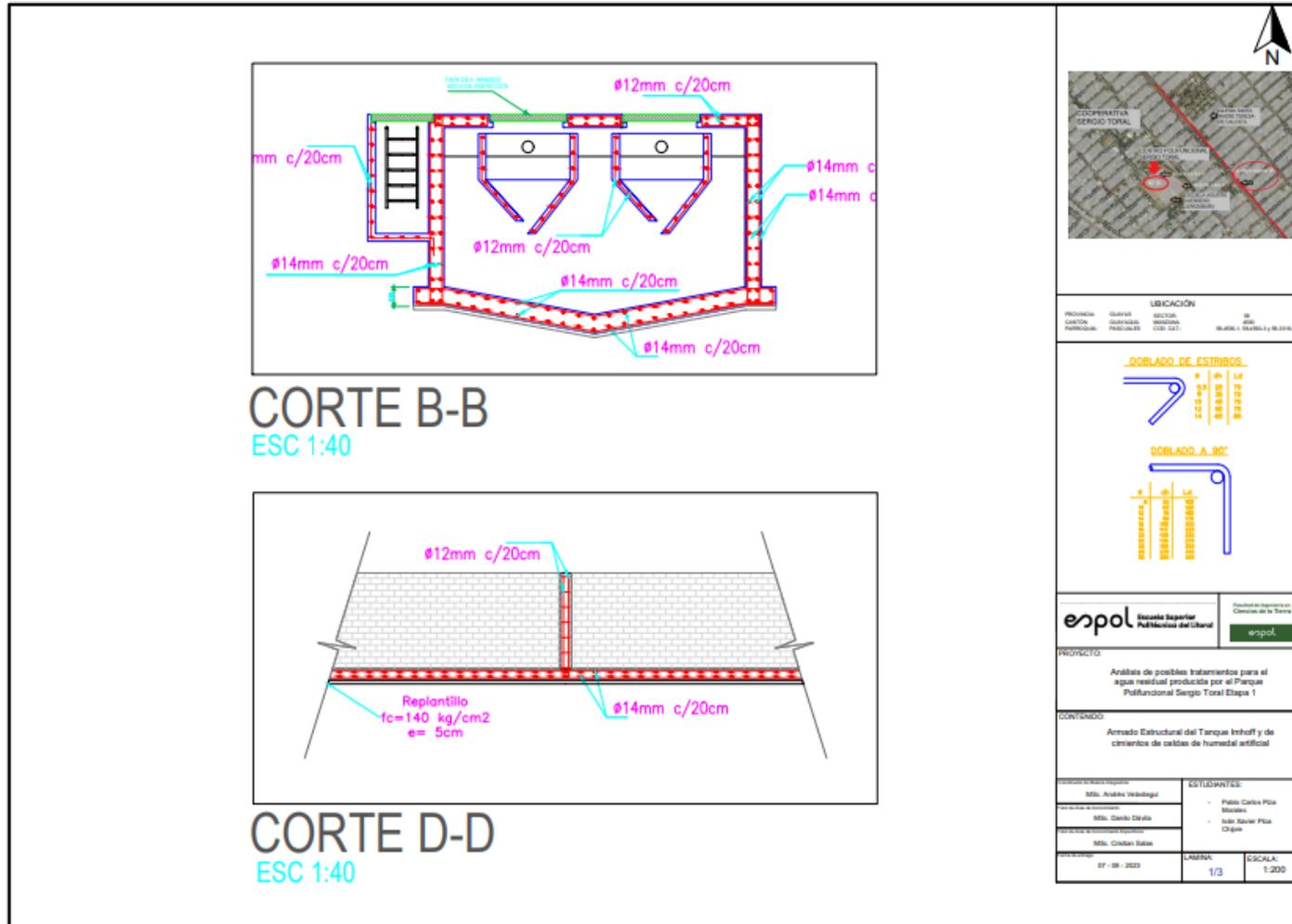
Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente 1	Efluente 2
pH	Unidad	7.31	7.21	7.06
Temperatura	°C	25.40	25.30	25.00
Turbidez	UNT	41.52	26.48	8.47
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/l	192.00	102.00	9.00
Nitratos	mg/l	0.10	0.08	0.06
Fosfatos	mg/l	10.13	8.40	3.67
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	106.82	60.80	5.82

Valores de los parámetros en el afluente, efluente 1 y efluente 2 – muestreo 1

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente 1	Efluente 2
pH	Unidad	7.50	7.30	7.12
Temperatura	°C	26.00	25.40	25.30
Turbidez	UNT	55.87	25.38	9.38
Sólidos Totales en Suspensión (SST)	mg/l	206.00	112.00	12.00
Nitratos	mg/l	0.31	0.25	0.23
Fosfatos	mg/l	12.21	10.10	5.26
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/l	98.00	51.96	11.45

Plano 3

Corte del Plano estructural del Tanque Imhoff



1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO URBANIKAD

PTAR POLIFUNCIONALSERGIO TORAL

HOJA 1 DE 218

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Limpieza del terreno

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.06271
SUBTOTAL M					0.06271
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Peón (Estr. Ocup. E2)	0.100	3.620	0.362	0.100	0.03620
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	3.000	4.060	12.180	0.100	1.21800
SUBTOTAL N					1.25420
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	

SUBTOTAL O				0.00000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0.00000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.31691
INDIRECTOS Y UTILIDADES 15.00%	0.198
OTROS INDIRECTOS 0.00%	0.000
COSTO TOTAL DE RUBRO	1.515
VALOR OFERTADO	1.51

1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO
URBANIKAD

LICO-GSXXI-008-2021

HOJA 2 DE
218

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Trazado y Replanteo

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.00886
Equipo de topografía	1.00	3.000	3.000	0.04000	0.12000
Estacion Total	1.00	24.000	24.000	0.04000	0.96000
SUBTOTAL M					1.08886
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Topógrafo 1 (Estr. Ocup. C1)	0.200	4.060	0.812	0.040	0.03248
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.000	3.620	3.620	0.040	0.14480
SUBTOTAL N					0.17728
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
Tira de eucalipto 2.50x2x250 (cm)	u	0.080	0.812	0.06493	
Clavos de 2 " a 31/2"	kg	0.030	1.551	0.04653	
Pingos de eucalipto 4 a 7 m x 0.30	m	0.090	0.541	0.04870	

SUBTOTAL O				0.16016
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0.00000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	1.42630
INDIRECTOS Y UTILIDADES	
15.00%	0.214
OTROS INDIRECTOS	
0.00%	0.000
COSTO TOTAL DE RUBRO	1.640
VALOR OFERTADO	1.64

1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO URBANIKAD

LICO-GSXXI-008-2021

**HOJA 21 DE
218**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación para cámaras del AASS

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.05190
Excavadora	1.00	40.000	40.000	0.061	2.43520
Volqueta	1.00	20.000	20.000	0.061	1.21760
SUBTOTAL M					3.70470
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.100	4.060	0.406	0.061	0.02472
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.000	3.660	3.660	0.061	0.22282
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.000	3.620	3.620	0.061	0.22039
Operador de Excavadora (Estr. Oc. C1)	1.000	4.060	4.060	0.061	0.24700
CHOFER: Volquetas (Estr. Oc. C1)	1.000	5.310	5.310	0.061	0.32300
SUBTOTAL N					1.03793
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	

SUBTOTAL O				0.00000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0.00000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.74263
INDIRECTOS Y UTILIDADES	
15.00%	0.711
OTROS INDIRECTOS	
0.00%	0.000
COSTO TOTAL DE RUBRO	5.454
VALOR OFERTADO	3.25

1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO URBANIKAD

LICO-GSXXI-008-2021

HOJA 21 DE
218

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Desalojo de material

UNIDAD: m3

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.05190
Excavadora	1.00	40.000	40.000	0.061	2.43520
Volqueta	1.00	20.000	20.000	0.061	1.21760
SUBTOTAL M					3.70470
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.100	4.060	0.406	0.061	0.02472
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.000	3.660	3.660	0.061	0.22282
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.000	3.620	3.620	0.061	0.22039
Operador de Excavadora (Estr. Oc. C1)	1.000	4.060	4.060	0.061	0.24700
CHOFER: Volquetas (Estr. Oc. C1)	1.000	5.310	5.310	0.061	0.32300
SUBTOTAL N					1.03793
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	

SUBTOTAL O				0.00000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0.00000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.74263
INDIRECTOS Y UTILIDADES	
15.00%	0.711
OTROS INDIRECTOS	
0.00%	0.000
COSTO TOTAL DE RUBRO	5.454
VALOR OFERTADO	2.46

1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO URBANIKAD

LICO-GSXXI-008-2021

**HOJA 21 DE
218**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Adecuación del fondo de la zanja

UNIDAD: M2

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.05190
Excavadora	1.00	40.000	40.000	0.061	2.43520
Volqueta	1.00	20.000	20.000	0.061	1.21760
SUBTOTAL M					3.70470
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.100	4.060	0.406	0.061	0.02472
Albañil (Estr. Ocup. D2)	1.000	3.660	3.660	0.061	0.22282
Peón (Estr. Ocup. E2)	1.000	3.620	3.620	0.061	0.22039
Operador de Excavadora (Estr. Oc. C1)	1.000	4.060	4.060	0.061	0.24700
CHOFER: Volquetas (Estr. Oc. C1)	1.000	5.310	5.310	0.061	0.32300
SUBTOTAL N					1.03793
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	

SUBTOTAL O				0.00000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
		A	B	C=A*B
SUBTOTAL P				0.00000

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	4.74263
INDIRECTOS Y UTILIDADES	
15.00%	0.711
OTROS INDIRECTOS	
0.00%	0.000
COSTO TOTAL DE RUBRO	5.454
VALOR OFERTADO	6.84

1.6 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: CONSORCIO
URBANIKAD

LICO-GSXXI-008-2021

HOJA 22 DE 218

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Hormigón simple en replantillo e = 5 cm f'c = 140 kg/cm2

UNIDAD: m2

DETALLE:

EQUIPOS					
<u>DESCRIPCION</u>	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Herramienta Menores (5% M/O)		0.050			0.04026
SUBTOTAL M					0.04026
MANO DE OBRA					
<u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)	0.200	4.060	0.812	0.100	0.08120
Peón (Estr. Ocup. E2)	2.000	3.620	7.240	0.100	0.72400
SUBTOTAL N					0.80520
MATERIALES					
<u>DESCRIPCIÓN</u>	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C=A*B	
HORMIGON 140 KG/CM2	M3	0.050	105.000	5.25000	
ENCOFRADO DE MADERA	U	0.250	6.000	1.50000	

