

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Diseño de una alternativa ecológica para el manejo de las aguas servidas  
en la ciudad de Caluma, Prov. Bolívar

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

#### **Ingeniero Civil**

Presentado por:

Baque Pibaque Christian Harold

Zavala Flores Jairo Fernando

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a mis padres, a mi familia, seres queridos que me cuidan desde el cielo y a todos quienes me brindaron su apoyo incondicional, y se volvieron mi motor de motivación constante para lograr mis metas durante todo este tiempo.

**Christian Harold Baque Pibaque**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto se lo dedico a Dios, quien me ha dado la fuerza necesaria para superar todos los obstáculos que se me han presentado a lo largo de mi carrera universitaria; se lo dedico también a mis padres y mis hermanos, quienes han estado junto a mi en todo momento dándome su apoyo incondicional para alcanzar cada una de las metas que me he propuesto. Finalmente quiero dedicar este proyecto a mis abuelitos, Jorge Zabala y Pedro Flores, quienes no están a mi lado físicamente pero estoy seguro que desde el cielo, me han estado acompañando en todo momento y han sido un pilar fundamental en el aspecto motivacional para que yo haya llegado al lugar donde ahora estoy.

**Jairo Fernando Zavala Flores**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a mi mamá por darme el apoyo, la motivación que necesitaba en el momento correcto, motor para continuar y lograr todas mis metas, agradezco al resto de mi familia que también me acompañaron a lo largo de mi carrera universitaria dándome los ánimos para no rendirme y continuar.

Agradezco a todos los profesores que me formaron y me educaron para ser un excelente profesional en especial al Msc. Cristian Salas por apoyarnos y guiarnos a lo largo de este proyecto, también una mención para el Dr Miguel Ángel Chávez, que nos ayudo en lo posible para la realización de este proyecto.

Agradezco también a mi compañero Jairo Zavala que con su trabajo duro logramos realizar este proyecto.

**Christian Harold Baque Pibaque**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Dios, por permitirme culminar exitosamente una etapa más de mi vida; a mis padres, que día tras día han hecho hasta lo imposible para que yo tenga la única preocupación de estudiar y finalizar mi carrera, sacrificando muchas cosas y dándome el apoyo que necesité en los momentos más difíciles de mi vida. Sin ellos a mi lado, nada de lo que hasta ahora he logrado habría sido posible.

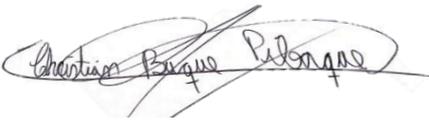
Agradezco también a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo durante toda mi carrera universitaria, en especial al Msc. Cristian Salas, nuestro tutor y guía durante el desarrollo del presente proyecto, así como al PhD. Miguel Ángel Chávez, quién también fue un apoyo invaluable durante esta etapa.

Finalmente agradezco a todos los verdadero amigos que pude hacer durante mi vida universitaria, entre ellos mi compañero de proyecto, Christian Baque, quien ha sido una pieza fundamental para cumplir con los objetivos de este proyecto.

**Jairo Fernando Zavala Flores**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Christian Harold Baque Pibaque y Jairo Fernando Zavala Flores 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”



Sr. Christian Harold  
Baque



Sr. Jairo Fernando  
Zavala

# EVALUADORES

**Ing. Miguel Ángel Chávez, Ph.D**

PROFESOR DE LA MATERIA

**Ing. Cristian Salas Vázquez, M.Sc.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Caluma, cantón perteneciente a la provincia de Bolívar, no cuenta con un adecuado manejo de aguas servidas, pues, si bien algunas zonas poseen alcantarillado sanitario, este descarga directamente al río sin ningún tratamiento previo, generando una contaminación elevada de una de las principales fuentes de agua potable. En el presente proyecto se propone el diseño de plantas depuradoras de agua residual con tecnología alemana, cuya efectividad es de alrededor del 99%, considerando las necesidades y restricciones impuestas tanto por el municipio de Caluma, como por los habitantes del cantón. El diseño se basó en las normativas vigentes como la CPE INEN 5 Parte 9-1 y 9-2, El manual del CEPIS, TULSMA, ACI 350 y el ASCE/SEI 7-10. Por requerimiento del municipio, debido a la dificultad de implementar una sola planta que abastezca a toda la población, se clasificó la misma en 3 zonas distintas de acuerdo a su ubicación, cuyas proyecciones poblacionales fueron de 4401, 7560 y 429 habitantes para las zonas 1, 2 y 3 respectivamente, de manera que se adoptaron 3 diferentes plantas depuradoras que cumplan con los requerimientos solicitados. Se abarcó el diseño de los respectivos sistemas de pretratamiento, así como el diseño estructural de los tanques semienterrados de hormigón armado que conforman cada una de las 3 plantas propuestas. El proyecto está valorado en \$3,996,244.89 y busca solucionar los problemas que actualmente sufre la comunidad, mejorando su calidad de vida y generando un impacto ambiental mínimo.

**Palabras Clave:** Planta depuradora, aguas residuales, pretratamiento, reactor biológico secuencial.

## ***ABSTRACT***

Caluma, a canton belonging to the province of Bolívar, does not have adequate wastewater management, although some areas have sanitary sewerage, this discharges directly into the river without any prior treatment, generating high pollution of one of the main sources of drinking water. This project proposes the design of wastewater treatment plants with German technology, whose effectiveness is around 99%, considering the needs and restrictions imposed both by the municipality of Caluma, and by the inhabitants of the canton. The design was based on current regulations such as CPE INEN 5 Part 9-1 and 9-2, CEPIS Manual, TULSMA, ACI 350 and ASCE/SEI 7-10. At the request of the municipality, due to the difficulty of implementing a single plant that supplies the entire population, it was classified into 3 different zones according to its location, whose population projections were 4401, 7560 and 429 inhabitants for zones 1, 2 and 3 respectively, so that 3 different treatment plants were adopted that meet the requested requirements. The design of the respective pre-treatment systems was covered, as well as the structural design of the semi-buried reinforced concrete tanks that make up each of the 3 proposed floors. The project is valued at \$3,996,244.89 and seeks to solve the problems that the community currently suffers, improving its quality of life and generating a minimum environmental impact

**Keywords:** Treatment plant, wastewater, pretreatment, sequential biological reactor.

# ÍNDICE GENERAL

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| EVALUADORES.....                | 7    |
| RESUMEN.....                    | I    |
| <i>ABSTRACT</i> .....           | II   |
| ÍNDICE GENERAL .....            | III  |
| ABREVIATURAS.....               | VII  |
| SIMBOLOGÍA .....                | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....         | IX   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....           | XI   |
| ÍNDICE DE PLANOS.....           | XV   |
| ÍNDICE DE Apéndices .....       | XVI  |
| CAPÍTULO 1.....                 | 1    |
| 1. Introducción.....            | 1    |
| 1.1 Antecedentes .....          | 1    |
| 1.2 Localización.....           | 3    |
| 1.3 Información básica .....    | 3    |
| 1.3.1 Generalidades.....        | 3    |
| 1.3.2 Población .....           | 4    |
| 1.3.3 Actividad productiva..... | 4    |
| 1.3.4 Zonificación.....         | 5    |
| 1.3.5 Topografía .....          | 5    |
| 1.3.6 Hidrografía .....         | 6    |
| 1.3.7 Uso del suelo .....       | 6    |
| 1.3.8 Clima.....                | 7    |
| 1.4 Objetivos .....             | 7    |
| 1.4.1 Objetivo General .....    | 7    |

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| 1.4.2           | Objetivos Específicos.....                            | 7  |
| 1.5             | Justificación.....                                    | 7  |
| 1.6             | Marco Teórico .....                                   | 8  |
| 1.6.1           | Aguas servidas .....                                  | 8  |
| 1.6.2           | Saneamiento.....                                      | 9  |
| 1.6.3           | Parámetros de diseño:.....                            | 9  |
| 1.6.4           | Índices de calidad del agua: .....                    | 10 |
| 1.6.5           | Planta de tratamiento.....                            | 10 |
| 1.6.6           | Etapas de tratamiento del agua: .....                 | 11 |
| 1.7             | Plan De Trabajo .....                                 | 11 |
| CAPÍTULO 2..... |   | 13 |
| 2.              | DESARROLLO DEL PROYECTO.....                          | 13 |
| 2.1             | Metodología.....                                      | 13 |
| 2.2             | Trabajo de campo, laboratorio y gabinete .....        | 14 |
| 2.2.1           | Trabajo de campo:.....                                | 14 |
| 2.2.2           | Trabajo de Laboratorio.....                           | 15 |
| 2.2.3           | Trabajo de Gabinete .....                             | 16 |
| 2.3             | Análisis de alternativas:.....                        | 28 |
| 2.3.1           | Alternativa A.....                                    | 29 |
| 2.3.2           | Alternativa B.....                                    | 39 |
| 2.3.3           | Restricciones del proyecto .....                      | 53 |
| 2.3.4           | Selección de alternativa:.....                        | 54 |
| 2.3.5           | Diseño estructural del tanque .....                   | 55 |
| CAPÍTULO 3..... |   | 76 |
| 3.              | DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES.....                       | 76 |
| 3.1             | Diseños .....   | 76 |
| 3.2             | Diseño del sistema depurador de aguas residuales..... | 76 |

|                 |   |     |
|-----------------|---|-----|
| 3.2.1           | Parámetros generales de diseño: .....                     | 76  |
| 3.2.2           | Diseño del canal de entrada .....                         | 81  |
| 3.2.3           | Pretratamiento .....                                      | 82  |
| 3.2.4           | Diseño de la planta depuradora de aguas residuales: ..... | 88  |
| 3.3             | Especificaciones técnicas.....                            | 123 |
| 3.3.1           | Normas, códigos y reglamentos.....                        | 123 |
| 3.3.2           | Método constructivo .....                                 | 124 |
| CAPÍTULO 4..... |   | 127 |
| 4.              | ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....                        | 127 |
| 4.1             | Objetivos .....   | 127 |
| 4.1.1           | Objetivo General .....                                    | 127 |
| 4.1.2           | Objetivos específicos: .....                              | 127 |
| 4.2             | Descripción del proyecto .....                            | 127 |
| 4.3             | Tipo de estudio ambiental .....                           | 128 |
| 4.4             | Línea base ambiental .....                                | 128 |
| 4.4.1           | Medio físico:.....  | 128 |
| 4.4.2           | Medio Biótico: .....                                      | 130 |
| 4.4.3           | Medio humano: .....                                       | 133 |
| 4.5             | Actividades del proyecto.....                             | 134 |
| 4.5.1           | Estudio preliminar y Diseño .....                         | 134 |
| 4.5.2           | Obra y Construcción .....                                 | 135 |
| 4.5.3           | Operación y Mantenimiento .....                           | 135 |
| 4.5.4           | Abandono del proyecto .....                               | 135 |
| 4.6             | Identificación de impactos ambientales .....              | 136 |
| 4.7             | Valoración de impactos ambientales .....                  | 141 |
| 4.8             | Medidas de prevención/mitigación .....                    | 156 |
| 4.9             | Conclusiones .....  | 158 |

|  |     |
|--|-----|
| CAPÍTULO 5.....  | 160 |
| 5. PRESUPUESTO .....   | 160 |
| 5.1 EDT .....  | 160 |
| 5.2 Descripción de rubros.....   | 160 |
| 5.3 Análisis de costos unitarios .....   | 161 |
| 5.4 Descripción de cantidades de obra .....  | 161 |
| 5.4.1 Planta depuradora de aguas residuales zona 1 .....   | 161 |
| 5.4.2 Planta depuradora de aguas residuales zona 2.....  | 165 |
| 5.4.3 Planta depuradora de aguas residuales zona 3.....  | 169 |
| 5.5 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental ..... | 173 |
| 5.6 Cronograma de obra .....   | 174 |
| 5.6.1 Planta depuradora zona 1 .....   | 174 |
| 5.6.2 Planta depuradora zona 2.....  | 176 |
| 5.6.3 Planta depuradora zona 3.....  | 178 |
| CAPÍTULO 6.....  | 181 |
| 6. Conclusiones Y Recomendaciones .....  | 181 |
| Conclusiones .....   | 181 |
| Recomendaciones .....  | 182 |
| 7. Bibliografía .....  | 183 |

## **ABREVIATURAS**

|         |  |
|---------|--|
| ESPOL   | Escuela Superior Politécnica del Litoral                                 |
| ACI     | American Concrete Institute  |
| INEN    | Instituto Ecuatoriano de Normalización                                   |
| CEPIS   | Cetro Panamericano de Ingeniería Sanitaria                               |
| ASCE    | Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles                            |
| CPE     | Código de Práctica Ecuatoriana   |
| TULSMA  | Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente |
| SENAGUA | Secretaría Nacional del Agua   |
| ODS     | Objetivos de Desarrollo Sostenible                                       |
| UNICEF  | Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia                            |
| OMS     | Organización Mundial de la Salud   |
| ASH     | Agua segura, Saneamiento básico e Higiene adecuada                       |
| GAD     | Gobierno Autónomo Descentralizado  |

## SIMBOLOGÍA

|      |                        |
|------|------------------------|
| Hab  | Habitantes             |
| Ha   | Hectáreas              |
| Ton  | Tonelada               |
| s    | Segundos               |
| m    | Metro                  |
| Kips | Kilolibra              |
| ft   | Pie                    |
| L    | Litro                  |
| Kg   | Kilogramo              |
| in   | Pulgadas               |
| Kgf  | Kilogramo fuerza       |
| min  | Minutos                |
| pH   | Potencial de Hidrógeno |
| h    | Hora                   |
| cm   | Centímetros            |
| mm   | Milímetros             |
| KN   | Kilonewton             |
| U    | Unidades               |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Mapa de ubicación de Caluma [GAD Caluma, 2016 ].....  | 4  |
| Figura 1.2 Mapa de elevaciones de Caluma [GAD Caluma, 2016] .....  | 5  |
| Figura 1.3 Mapa de la red hidrográfica de Caluma [GAD Caluma, 2016].....   | 6  |
| Figura 1.4 Plan de trabajo para desarrollo del proyecto [Baque & Zavala, 2021].....  | 12 |
| Figura 2.1 Dotaciones recomendadas según CPE INEN 5, Parte 9-1 1992 (INEN, 1992)<br>.....                                      | 18 |
| Figura 2.2 Gráfica para la obtención del coeficiente de paso [WEF y ASCE, MOP,2021]<br>.....                                   | 24 |
| Figura 2.3 Datos de sedimentación de partículas. [Hernández Muñoz, Hernández<br>Lehmann, A., & Galán Martínez, P., 1996] ..... | 26 |
| Figura 2.4 Vista en planta del tanque de aireación [Baque & Zavala, 2021] .....  | 34 |
| Figura 2.5 Vista en 3D del tanque de aireación [Baque & Zavala, 2021] .....  | 34 |
| Figura 2.6 Vista en planta del digester de lodos [Baque & Zavala, 2021] .....  | 37 |
| Figura 2.7 Vista en 3D del digester de lodos [Baque & Zavala, 2021].....   | 37 |
| Figura 2.8 Vista en planta del sistema de lodos activados [Baque & Zavala, 2021].....  | 38 |
| Figura 2.9 Síntesis esquemática del proceso dentro del reactor SBR.....  | 42 |
| Figura 2.10 Vista en 3D del tanque de almacenamiento intermedio (5000 P).....  | 44 |
| Figura 2.11 Vista 3D del reactor SBR (5000 P).....   | 45 |
| Figura 2.12 Vista 3D del tanque de almacenamiento de lodos en exceso (5000 P).....   | 46 |
| Figura 2.13 Vista en planta del sistema de tratamiento con tecnología ATB (5000 P)..   | 46 |
| Figura 2.14 Vista 3D del tanque de almacenamiento intermedio (3000 P).....   | 47 |
| Figura 2.15 Vista 3D del reactor SBR (3000 P).....   | 48 |
| Figura 2.16 Tanque de almacenamiento de lodos en exceso (3000 P).....  | 49 |
| Figura 2.17 Vista en planta del sistema de tratamiento con tecnología ATB (3000 P)..   | 49 |
| Figura 2.18 Aireador ATB-HSA [ATB Umwelttechnologien , s.f.].....  | 51 |
| Figura 2.19 Panel de control de la planta [ATB Umwelttechnologien , s.f.] .....  | 51 |
| Figura 2.20 dimensiones de la cimentación [ (350, 2020)] .....   | 58 |
| Figura 2.21 Caso 3 del manual de la PCA [ (PCA, 2003)].....  | 60 |
| Figura 2.22 Diagrama de fuerzas compulsivas y convectivas. (Valdivieso, 2013).....   | 61 |
| Figura 3.1 Análisis comparativo de los métodos de proyección poblacional [Baque &<br>Zavala].....                              | 78 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.2 Detalle de la trampa de grasas.....  | 88  |
| Figura 3.3 Definición de coordenadas en el SAP 2000 [ Baque & Zavala, 2021].....  | 90  |
| Figura 3.4 Definición de los materiales [Baque & Zavala, 2021] .....  | 90  |
| Figura 3.5 Dibujo del reservorio [Baque & Zavala, 2021] .....   | 91  |
| Figura 3.6 Alturas definidas del líquido y se discretizan los componentes del reservorio [Baque & Zavala, 2021] .....     | 91  |
| Figura 3.7 Modelamiento asimilando la condición de un resorte [Baque & Zavala, 2021] .....                                | 92  |
| Figura 3.8 Se definen patrones de carga para cortantes basales y se asignan los coeficientes [Baque & Zavala, 2021] ..... | 92  |
| Figura 3.9 Combinación de los cortantes para obtener el total en la base [Baque & Zavala,2021].....                       | 93  |
| Figura 3.10 Patrones de carga en el reservorio [Baque & Zavala, 2021] .....   | 93  |
| Figura 3.11 Se asigna el peso de cada elemento [Baque & Zavala,2021] .....  | 94  |
| Figura 3.12 Definición de carga producida por paredes de agua [Baque& Zavala,2021] .....                                  | 94  |
| Figura 3.13 Se asignan presiones del suelo [Baque & Zavala,2021] .....  | 95  |
| Figura 3.14 Se observa los momentos correspondientes [Baque & Zavala, 2021] .....   | 95  |
| Figura 3.15 Momentos debido al cortante en las paredes [ Baque & Zavala, 2021].....                                       | 96  |
| Figura 3.16 Espectro de respuesta del suelo tipo D [Baque & Zavala, 2021].....  | 108 |
| Figura 3.17 Espectro de respuesta compulsivo [Baque & Zavala, 2021] .....   | 113 |
| Figura 3.18 Espectro de respuesta Impulsiva [Baque & Zavala, 2021] .....  | 114 |
| Figura 3.19 Diagrama de interacción de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021] .....                                  | 118 |
| Figura 4.1 Consulta de actividades ambientales [Baque & Zavala, 2021].....  | 128 |
| Figura 4.2 Mapa de uso de suelo de Caluma [GAD Caluma, 2016].....   | 129 |
| Figura 5.1 EDT para las plantas depuradoras de aguas residuales [Baque & Zavala, 2021] .....                              | 160 |
| Figura 5.2 Curva de avance de obra de la zona 1 [Baque & Zavala, 2021] .....  | 173 |
| Figura 5.3 Curva de avance de obra de la zona 2 [Baque & Zavala, 2021] .....  | 174 |
| Figura 5.4 Curva de avance de obra de la zona 3 [Baque & Zavala, 2021] .....  | 174 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| Tabla 1.1 Composición de aguas residuales sin tratamiento (PSATS, 2016) .....   | 8         |
| Tabla 2.1 Ubicación de las muestras tomadas en Caluma [Baque & Zavala, 2021] .....  | 14        |
| Tabla 2.2 Resultados de parámetros de diseño obtenidos en campo [Baque & Zavala, 2021]. .....   | 15        |
| Tabla 2.3 Resultados de parámetros de diseño obtenidos en laboratorio [Baque & Zavala, 2021]. .....   | 15        |
| Tabla 2.4 Parámetros de diseño [GAD Caluma, 2018].....  | 28        |
| Tabla 2.5 Resultado de los ensayos de laboratorio de la muestra 2 [Baque & Zavala, 2021] .....  | 30        |
| Tabla 2.6 Parámetros de diseño para la planta de tratamiento [Baque & Zavala, 2021] .....   | 30        |
| <b>Tabla 2.7 Parámetros de diseño [Metcalf y Eddy, 2003].....</b>   | <b>32</b> |
| Tabla 2.8 Dimensiones de los tanques de aireación [Baque & Zavala, 2021].....   | 33        |
| Tabla 2.9 Dimensiones del tanque sedimentador secundario [Baque & Zavala, 2021].  | 35        |
| Tabla 2.10 Dimensiones del digestor de lodos [Baque & Zavala, 2021].....  | 36        |
| Tabla 2.11 Presupuesto preliminar de la alternativa A. ....   | 38        |
| Tabla 2.12 Comparación de los parámetros de descarga que ofrece el sistema con respecto a los límites máximos permisibles de la norma ecuatoriana. .... | 43        |
| Tabla 2.13 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento intermedio de agua.....  | 44        |
| Tabla 2.14 Dimensionamiento del reactor SBR.....  | 44        |
| Tabla 2.15 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de lodos.....  | 45        |
| Tabla 2.16 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento intermedio de agua.....  | 47        |
| Tabla 2.17 Dimensionamiento del reactor SBR.....  | 47        |
| Tabla 2.18 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de lodos.....  | 48        |
| Tabla 2.19 Presupuesto preliminar de la alternativa B. ....   | 52        |
| Tabla 2.20 Elección de alternativa óptima.....  | 54        |
| Tabla 3.1 poblaciones proyectadas correspondientes a cada zona. [Baque & Zavala, 2021] .....  | 78        |
| Tabla 3.2 Resumen de resultados de caudales [Baque & Zavala, 2021] .....  | 81        |
| Tabla 3.3 Resumen de las dimensiones del canal de entrada [Baque & Zavala, 2021]  | 82        |
| Tabla 3.4 Dimensiones del cribado [Baque & Zavala, 2021] .....  | 84        |
| Tabla 3.5 Dimensiones del desarenador [Baque & Zavala, 2021].....   | 87        |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 3.6 Parámetros considerados en la selección de plantas ATB [Baque & Zavala, 2021] ..... | 89  |
| Tabla 3.7 Plantas a implantarse en cada zona de estudio [Baque & Zavala, 2021] .....          | 89  |
| Tabla 3.8 Dimensiones requeridas para los tanques de cada planta [Baque & Zavala, 2021] ..... | 89  |
| Tabla 3.9 Bases para el dimensionamiento [Baque & Zavala, 2021] .....                         | 96  |
| Tabla 3.10 Refuerzos transversal y longitudinal para la losa .....                            | 98  |
| Tabla 3.11 Cargas verticales que llegan a la cimentación [Baque & Zavala, 2021] .....         | 99  |
| Tabla 3.12 Términos para la obtención de B [Baque & Zavala, 2021].....                        | 100 |
| Tabla 3.13 definición del peralte [Baque & Zavala, 2021] .....                                | 101 |
| Tabla 3.14 Coeficientes de los tanques [Baque & Zavala, 2021] .....                           | 101 |
| Tabla 3.15 Dimensiones de espesor del muro [Baque & Zavala].....                              | 101 |
| Tabla 3.16 Momentos Verticales de diseño, Mux (Ton-m) [Baque & Zavala, 2021]....              | 102 |
| Tabla 3.17 Momentos Horizontales de diseño, Muy (Ton-m) [Baque & Zavala, 2021]                | 103 |
| Tabla 3.18 términos para la comprobación de factor de seguridad [Baque & Zavala, 2021] .....  | 103 |
| Tabla 3.19 Tabla de presiones impulsivas horizontales .....                                   | 104 |
| Tabla 3.20 Presiones impulsivas verticales [Baque & Zavala, 2021].....                        | 105 |
| Tabla 3.21 Presiones convectivas horizontales [Baque & Zavala, 2021] .....                    | 106 |
| Tabla 3.22 Presiones convectivas verticales [Baque & Zavala, 2021].....                       | 107 |
| Tabla 3.23.....   | 107 |
| Tabla 3.24 Características del suelo tipo D [Baque & Zavala, 2021].....                       | 108 |
| Tabla 3.25 Masa convectiva [Baque & Zavala, 2021].....  | 111 |
| Tabla 3.26 Componente del cortante Impulsiva [Baque & Zavala,2021].....                       | 112 |
| Tabla 3.27 Componente del cortante Convectiva [Baque & Zavala,2021] .....                     | 112 |
| Tabla 3.28 Espectro de respuesta para componente impulsiva [Baque & Zavala, 2021] .....       | 113 |
| Tabla 3.29 Espectro de respuesta para componente Convectiva [Baque & Zavala, 2021] .....      | 113 |
| Tabla 3.30 masas de impulsiva y masa convectiva [Baque & Zavala, 2021] .....                  | 114 |
| Tabla 3.31 Momentos para verificar fallas [Baque & Zavala, 2021].....                         | 115 |
| Tabla 3.32 Pesos de los componentes [Baque & Zavala, 2021] .....                              | 115 |
| Tabla 3.33 Verificación por deslizamiento [Baque & Zavala, 2021].....                         | 116 |
| Tabla 3.34 Verificación por volteo [Baque & Zavala, 2021] .....                               | 116 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 3.35 Tabla de las presiones hidrodinámicas [Baque & Zavala, 2021] .....                               | 116 |
| Tabla 3.36 Distribución real de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021].....                            | 117 |
| Tabla 3.37 Distribución equivalente de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021]                          | 117 |
| Tabla 3.38 Distribución real de presiones Convectivas [Baque & Zavala, 2021].....                           | 118 |
| Tabla 3.39 Distribución equivalente de presiones Convectivas [Baque & Zavala, 2021]<br>.....                | 119 |
| Tabla 3.40 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 5000 personas.<br>.....                   | 119 |
| Tabla 3.41 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 3000 personas.<br>.....                   | 120 |
| Tabla 3.42 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 500 personas. .                           | 121 |
| Tabla 3.43 Especificaciones técnicas de diseño [Baque & Zavala, 2021] .....                                 | 123 |
| Tabla 4.1 Flora característica de Caluma [GAD Caluma, 2016] .....   | 130 |
| Tabla 4.2 Fauna característica de Caluma [GAD Caluma, 2016] .....   | 132 |
| Tabla 4.3 Actividades del proyecto [Baque & Zavala, 2021] .....   | 136 |
| Tabla 4.4 Valores de los parámetros para el análisis del impacto ambiental [Baque &<br>Zavala, 2021]. ..... | 142 |
| Tabla 4.5 Concepto de los parámetros de la valorización del impacto ambiental [Baque<br>& Zavala]. .....    | 142 |
| Tabla 4.6 Matriz de valorización de Duración [Baque & Zavala, 2021] .....                                   | 144 |
| Tabla 4.7 Matriz de valorización de Extensión [Baque & Zavala, 2021] .....                                  | 146 |
| Tabla 4.8 Matriz de valorización de Reversibilidad [Baque & Zavala, 2021] .....                             | 148 |
| Tabla 4.9 Valor de la intensidad de Impacto ambiental [Baque & Zavala, 2021].....                           | 150 |
| Tabla 4.10 Matriz de Importancia Ambiental [Baque & Zavala, 2021] .....                                     | 152 |
| Tabla 4.11 Matriz de Índice correspondiente al Impacto Ambiental [Baque & Zavala,<br>2021] .....            | 154 |
| Tabla 4.12 Medidas de prevención o de mitigación [Baque & Zavala, 2021] .....                               | 156 |
| Tabla 5.1 Área de replanteo y nivelación zona 1 [Baque & Zavala, 2021] .....                                | 161 |
| Tabla 5.2 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021] .....                                       | 161 |
| Tabla 5.3 Volumen de excavación zona 1 [Baque & Zavala, 2021].....  | 162 |
| Tabla 5.4 Volumen del replantillo [Baque & Zavala, 2021] .....  | 162 |
| Tabla 5.5 Encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021].....  | 162 |
| Tabla 5.6 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021].....   | 162 |
| Tabla 5.7 Volumen de hormigón en estructuras [Baque & Zavala, 2021].....                                    | 163 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 5.8 Longitud de tuberías empleadas en la zona 1 [Baque & Zavala, 2021].....  | 163 |
| Tabla 5.9 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021].....                             | 163 |
| Tabla 5.10 Presupuesto de la zona 1 [Baque & Zavala, 2021].....                    | 164 |
| Tabla 5.11 Área de replanteo y nivelación zona 2 [Baque & Zavala, 2021] .....      | 165 |
| Tabla 5.12 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021] .....             | 165 |
| Tabla 5.13 Volumen de excavación zona 2 [Baque & Zavala, 2021].....                | 166 |
| Tabla 5.14 Volumen del replantillo [Baque & Zavala, 2021] .....                    | 166 |
| Tabla 5.15 Volumen del encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021] .....       | 166 |
| Tabla 5.16 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021].....               | 167 |
| Tabla 5.17 Hormigón requerido para cada elemento [Baque & Zavala, 2021] .....      | 167 |
| Tabla 5.18 Longitud de tuberías empleadas en la zona 2 [Baque & Zavala, 2021]..... | 167 |
| Tabla 5.19 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021].....                            | 168 |
| Tabla 5.20 Presupuesto zona 2 [Baque & Zavala, 2021] .....                         | 168 |
| Tabla 5.21 Área de replanteo y nivelación zona 3 [Baque & Zavala, 2021] .....      | 169 |
| Tabla 5.22 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021] .....             | 170 |
| Tabla 5.23 Volumen de excavación zona 3 [Baque & Zavala, 2021].....                | 170 |
| Tabla 5.24 Volumen del replantillo [Baque & Zavala, 2021] .....                    | 170 |
| Tabla 5.25 Volumen del encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021] .....       | 171 |
| Tabla 5.26 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021].....               | 171 |
| Tabla 5.27 Volumen de hormigón en estructuras [Baque & Zavala, 2021].....          | 171 |
| Tabla 5.28 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021].....                            | 171 |
| Tabla 5.29 Presupuesto zona 3 [Baque & Zavala, 2021] .....                         | 172 |
| Tabla 5.30 Cronograma valorado Zona 1 [Baque & Zavala, 2021].....                  | 174 |
| Tabla 5.31 Cronograma valorado Zona 2 [Baque & Zavala, 2021].....                  | 176 |
| Tabla 5.32 Cronograma valorado Zona 3 [Baque & Zavala, 2021].....                  | 178 |

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Mapa de ubicación de las plantas depuradoras
- PLANO 2 Sistema para capacidad 500 personas (Zona 3) – Planta y elevación.
- PLANO 3 Sistema para capacidad 3000 personas – Vista en planta.
- PLANO 4 Sistema para capacidad 3000 personas – Vista en elevación.
- PLANO 5 Sistema para capacidad 5000 personas (Zona 1) – Vista en planta.
- PLANO 6 Sistema para capacidad 5000 personas (Zona 1) – Vista en elevación.
- PLANO 7 Sistema para capacidad 8000 personas (Zona 2) – Vista en planta.
- PLANO 8 Detalle de los sistemas de pretratamiento por cada zona.
- PLANO 9 Detalle estructural tanque SBR 5000 personas
- PLANO 10 Detalle estructural tanque SBR 3000 personas
- PLANO 11 Detalle estructural tanque SBR 500 personas

# ÍNDICE DE APÉNDICES

## APÉNDICE A

Cronograma de Planta Depuradora para para la zona 1

Análisis de Precios Unitarios Planta Depuradora para la zona 1

## APÉNDICE B

Cronograma de Planta Depuradora para para la zona 2

Análisis de Precios Unitarios Planta Depuradora para la zona 2

## APÉNDICE C

Cronograma de Planta Depuradora para para la zona 3

Análisis de Precios Unitarios Planta Depuradora para la zona 3

## APÉNDICE D

Descripción de los componente de la planta alemana para 500 personas.

Descripción de los componente de la planta alemana para 3000 personas.

Descripción de los componente de la planta alemana para 5000 personas.

## APÉNDICE E

Capturas de la elaboración de los tanques en SAP 2000

## APÉNDICE F

Planos

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció el acceso al agua potable de calidad y al saneamiento como un derecho humano de vital importancia y por el cual todos los países miembros de esta organización deben luchar con el fin de garantizar la calidad de vida de sus habitantes (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2019).

La Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo del Ecuador (ENEMDU) en 2016, consideró información acerca del tratamiento de aguas servidas mediante pozo séptico, pozo ciego y letrina, a partir de lo cual se consideró como un manejo no seguro aquellos sistemas que causan que los desechos sean vertidos a lugares abiertos, como ríos, quebradas, esteros, terrenos o campos abiertos (Molina-Vera, Pozo, & Serrano, 2018).

En la ciudad de Caluma, actualmente no se cuenta con un sistema de tratamiento de aguas servidas, y muchos de los hogares que no se encuentran conectados a la red de alcantarillado público cuentan con letrinas o pozos sépticos para subsanar esta necesidad (GAD Caluma, 2018). Ante este déficit de manejo de las aguas servidas en la ciudad, se han presentado problemas graves de contaminación ambiental, pues el río Caluma, cuerpo hídrico más grande de la localidad, es uno de los ríos que soportan el vertido directo de todas estas aguas. Esto genera una grave preocupación en los habitantes del cantón, puesto que muchas comunidades emplean directamente el agua de estos cuerpos hídricos para sus actividades diarias, como alimentación, aseo personal, entre otras.

El presente proyecto busca remediar esta problemática mediante el análisis de dos alternativas de sistemas de tratamiento de aguas servidas, una convencional y otra basada en sistemas prefabricados, en donde luego de una evaluación objetiva en el ámbito técnico, económico y socio-ambiental, se escogerá la que presente una mayor factibilidad para su implementación en la localidad.

### 1.1 Antecedentes

Según La Organización Mundial de la Salud, el 60% de la población mundial no cuenta con acceso a instalaciones de saneamiento debidamente gestionadas.

Alrededor del 80% de las aguas residuales a nivel mundial son descargadas a los cuerpos hídricos como ríos y mares sin un tratamiento previo adecuado, esta práctica provoca una excesiva contaminación del agua, recurso que cada vez es más escaso y que su carencia afecta a más del 40% de la población mundial, porcentaje que se estima aumenta año a año (Naciones Unidas, s.f.).

Este pésimo manejo de las aguas servidas, que en muchos países en vías de desarrollo existe, provoca la aparición de enfermedades diarreicas en la población que emplea este recurso para sus actividades diarias. Así, se ha evidenciado que alrededor de 7600 niños menores a 5 años mueren anualmente debido a esta causa (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2017).

En la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, aprobada por la ONU en el año 2015, se establece en el objetivo número 6.2 la importancia de garantizar el acceso a servicios de saneamiento e higiene para toda la población, en especial para las personas en situaciones de vulnerabilidad (Naciones Unidas, s.f.). En el Ecuador, un 10.4% de la población cuenta con servicios de saneamiento limitados mientras que el 63% de los hogares poseen servicios de saneamiento gestionados (ODS Territorio Ecuador, s.f.).

Caluma fue declarado cantón el 23 de agosto de 1990, a través del Decreto Ejecutivo No.123, momento en el cual llegó a conformar el sexto cantón de la Provincia de Bolívar. Debido a su reciente cantonización, necesidades básicas como el acceso seguro al agua potable y saneamiento no han sido garantizada de manera eficiente, lo cual, sumado al creciente desarrollo de la población, vuelven a esta problemática en un aspecto que requiere urgente solución (GAD Caluma, 2016).

El cantón cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario parcial, que abarca 5 barrios de la zona conocida como Caluma Nuevo y 2 barrios pertenecientes a Caluma Viejo (GAD Caluma, 2018).

En la actualidad, el sistema de recolección de aguas servidas en el cantón cuenta con tuberías principalmente de hormigón simple con diámetros que fluctúan entre los 10 mm y 200 mm pero que se encuentran en mal estado, al igual que las cámaras que conforman el sistema (GAD Caluma, 2018).

## **1.2 Localización**

Caluma, uno de los 7 cantones pertenecientes a la provincia de Bolívar, se encuentra ubicado en la parte meridional y al occidente de la provincia. Se halla a los 79° 18' 22'' de longitud oeste y a 12° 36' 19'' de latitud sur. Se encuentra delimitado al norte por el cantón Echeandía y las parroquias Salinas, Julio Moreno y La Asunción, al sur por la parroquia de Telimbela, perteneciente al cantón Chimbo, al este por el cantón Chimbo y al oeste por la provincia de Los Ríos (GAD Caluma, 2016).

## **1.3 Información básica**

### **1.3.1 Generalidades**

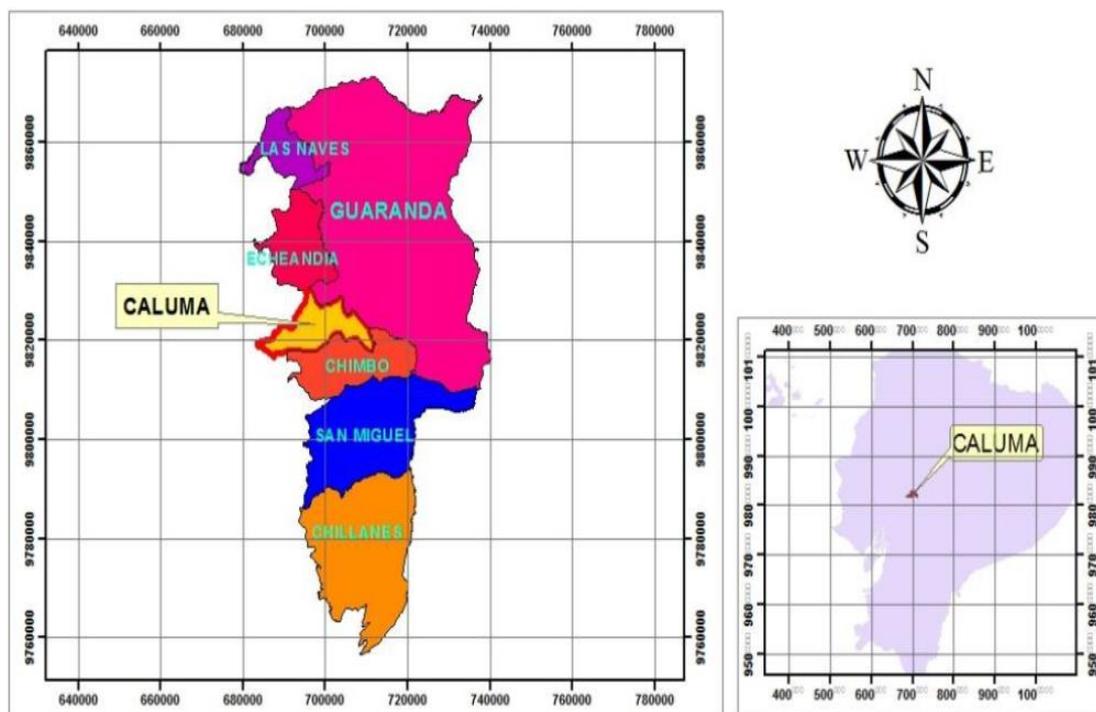
San Antonio de Caluma, situado al occidente de la provincia de Bolívar, en la vía Catarama-Guaranda, a una altitud de 1478 m.s.n.m, es poseedor de un clima sumamente agradable y apto para la siembra de una gran variedad de productos agrícolas, siendo en los valles que circundan el cantón, el lugar donde se sembró por primera vez en el Ecuador la caña de azúcar (GAD Caluma, 2016).

Cuenta con una superficie de 175 km<sup>2</sup> y una temperatura promedio de 22°C, lo que ocasiona un clima subtropical en toda la región. Este clima privilegiado permite la presencia de una flora y fauna exuberantes, lo cual, junto a decenas de cascadas, ríos y cultivos, hacen de Caluma un lugar extraordinario para la potenciación de actividades turísticas (GAD Caluma, 2016).

El río Caluma, principal afluente de la localidad, divide al mismo en 2 partes, conocidas como Caluma Viejo y Caluma Nuevo, lo que no implica una división territorial o cultural entre los pobladores del cantón, quienes año a año celebran fechas conmemorativas como la de su cantonización, la fiesta de la virgen del valle y el reconocido Carnaval de Caluma, festividades famosas por la realización de eventos como bailes populares, corridas de toros, rodeo montubio, expo ferias, entre otros (Go Raymi, 2018).

En cuanto a su producción agrícola, Caluma cuenta con 5803 hectáreas destinadas a la plantación de naranja, fruto característico del cantón, lo que representa el 60% del cultivo nacional, con variedades del fruto entre los que destacan la naranja lima, valencia tardía, Thompson, naranja agria, entre otros.

Esta es la razón por la cual Caluma ha sido bautizada a nivel nacional como la capital citrícola del Ecuador (Ministerio del Turismo, 2021).



**Figura 1.1 Mapa de ubicación de Caluma [GAD Caluma, 2016 ]**

### **1.3.2 Población**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Caluma tiene una población total de 13129, de los cuales 6269 pertenecen a la zona urbana, y 6860 pertenecen a la zona rural. Además, basado en el censo realizado en el año 2001, en donde la población era de 11074 personas, se ha determinado una tasa de crecimiento de 1.89% en la región (INEC, 2010)

### **1.3.3 Actividad productiva**

Según los datos del Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 por el INEC, las principales actividades productivas en el cantón Caluma son la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. El principal producto agrícola que comercializa el cantón es la naranja, fruto representativo de la localidad y reconocido a nivel nacional, cuya producción se basa en una cadena de intermediarios, siendo la ciudad de Guayaquil su principal mercado en el país (GAD Caluma, 2019).

Además de la naranja, en los últimos años se ha impulsado la producción del cacao en el país, y por ende en el cantón, así como también la siembra de la caña de azúcar y del plátano se ha visto potenciada por el clima de la zona (GAD Caluma, 2016).

### 1.3.4 Zonificación

El cantón Caluma presenta una división en 3 zonas donde se concentran poblados, que son los núcleos principales de cada una, estos son denominadas zona alta, intermedia y baja. En cada una de estas se ubican los poblados de Pasagua en la zona alta, Charquiyacu en la intermedia, y finalmente Yatuví y Pita en la zona denominada baja (GAD Caluma, 2016).

### 1.3.5 Topografía

El relieve de Caluma presenta una topografía irregular, con pendientes de 40% en la zona alta de Caluma, y amplia sabana en la parte baja en dirección a la costa. La elevación de esta, al ser irregular, es aproximadamente de 120 - 1960 m.s.n.m. en la mayoría de sus zonas, y en la zona alta puede ir desde los 2000-2800 m.s.n.m alcanzando su máxima elevación y mayores pendientes (GAD Caluma, 2015).

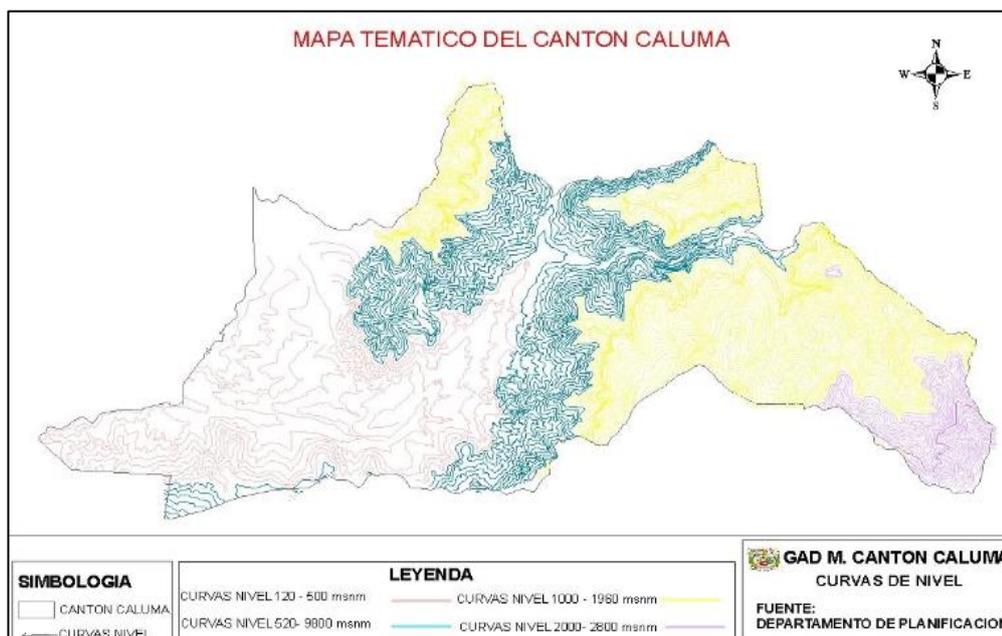


Figura 1.2 Mapa de elevaciones de Caluma [GAD Caluma, 2016]

### 1.3.6 Hidrografía

El principal sistema hidrográfico del cantón está conformado por el río San Antonio, el cual toma diferentes nombres según las poblaciones por las que este atraviesa. Al pasar por la población de Caluma, el cuerpo hídrico adquiere el nombre de la población, mientras que aguas abajo es conocido como río Pita, y se forma por la confluencia de los ríos Escaleras y Charquiyacu. A los ríos previamente mencionados concurren una serie de esteros y quebradas conformando así subsistemas que cubren toda la zona (GAD Caluma, 2016).

El río Caluma posee un caudal considerable que puede ser aprovechado en actividades turísticas como rafting y boyage.

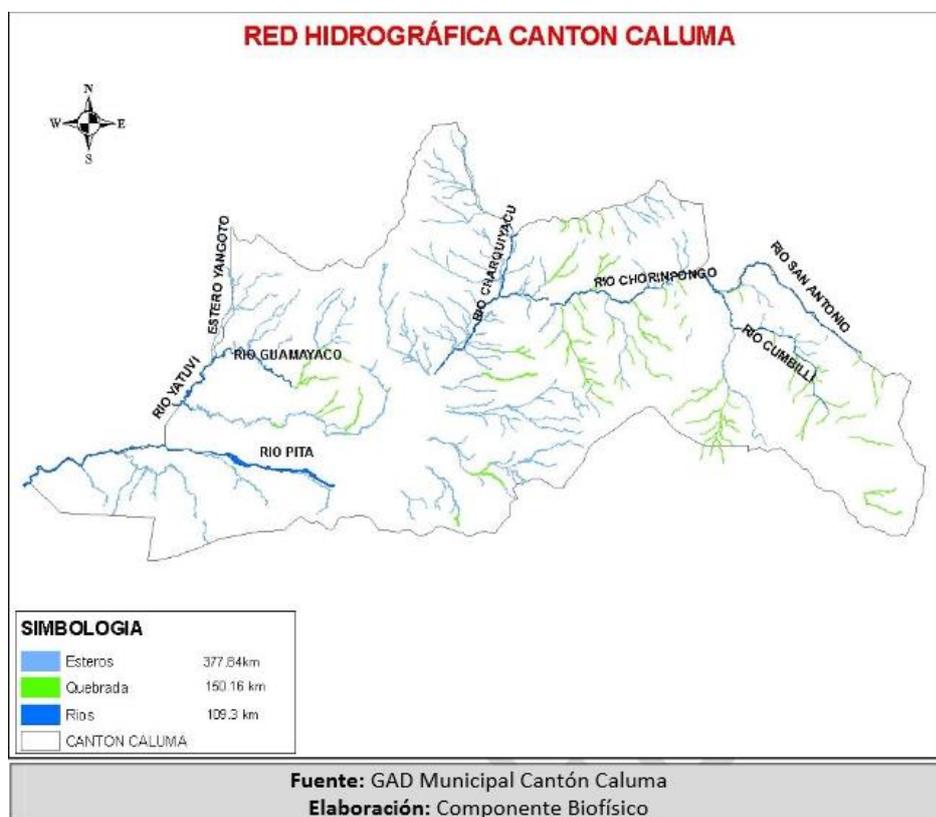


Figura 1.3 Mapa de la red hidrográfica de Caluma [GAD Caluma, 2016]

### 1.3.7 Uso del suelo

Los principales usos del suelo en Caluma son 5, en donde 15000 ha se destinan para la producción pecuaria, siendo esta la que mayor área emplea. Luego se tienen 5950 ha para la producción agrícola, seguido de una tercera sección correspondiente a bosques secundarios de 1200 ha. Se tiene también la zona

destinada a áreas urbanas con una superficie de 705 ha y finalmente las vías, ríos y quebradas representan 545 ha del total (GAD Caluma, 2015).

### **1.3.8 Clima**

Según la información de la INHAMI el cantón Caluma presenta un clima subtropical y templado, con temperaturas que varían entre los 20 °C a 24 °C en los meses de mayo a septiembre; mientras que en los meses de octubre a abril presenta una temperatura de 24°C a 28°C. Además, se cuenta con una precipitación media anual de 1000 mm, la cual se debe a las corrientes de aire húmedo que se originan en la costa ecuatoriana y que se condensan en las ramificaciones de la cordillera de los Andes (GAD Caluma, 2015).

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón de Caluma, perteneciente a la provincia de Bolívar, mediante un análisis basado en los requerimientos y necesidades de la población, con el propósito de que se reduzca el impacto ambiental en los cuerpos hídricos de la localidad.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Elaborar ensayos de laboratorio para la estimación de índices de calidad del agua en los cuerpos hídricos.
- Calcular mediante el software Excel, las dimensiones y componentes de las plantas de tratamiento, verificando el cumplimiento de los parámetros requeridos.
- Presentar a nivel de ingeniería básica dos propuestas de solución, evaluando los aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales de cada una de ellas para escoger la alternativa más óptima.
- Diseñar a detalle la solución seleccionada, presentando los planos y presupuestos correspondientes a la misma.

## **1.5 Justificación**

El cantón Caluma, ubicado en la provincia de Bolívar, al contar con una población con un porcentaje de crecimiento elevado, genera un desarrollo constante, no obstante, todo el cantón carece de un sistema de tratamiento de aguas servidas, por

lo que todos los desechos provenientes de las casas, escuelas, actividades agropecuarias, entre otras, se descargan directamente en el Río Caluma y el estero Cacahuyacu, causando que, a medida que la población aumenta, los cuerpos hídricos no puedan tratar de manera natural la carga contaminante vertida en ellos, en consecuencia afectan a los pobladores del cantón deteriorando la calidad de sus aguas y perjudicando a las comunas que aguas abajo emplean directamente estas aguas, debido a que carecen de un sistema de abastecimiento de agua potable. Asimismo, el sector económico se ve afectado, puesto que múltiples propietarios de balnearios aledaños al río no pueden hacer uso de este debido a que en el 2014 se registraron casos de infecciones a la piel y sarpullido luego de bañarse en el río, por lo que actualmente está prohibido su ingreso por la contaminación.

La problemática mencionada está relacionada directamente con el objetivo 6.2 de los ODS de mejorar la calidad de vida de las personas, otorgándoles el derecho de agua limpia y saneamiento en una zona segura, por lo que la comunidad de Caluma junto con el municipio se ven en la necesidad de buscar soluciones para una posterior implementación. El presente proyecto busca diseñar dos posibles opciones, seleccionando la que mejor se adapte a las necesidades de la comunidad, de manera que se pueda realizar una futura construcción y otorgando una solución al problema de contaminación de los cuerpos hídricos.

## 1.6 Marco Teórico

### 1.6.1 Aguas servidas

El agua contaminada es la adición de ciertas sustancias que alteran la naturaleza de los cuerpos, como sólidos suspendidos, materia biodegradable orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos (ONU-Aguas, 2017). Las aguas servidas provienen de residencias, edificios e instituciones, y se pueden categorizar en aguas grises y negras. La composición de las aguas domésticas no tratadas se detalla en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Composición de aguas residuales sin tratamiento (PSATS, 2016)**

| Composición | Rangos (mg L <sup>-1</sup> ) |       |      |
|-------------|------------------------------|-------|------|
|             | Bajo                         | Medio | Alto |
| Alcalinidad | 50                           | 100   | 200  |

|                     |     |     |      |
|---------------------|-----|-----|------|
| BOD5                | 100 | 200 | 300  |
| Cloro               | 30  | 50  | 100  |
| COD                 | 250 | 500 | 1000 |
| Sólidos suspendidos | 100 | 200 | 350  |

## 1.6.2 Saneamiento

La OMS define al saneamiento como la disponibilidad de instalaciones y servicios, que otorguen un manejo y eliminación segura de orina y heces humanas. El proceso comienza en la contención en el inodoro, vaciado, transporte y tratamiento (en el sitio o fuera del mismo), hasta la disposición o uso final, garantizando que no haya contacto con las personas en todas las etapas de la cadena de servicio. (UNICEF, 2020)

El saneamiento cumple la función de prevenir enfermedades, incentivando la dignidad y el bienestar humano, cumpliendo con la definición de salud que promulga la OMS, enunciado en su constitución como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no ignorando la enfermedades y dolencias. Después de años de falta de atención, la importancia del acceso al saneamiento para todas personas, cualquier lugar del mundo, se reconoce ahora como un derecho de cada ser. (OMS, 2019).

## 1.6.3 Parámetros de diseño:

### 1.6.3.1 Período de diseño:

Se debe establecer una adecuada estimación del lapso de tiempo de vida útil establecido para una obra sanitaria, basándose en características como: crecimiento poblacional, la resistencia de las estructuras, entre otros. La norma ecuatoriana CO 10.7 – 602, establece que para una planta de tratamiento se debe proyectar para que tenga una durabilidad de al menos 25 años, dando la opción de aumentar este valor con su respectiva justificación. (SENAGUA, 2014)

### 1.6.3.2 Población de diseño:

Para todo proyecto de diseño de esta clase, es necesario contar con una población proyectada basándose en métodos estadísticos, y la tasa de

crecimiento otorgada por el INEC, además del periodo para el cual se está diseñando (DEMOGRAFÍA, 1984).

#### **1.6.3.3 Caudal de diseño:**

Es el caudal empleado para diseñar las plantas de tratamiento de agua servidas, el mismo será determinado en función de la población de diseño, caudales institucionales, comerciales, e industriales, los cuales serán obtenidos en base a la norma aplicada. (Collazos, 2019)

#### **1.6.3.4 Demanda bioquímica de oxígeno:**

La DBO<sub>5</sub> se define como la cantidad de oxígeno disuelto necesaria, para oxidar biológicamente la materia orgánica existentes en las aguas residuales y servidas, el ensayo tiene una duración de 5, 6 o 7 días, en los primeros 5 días se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables presentes en las muestras. (Suarez, 2012)

#### **1.6.3.5 Demanda química de oxígeno:**

Por su parte la DQO, se refiere a la cantidad de oxígeno (mg O<sub>2</sub>/l), necesaria para oxidar los componentes del agua, mediante el empleo de reacciones químicas. El ensayo tiene una duración de 2 horas (Rodriguez, 2007)

### **1.6.4 Índices de calidad del agua:**

Los Índices de calidad de las fuentes de agua, se conforman como un recurso indispensable y necesario para evaluar la aptitud del uso de un cuerpo hídrico, las tablas de calidad se dividen según el uso del agua, además del cuerpo hídrico donde se va a descargar aguas residuales, especificando los límites permisibles que deben cumplir de sus componentes fisicoquímicos, microbiológicos, antes de ser descargados. (TULSMA, 2017)

### **1.6.5 Planta de tratamiento**

Es una instalación en donde se realizan diferentes procesos químicos, físicos o biológicos para tratar las aguas servidas y la remoción de contaminantes (Anjum et al., 2016).

## **1.6.6 Etapas de tratamiento del agua:**

### ***1.6.6.1 Tratamiento preliminar***

Se basa en la eliminación de sólidos gruesos y arena mediante métodos físicos como pantalla o rejillas, y cámaras de arena respectivamente.

### ***1.6.6.2 Tratamiento primario***

Tiene como objetivo la remoción de sólidos en suspensión sedimentables y sólidos flotantes removidas por unidades de sedimentación disminuyendo la carga de DBO, que se puede realzar por medio de coagulantes.

### ***1.6.6.3 Tratamiento secundario***

Elimina los sólidos orgánicos y suspendidos residuales. La materia orgánica es removida usando procesos biológicos de tratamiento aeróbico.

### ***1.6.6.4 Tratamiento terciario***

Es un tratamiento avanzado encargado de disminuir la carga de nitrógeno, fósforo, metales pesados, bacterias y virus. Se puede utilizar filtros de arena o materiales de membranas.

## **1.7 Plan De Trabajo**

Las actividades que se realizan durante el desarrollo del proyecto para el diseño de la planta de tratamiento de aguas servidas en el cantón Caluma, provincia de

# Bolívar.

|  | Semana#1 | Semana#2 | Semana#3 | Semana#4 | Semana#5 | Semana#6 | Semana#7 | Semana#8 | Semana#9 | Semana#10 | Semana#11 | Semana#12 | Semana#13 | Semana#14 | Semana#15 | Semana#16 | Semana#17 | Semana#18 |   |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| 1 Reconocimiento de la zona de estudio               | ■        |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 2 Definición de objetivos                            |          | ■        |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 3 Antecedentes                                       |          | ■        |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 4 Justificación del proyecto                         |          | ■        |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 5 Recolección de muestras en campo                   |          |          | ■        |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 6 Ensayos de laboratorio                             |          |          | ■        |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 7 Topografía de la zona                              |          |          |          | ■        |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 8 Diseño de alternativas                             |          |          |          |          | ■        | ■        |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 9 Presentación de la memoria técnica                 |          |          |          |          |          |          | ■        |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 10 Preparación de la exposición                      |          |          |          |          |          |          | ■        |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 11 Planos topográficos                               |          |          |          |          |          |          |          | ■        |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 12 Ubicación de las plantas                          |          |          |          |          |          |          |          | ■        |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 14 Diseño de alternativa escogida                    |          |          |          |          |          |          |          |          | ■        | ■         | ■         |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 15 Elaboración de primer avance de impacto ambiental |          |          |          |          |          |          |          |          |          | ■         |           |           |           |           |           |           |           |           |   |
| 16 Planos de diseño finales                          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           | ■         | ■         | ■         |           |           |           |           |           |   |
| 17 Segunda entrega de EIA                            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           | ■         |           |           |           |           |           |           |   |
| 18 Entrega Final (correcciones) de impacto ambiental |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           | ■         | ■         |           |           |           |           |   |
| 19 Entrega final del planos                          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           | ■         |           |           |           |   |
| 20 Memoria técnica 80%                               |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           | ■         |           |           |   |
| 21 Elaboración de APUS y presupuesto                 |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           | ■         |           |   |
| 22 Correcciones finales de memoria técnica           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           | ■         |   |
| 23 Entrega memoria técnica 99%                       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | ■ |
| 24 Entrega total del trabajo                         |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | ■ |

**Figura 1.4 Plan de trabajo para desarrollo del proyecto [Baque & Zavala, 2021]**

# CAPÍTULO 2

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Metodología

La metodología de trabajo para el presente proyecto se dividirá en varias fases, de manera que se pueda elaborar un trabajo de calidad:

La primera fase abarca la revisión bibliográfica necesaria para el proyecto, en esta etapa se recopilará información acerca del funcionamiento, componentes, ventajas y desventajas de los distintos sistemas de tratamiento de aguas servidas que se emplean comúnmente en la actualidad, así como de sistemas no tan convencionales y que impliquen el uso de nuevas tecnologías, con el fin de estudiar la posibilidad de proponer una solución innovadora y eficaz. En esta fase también se obtendrá información acerca de la zona de estudio, informes, planos y memorias técnicas existentes y demás datos que permitan obtener un amplio conocimiento sobre la problemática y sus posibles soluciones.

La segunda fase abarca la recopilación de datos mediante visitas de campo que permitan conocer de mejor manera la zona de estudio, así como la elaboración de campañas de muestreo y topografía, con el fin de tener datos más certeros a la hora de diseñar una propuesta de solución.

La fase tres consiste en la propuesta preliminar de dos alternativas diseñadas mediante cálculos de ingeniería básica, con lo que se podrá analizar de manera objetiva los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales asociados a cada una de estas propuestas, para así seleccionar la mejor alternativa mediante una valoración cuantitativa.

En la fase cuatro se procederá a diseñar a detalle la alternativa seleccionada en la etapa anterior, basándose en normativas nacionales e internacionales que garanticen la eficiencia y funcionalidad de la solución.

Finalmente, la fase número cinco abarca la correspondiente evaluación del impacto ambiental del proyecto, así como la elaboración de planos y presupuestos de la obra. En esta fase se detallan también las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegan luego del desarrollo del proyecto.

## 2.2 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete

### 2.2.1 Trabajo de campo:

#### 2.2.1.1 Reconocimiento del terreno, topografía:

Se realizó un primer viaje al cantón Caluma, con la colaboración de la municipalidad, se analizó la problemática y luego se movilizó a las zonas de estudio. Una vez hecho el reconocimiento del terreno, se estableció las áreas que requerían mayor enfoque, de tal manera que se planificó el siguiente viaje, en el cual, se desarrolló un estudio de fotogrametría con dron, durante 3 días, ya que se trataba de contar con las mejores condiciones climáticas para que el estudio sea más acertado, el cual permitió obtener las curvas de nivel necesarias para encontrar la ubicación óptima de las plantas aprovechando el relieve de Caluma.

#### 2.2.1.2 Muestreo:

Se planificó el muestreo en los puntos de interés de Caluma, y con la ayuda del municipio se llegó a los puntos de estudio, donde se realizó un muestreo compuesto, que se basó en llenar los envases cada 15 minutos durante un periodo de 45 minutos por muestra. Se llenaron 2 diferentes tipos de envase de 1 litro en cada punto, uno de plástico y otro de vidrio ámbar, los mismos fueron transportados en hieleras para preservar las muestras a condiciones ambientales necesarias para cada ensayo en laboratorio. A continuación, se observa el detalle de las muestras recolectadas en el cantón Caluma en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Ubicación de las muestras tomadas en Caluma [Baque & Zavala, 2021]**

| Muestras | Coordenadas X | Coordenadas Y | Fecha de muestreo | Descripción                |
|----------|---------------|---------------|-------------------|----------------------------|
| 1        | 691506.8      | 9821102.0     | 22/10/2021        | Estero Cacahuyacu          |
| 2        | 693374.3      | 9818906.1     | 22/10/2021        | Descarga de agua servidas  |
| 3        | 69222.7       | 9819013.1     | 22/10/2021        | Aguas abajo del río Caluma |

|   |          |           |            |                                |
|---|----------|-----------|------------|--------------------------------|
| 4 | 694475.6 | 9820025.5 | 22/10/2021 | Aguas arriba del río<br>Caluma |
|---|----------|-----------|------------|--------------------------------|

En campo también se realizaron mediciones de conductividad, ph, y temperatura de las zonas donde se realizó el muestreo, los resultados son detallados en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Resultados de parámetros de diseño obtenidos en campo [Baque & Zavala, 2021].**

| Muestras  | Temperatura (°C) | Conductividad (mS/cm) | pH   |
|-----------|------------------|-----------------------|------|
| Muestra 1 | 23,7             | 93,8                  | 6,98 |
| Muestra 2 | 24,2             | 399,0                 | 6,98 |
| Muestra 3 | 22,8             | 84,3                  | 6,98 |
| Muestra 4 | 22,8             | 83,3                  | 6,93 |

### 2.2.2 Trabajo de Laboratorio

En el laboratorio de sanitarias de la ESPOL, se realizaron los ensayos requeridos para el diseño de las plantas de tratamiento de aguas servidas. Se inició con el cono de Imhoff, el cual permite obtener el volumen de sólidos sedimentables, luego se desarrolló el ensayo de DQO y el DBO<sub>5</sub>, para así tener una referencia del nivel de contaminación en las zonas de interés, donde se obtuvo los resultados del DBO<sub>5</sub> 5 días después, que es el tiempo en que se consume alrededor del 70% de materia orgánica; finalmente se realizó el ensayo de sólidos totales para así poder aplicar los correctos sistemas operativos en las plantas, obteniéndose así los siguientes resultados de ensayos de laboratorio detallados en la tabla 2.3.

**Tabla 2.3 Resultados de parámetros de diseño obtenidos en laboratorio [Baque & Zavala, 2021].**

| Muestras  | DBO (mg L <sup>-1</sup> ) | DQO (mg L <sup>-1</sup> ) | SST (mg/mL) | SS (mL/L)  |
|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------|------------|
| Muestra 1 | 31                        | 24,0                      | 15,0        | 0,1 ± 0.05 |
| Muestra 2 | 293                       | 519,0                     | 247,0       | 3,5 ± 0.05 |
| Muestra 3 | 36                        | 11                        | 10,0        | 0,1 ± 0.05 |

|                  |    |   |     |            |
|------------------|----|---|-----|------------|
| <b>Muestra 4</b> | 37 | 8 | 8,0 | 0,1 ± 0.05 |
|------------------|----|---|-----|------------|

Debido a que el equipo para realizar los ensayos de DQO presentaba fallas, ya que no se le había hecho el mantenimiento correspondiente, no se tomó en consideración este parámetro para el diseño.

Analizando los resultados de DBO, se puede concluir que tienen una elevada carga orgánica en la muestra 2, lo que es coherente, debido a que esa muestra proviene de una descarga directa de aguas residuales, y a su vez presenta elevada cantidad de sólidos totales y sólidos sedimentables, a diferencia de las demás muestras que provienen del río Caluma y el estero Cacahuyacu, partiendo del DBO en la muestra 2 se puede observar que será necesario emplear un tratamiento biológico para las aguas residuales, además de los sólidos totales y sedimentables, se comprueba el uso de un sedimentador, siendo estos valores mencionados los parámetros de diseño para la planta de tratamiento de aguas residuales.

## 2.2.3 Trabajo de Gabinete

### 2.2.3.1 Proyección poblacional:

El código ecuatoriano establece que para el cálculo de la población futura se deben emplear por lo menos 3 métodos de proyección futura diferentes, para así realizar una comparación, y escoger el adecuado considerando los respectivos factores sociales, políticos y sociales.

#### 2.2.3.1.1 Métodos de proyección poblacional

##### Método 1: Wappaus

Este método se emplea para volúmenes pequeños de población, los parámetros requeridos para este método son la población actual de la zona de estudio, tasa de crecimiento y el año para el cual se desea realizar la proyección, empleando la ecuación matemática 2.1.

$$P_f = P_{ci} \left[ \frac{200+i*(T_f-T_{ci})}{200-i*(T_f-T_{ci})} \right]$$

( 2.1)

Donde:

$P_f[hab]$ : Población futura al año deseado.

$P_{ci}[hab]$ : Población actual de la zona de estudio.

$i[\%]$ : Tasa de crecimiento poblacional de la zona de estudio.

$T_f[años]$ : años a los que se desea realizar la proyección.

$T_{ci}[años]$ : año inicial de la población actual de la zona de estudio.

### **Método 2: Geométrico**

Este método es el más empleado para estimar la proyección poblacional, debido a que se aproxima más a la realidad, mediante la relación proporcional entre el aumento de volumen poblacional con el tamaño actual de población, por estas razones es el método empleado en la INEC, mediante la ecuación 2.2. mostrada a continuación:

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{(T_f - T_{uc})}$$

( 2.2)

Donde:

$P_f[hab]$ : Población futura al año deseado.

$P_{uc}[hab]$ : Población actual de la zona de estudio.

$r[\%]$ : Tasa de crecimiento poblacional de la zona de estudio.

$T_f[años]$ : años a los que se desea realizar la proyección.

$T_{uc}[años]$ : año inicial de la población actual de la zona de estudio.

### **Método 3: Logarítmico**

El ultimo método a emplear es el logarítmico, conocido también como método exponencial, para el desarrollo de este se emplea la ecuación 2.3:

$$P_f = P_{ci} * e^{Kg*(T_f - T_{ci})}$$

( 2.3)

Donde:

$P_f$ [hab]: Población futura al año deseado.

$P_{ci}$ [hab]: Población actual de la zona de estudio.

$Kg$ [%]: Tasa de crecimiento poblacional de la zona de estudio.

$T_f$ [años]: años a los que se desea realizar la proyección.

$T_{ci}$ [años]: año inicial de la población actual de la zona de estudio.

### 2.2.3.2 Dotación poblacional:

Debido a que no se ha realizado ningún estudio por parte del municipio de Caluma con respecto al abastecimiento del agua potable, no se tiene información acerca del consumo de agua, por lo que se empleará un valor teórico según la figura 2.1 del CPE INEN, detallado a continuación:

| POBLACIÓN<br>(habitantes) | CLIMA    | DOTACIÓN MEDIA FUTURA<br>(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 2.1 Dotaciones recomendadas según CPE INEN 5, Parte 9-1 1992 (INEN, 1992)

### 2.2.3.3 Coeficiente de retorno:

Se denomina coeficiente de retorno a la estimación del consumo total de agua empleada en uso doméstico que es devuelto al alcantarillado, debido a que el 100% del agua no se descarga como agua servida. Un valor teórico aproximado para los cálculos es entre 65%-85%. Las normas del IEOS establecen un aporte

del 70%-80% del agua potable al sistema del alcantarillado sanitario, por lo que se tomará un valor del 80% para los cálculos.

#### **2.2.3.4 Caudal medio:**

Se obtiene a partir de la dotación y la población proyectada y se lleva la expresión a unidades de L/s como se detalla en la ecuación 2.4:

$$Q_{medio} = \frac{P_f * Dot}{86400} \quad (2.4)$$

Donde:

$Q_{medio}$  [L/s]: Caudal medio.

$P_f$  [hab]: Población futura al año deseado.

$Dot$  [L/hab/día]: Cantidad de agua en litros que consume una persona en un día.

#### **2.2.3.5 Caudal de aguas servidas domésticas:**

Según las normas del IEOS establecen un aporte del 70 al 80 % del agua potable al agua del alcantarillado sanitario, por lo que se establece la ecuación 2.5:

$$Q_{aguas\_servidas} = Q_{medio} * 0.8 \quad (2.5)$$

Donde:

$Q_{aguas\_servidas}$  [L/s]: Caudal correspondiente a las aguas servidas de una población.

$Q_{medio}$  [L/s]: Caudal medio.

#### **2.2.3.6 Factor de mayoración:**

Las normas del IEOS aconsejan adoptar un factor de mayoración, el mismo responde a una investigación existente en el lugar, para este caso se va a aplicar la siguiente ecuación 2.6.

$$\text{Factor de mayoración} = \frac{4}{(P_f/1000)^{0.2}}$$

( 2.6)

Donde:

*Factor de mayoración* : Factor por el cual se mayor el caudal de aguas servidas.

$P_f$ [hab]: Población futura al año deseado.

### **2.2.3.7 Caudal de aguas servidas mayoradas:**

El caudal previamente obtenido debe ser mayorado como se establece en las normas del IEOS, mediante la ecuación 2.7.

$$Q_{\text{aguas\_servidas\_mayorado}} = Q_{\text{aguas\_servidas}} * \text{Factor de mayoración}$$

( 2.7)

Donde:

$Q_{\text{aguas\_servidas\_mayorado}}$ [L/s] : Corresponde al caudal de aguas servidas mayorado.

*Factor de mayoración*: Factor de mayoración por el cual se multiplica el caudal de aguas servidas.

$Q_{\text{aguas\_servidas}}$ [L/s]: Caudal correspondiente a las aguas servidas de una población.

### **2.2.3.8 Caudal de infiltración:**

Se establece al caudal de infiltración corresponde al 10% del área de influencia de la zona de estudio detallado en la ecuación 2.8.

$$Q_{infiltración} = Área_{influencia} * 0.1$$

( 2.8)

Donde:

$Q_{infiltración} \left[ \frac{L}{s} \right]$ : Caudal de aguas infiltradas.

$Área_{influencia} [ha]$ : Área de influencia sobre los caudales en hectáreas.

### 2.2.3.9 Caudal de aguas ilícitas:

Corresponde a los caudales que se infiltran ilegalmente a la red, que son muy comunes en cantones. El mismo se obtiene con la ecuación 2.9.

$$Q_{ilicidas} = \frac{P_f}{1000}$$

( 2.9)

Donde:

$Q_{ilicidas} [L/s]$ : Caudal de aguas ilícitas.

$P_f [hab]$ : población final.

### 2.2.3.10 Caudal de diseño:

El caudal empleado para el diseño corresponde a la unión de los caudales de aguas servidas mayoradas, infiltración e ilícitas, detallado en la ecuación 2.10.

$$Q_{diseño} = Q_{aguas\_servidas\_mayorado} + Q_{ilicidas} + Q_{infiltración}$$

( 2.10)

Donde:

$Q_{diseño} \left[ \frac{L}{s} \right]$ : corresponde al caudal empleado para el diseño.

$Q_{ilicidas} [L/s]$ : Caudal de aguas ilícitas.

$Q_{infiltración} \left[ \frac{L}{s} \right]$ : Caudal de aguas infiltradas.

$Q_{aguas\_servidas\_mayorado} [L/s]$  : Corresponde al caudal de aguas servidas mayorado.

#### **2.2.3.11 Caudal industrial:**

En el caso particular de Caluma, no hay presencia de industrias, por lo que este parámetro no será considerado para el diseño de la solución.

#### **2.2.3.12 Criterios de diseño para planta de tratamiento**

##### **2.2.3.12.1 Canal de entrada:**

Para el canal de entrada al sistema depurador es necesario determinarlo mediante la siguiente ecuación:

$$A_{canal} = \frac{Q_{diseño}}{Velocidad} \quad (2.11)$$

Donde:

$A_{canal} [m^2]$ : Área del canal

$Q_{diseño} [m^3]$ : Caudal de diseño de la zona analizada.

$Velocidad \left[ \frac{m}{s} \right]$ : Velocidad del flujo escogida.

Una vez determinada el área, se realiza la correspondiente estimación de la altura del canal empleando la siguiente ecuación:

$$H = \frac{A_{canal}}{Ancho} \quad (2.12)$$

Donde:

$H [m]$ : La altura del canal.

$A_{canal} [m^2]$ : Área del canal

$Ancho [m]$ : El ancho del canal

### 2.2.3.12.2 Pretratamiento:

**Cribado:** Se empleó un sistema encargado de realizar la separación física del material que no se pueda tratar mediante procesos biológicos, el mismo consiste en mallas metálicas de diferentes tamaños que se encargaran de retener los sólidos.

Para el dimensionamiento de este se parte de obtener el área mediante la ecuación 2.13.

$$\text{Área} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{\text{Velocidad}} \quad (2.13)$$

Donde:

$\text{Área}[m^2]$ : Área de entrada en el canal

$Q_{\text{diseño}}[m^3/s]$ : Caudal de diseño para el cribado

$\text{Velocidad} \left[ \frac{m}{s} \right]$ : Velocidad recomendada entre [0.3 y 0.6].

Para calcular la pérdida de carga en la rejilla se emplea la ecuación 2.14.

$$\Delta h = k_1 * k_2 * k_3 * \frac{Vc^2}{2g} \quad (2.14)$$

Donde:

$\Delta h[m]$ : pérdida de carga en la rejilla

$k_1$ : 2.04

$k_2$ : Depende de la forma de la sección, se aplicará sección rectangular 1.

$k_3$ : Coeficiente de la sección de paso entre barrotes, se lo obtiene de la figura 2.2

$Vc[m/s]$ : Velocidad del flujo.

$g[m^2/s]$ : Gravedad

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

Figura 2.2 Gráfica para la obtención del coeficiente de paso [WEF y ASCE, MOP,2021]

Se obtiene el calado real, sumando el valor de la carga de la rejilla a la altura, empleando la ecuación

$$H_{real} = Altura + \Delta h$$

( 2.15)

Donde:

$H_{real}[m]$ : Calado real.

$Altura[m]$ : Altura previamente establecida para el canal.

$\Delta h[m]$ : Pérdida de carga en la rejilla.

Se debe revisar que la velocidad este dentro del rango mencionado empleando la ecuación 2.16 para verificar.

$$V_c = \frac{Q_{diseño}}{H_{real}}$$

( 2.16)

Donde:

$V_c \left[ \frac{m}{s} \right]$ : Velocidad final debe estar en un rango de [0.3-0.6]

$Q_{diseño}[m^3/s]$ : Caudal de diseño para el cribado

$H_{real}[m]$ : Calado real.

Finalmente se calcula la anchura del canal en la sección donde se ubicarán los barrotes mediante la ecuación 2.17.

$$W = \frac{Q_{diseño}}{Vr * D} * \left( \frac{b + s}{s} \right) + C$$

( 2.17)

Donde:

$W[m]$ : Anchura del canal en la zona de las rejillas.

$Q_{diseño}[m^3/s]$ : Caudal de diseño para el cribado.

$Vr[m/s]$ : Velocidad máxima en las rejillas.

$D[m]$ : Nivel aguas arriba de la rejilla

$b[m]$ : Ancho de barrotes.

$s[m]$ : Separación entre barrotes

$C$ : Coeficiente de seguridad (0.1 rejilla fina y 0.3 rejilla gruesa).

**Separador de grasas:** Basándose en las normas de descarga establecidas, se considera que las aguas residuales se aplicará un separador de grasas convencional en las viviendas. (CEPIS, Organización Panamericana de la Salud; Comité Ejecutivo de la OPS; Salud Ambiental; Evaluación de Programas; CEPIS; Americas , 2006)

**Desarenador:** Es una estructura cuyo objetivo es el de separar del afluente la arena y toda partícula gruesa en suspensión presente en el mismo, con la finalidad de evitar depósitos de estas partículas en los reactores que conforman el sistema de tratamiento principal, pues esto puede ocasionar una significativa disminución en la eficiencia de cada uno de los procesos que intervienen en la planta. Además, permite proteger las bombas y evitar sobrecargas en procesos posteriores. (CEPIS, Organización Panamericana de la Salud; Comité Ejecutivo de la OPS; Salud Ambiental; Evaluación de Programas; CEPIS; Americas , 2006)

Un desarenador permite la remoción de partículas cuyo diámetro sea mayor a 0,2 mm, así como la eliminación de partículas de naturaleza orgánica presentes frecuentemente en las aguas residuales como escorias, gravas, cáscaras de huevo, entre otros. (Fernandez, 2015)

Para el dimensionamiento de la estructura se considerará el diámetro mínimo mencionado anteriormente, valor con el cual se obtienen, de la siguiente tabla, los siguientes parámetros de diseño.

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

**Figura 2.3 Datos de sedimentación de partículas. [Hernández Muñoz, Hernández Lehmann, A., & Galán Martínez, P., 1996]**

Donde:

*d*: Diámetro partícula de arena

*V<sub>c</sub>*: Velocidad de sedimentación para un fluido con velocidad horizontal nula

*V<sub>c'</sub>*: Velocidad de sedimentación para un fluido con velocidad horizontal *V<sub>H</sub>*

*V<sub>H</sub>*: Velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada

Con estos datos se procede a calcular la sección horizontal y la sección transversal del desarenador mediante las ecuaciones 2.18 y 2.19.

$$S_{long} = \frac{Q_{diseño}}{V_c} \quad (2.18)$$

$$S_{trans} = \frac{Q_{diseño}}{V_H} \quad (2.19)$$

Donde:

*S<sub>long</sub>* [*m*<sup>2</sup>]: Sección longitudinal del desarenador.

*Q<sub>diseño</sub>* [*m*<sup>3</sup>/*s*]: Caudal de diseño

*V<sub>c</sub>* [*m*/*s*]: Velocidad de sedimentación para un fluido con velocidad horizontal nula

*S<sub>trans</sub>* [*m*<sup>2</sup>]: Sección transversal del desarenador.

*V<sub>H</sub>* [*m*/*s*]: Velocidad horizontal crítica de arrastre de la partícula depositada

El valor de la sección transversal permite determinar las dimensiones de ancho y alto del desarenador, asumiendo una relación ancho - alto entre 1 y 5. Se emplean las ecuaciones 2.20 y 2.21 para determinar estas dimensiones.

$$h = \sqrt{\frac{S_{trans}}{rah}}$$

( 2.20)

$$a = \frac{S_{trans}}{h}$$

( 2.21)

Donde:

$h$  [m]: Altura del desarenador

$S_{trans}$  [m<sup>2</sup>]: Sección transversal del desarenador.

$rah$ : Relación ancho - alto

$a$ [m]: Ancho del desarenador

Se procede a calcular la longitud del desarenador mediante la ecuación 2.22.

$$L = \frac{S_{long}}{a}$$

( 2.22)

Donde:

$L$  [m]: Longitud del desarenador

$S_{long}$  [m<sup>2</sup>]: Sección longitudinal del desarenador.

$a$ [m]: Ancho del desarenador

Por tanto, el volumen total del desarenador viene dado por la ecuación 2.23.

$$V = a * L * h$$

( 2.23)

Donde:

$V$  [m<sup>3</sup>]: Volumen del desarenador

$a$ [m<sup>3</sup>/s]: Ancho del desarenador

$L$  [m]: Longitud del desarenador

$h$  [m]: Altura del desarenador

Se comprueba el tiempo de retención que se obtendría, mediante la ecuación 2.24.

$$T_{retención} = \frac{V}{Q_{diseño}}$$

( 2.24)

Donde:

$T_{retención}$  [s]: Tiempo de retención

$V$  [ $m^3$ ]: Volumen del desarenador

$Q_{diseño}$  [ $m^3/s$ ]: Caudal de diseño

En caso de que la estructura no cumpla con el tiempo de retención recomendado, se establece un tiempo mínimo y se diseña a partir del mismo, calculando un nuevo volumen del desarenador y, consecuentemente, nuevas dimensiones para la estructura.

Zonificación, población y caudales de diseño: El cantón Caluma, está dividido en 3 zonas de estudio, las cuales cuentan con su respectiva población de análisis, caudales de diseño, los datos mencionados fueron otorgados por el municipio de Caluma, y se detallan en la tabla 2.4 que se observa a continuación:

**Tabla 2.4 Parámetros de diseño [GAD Caluma, 2018]**

| Zonas | Población futura [Hab] | Caudal de diseño [L/s] |
|-------|------------------------|------------------------|
| 1     | 4642                   | 9.46                   |
| 2     | 7947                   | 16.24                  |
| 3     | 447                    | 0.91                   |

### 2.3 Análisis de alternativas:

Se estableció la zona 2 como el área de estudio, por lo que solo se va a diseñar 2 plantas de tratamiento de aguas residuales con diferentes procesos, destacando que las aguas residuales deben cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en Texto Unificado de Legislación Secundario del Ministerio del Ambiente (TULSMA), al momento de conectarse a la red de alcantarillado municipal, además se consideró únicamente la etapa de tratamiento, puesto que el pretratamiento convencional para agua residual doméstica necesario en ambas alternativas fue el mismo. Las alternativas fueron diseñadas mediante ingeniería básica, la alternativa escogida fue analizada a ingeniería a detalle.

### 2.3.1 Alternativa A.

Como primera alternativa, se propuso la implementación de un sistema de tratamiento convencional por lodos activados, proceso biológico que se basa en la acción de microorganismos capaces de depurar el agua contaminada mediante una remoción natural de los contaminantes que en esta se encuentren. Esto mediante un proceso aerobio provocado por una aireación prolongada y la recirculación de fangos activados, cuya acción remueve componentes biodegradables presentes en el agua residual. Este es un método ideal para su implementación en comunidades pequeñas o medianas.

El sistema se basa principalmente en dos reactores: El tanque de aireación y el tanque sedimentador. En el primero de estos se inyecta oxígeno a la mezcla dentro del tanque para activar las bacterias encargadas de depurar la materia orgánica del agua, mientras que en el tanque sedimentador se separan los sólidos suspendidos del agua tratada, con el fin de clarificarla.

Este sistema de tratamiento de aguas servidas presenta ventajas muy notables como las que se mencionan a continuación:

- Es idóneo para soportar altas cargas orgánicas en el agua a tratar, factor que en otros procesos de tratamiento debe ser de sumo cuidado al momento de su diseño.
- Es capaz de tratar diversos tipos de aguas residuales.
- El tanque de aireación cuenta con un amortiguador que permite regular las oleadas de descargas de la planta.

En cuanto a los aspectos negativos de este procedimiento se pueden mencionar los siguientes:

- Por lo general, los costos de diseño, construcción y mantenimiento suelen ser muy elevados.
- La operación de este tipo de plantas requiere un alto gasto energético.
- Si bien son capaces de soportar cargas orgánicas altas, cambios bruscos de dicho factor pueden ocasionar fallas en el tratamiento.
- La presencia de sólidos suspendidos y metales en el agua que ingrese al sistema puede provocar daños en el mismo, esto provoca que el sistema

en general deba contar con un tratamiento primario, lo cual aumenta los costos de construcción y mantenimiento.

Se realizó un dimensionamiento preliminar, para posteriormente obtener un presupuesto base, el cual servirá para la comparación de alternativas y posteriormente seleccionar la mejor.

### **2.3.1.1 Dimensionamiento preliminar.**

Se parte de que los ensayos de laboratorio de una de las muestras de descarga de desechos, la cual otorgó los siguientes resultados mostrados en la tabla 2.5:

**Tabla 2.5 Resultado de los ensayos de laboratorio de la muestra 2 [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Muestras</b> | <b>DBO (mg L<sup>-1</sup>)</b> | <b>SST (mg/mL)</b> | <b>SS (mL/L)</b> |
|-----------------|--------------------------------|--------------------|------------------|
| Muestra 2       | 293                            | 247.0 ±            | 5 ±              |

Debido a que se cuenta con un DBO elevado, se realizó el diseño para desechos muy biodegradables, por lo que se planteó un tratamiento biológico de sistema de lodos activados, el mismo que contó con los siguientes parámetros de diseño detallados en la tabla 2.6:

**Tabla 2.6 Parámetros de diseño para la planta de tratamiento [Baque & Zavala, 2021]**

|                   | <b>DBO (mg L<sup>-1</sup>)</b> | <b>Q diseño [L/s]</b> | <b>SST (mg/mL)</b> | <b>SS (mL/L)</b> |
|-------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| <b>Parámetros</b> | 350                            | 16.24                 | 250                | 10               |

Dado que el 65% de los sólidos suspendidos son biodegradables, por lo que se aplicó la ecuación (2.25), para determinar el DBO presente en los sólidos y posteriormente se utilizó la ecuación (2.26) calcular los sólidos biodegradables en el efluente.

$$DBO_{sólidos} = SS * 0.65$$

**( 2.25)**

$$DBO_{sólidos} = 10 * 0.65 = 6.5 \text{ mg/L}$$

$$DBO_{sól\_bio} = DBO_{sólidos} * 1.42$$

**( 2.26)**

$$DBO_{sól\_bio} = 6.5 * 1.42 = 9.23 \text{ mg/L}$$

Se emplea la ecuación (2.27) para para determinar los sólidos suspendidos en el efluente:

$$DBO_{sól\_susp} = DBO_{sól\_bio} * 0.68$$

**( 2.27)**

$$DBO_{sól\_susp} = 9.23 * 0.68 = 6.275 \text{ mg/L}$$

De las ecuaciones se obtiene que el efluente debe contener 10 mg/L menos, por lo que se emplean las ecuaciones 2.28 y 2.29 para determinar así el DBO en el efluente:

$$DBO_{adec} = 10 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$DBO_{soluble} = DBO_{adc} - DBO_{sol\_susp}$$

**( 2.28)**

$$DBO_{soluble} = 10 - 6.275 = 3.724 \text{ mg/L}$$

$$DBO_{efluente} = DBO_{soluble} + DBO_{sol\_susp}$$

**( 2.29)**

$$DBO_{efluente} = 3.724 + 6.275 = 10 \text{ mg/L}$$

Para el diseño del reactor se tomaron en cuenta los parámetros que se encuentran en la tabla 2.7 y la ecuación (2.30), (2.31).

**Tabla 2.7 Parámetros de diseño [Metcalf y Eddy, 2003]**

| Parámetro  | Valor       | Unidades         |
|--|-------------|------------------|
| SSVLM  | 4000        | Mg/L             |
| $\theta_c$   | 11          | D                |
| Concentración de sólidos totales en lodo sedimentado | 15000       | Mg/L             |
| Y (20°)  | 0.4-0.8     | Mg VSS / Mg DBO5 |
| Kd (20°)   | 0.025-0.075 | d <sup>-1</sup>  |

$$Xv = \frac{tr * Y * Q_{diseño} * (DBO - DBO_{efluente})}{1 + Kd * tr} = 1896.769 Kg$$

( 2.30)

$$Xv = \frac{11 * 0.6 * 0.016 * (350 - 10)}{1 + 0.06 * 11} = 1896.769 Kg$$

$$SSVLM = 4000 mg/L$$

El volumen se lo obtiene con la ecuación (2.31):

$$Volumen = \frac{Xv}{SSVLM}$$

( 2.31)

$$Volumen = \frac{1896.77}{4000} = 474.192 m^3$$

Dejando fija una variable del diseño, se definió por los autores que la altura de trabajo de los tanques es de 3.5 m. Se estableció el uso de 2 tanques de aireación y se obtuvo las dimensiones del reactor detalladas en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8 Dimensiones de los tanques de aireación [Baque & Zavala, 2021]**

|                     | Valor   | Unidades       |
|---------------------|---------|----------------|
| <b>No. Unidades</b> | 2       |                |
| <b>Altura</b>       | 3.5     | M              |
| <b>Diámetro</b>     | 10      | M              |
| <b>Espesor</b>      | 35      | cm             |
| <b>Volumen</b>      | 1099.57 | m <sup>3</sup> |

Es necesario verificar el tiempo de retención hidráulica para lo cual se aplicó las ecuaciones 2.32 y 2.33. verificando así que los valores estén dentro del rango de 9 horas – 15 horas establecidos por la IEOS.

$$Q_{reactor} = \frac{Q_{diseño}}{2} \quad (2.32)$$

$$Q_{reactor} = 8.12 \text{ L/s}$$

$$t = \frac{Volumen}{Q_{reactor}} \quad (2.33)$$

$$t = 9.4 \text{ hr}$$

Se muestra en la figura 2.2 y 2.3, el tanque con sus respectivas medidas, considerando los respectivos espesores y alturas establecidas.

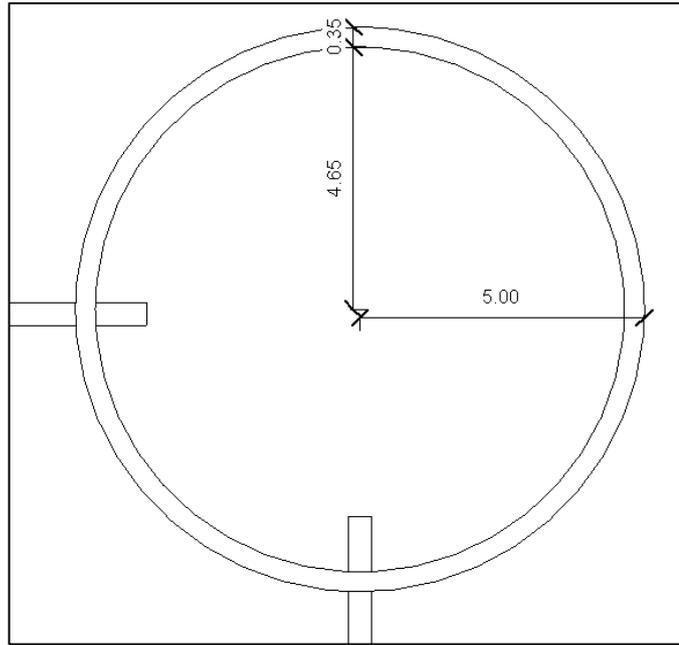


Figura 2.4 Vista en planta del tanque de aireación [Baque & Zavala, 2021]

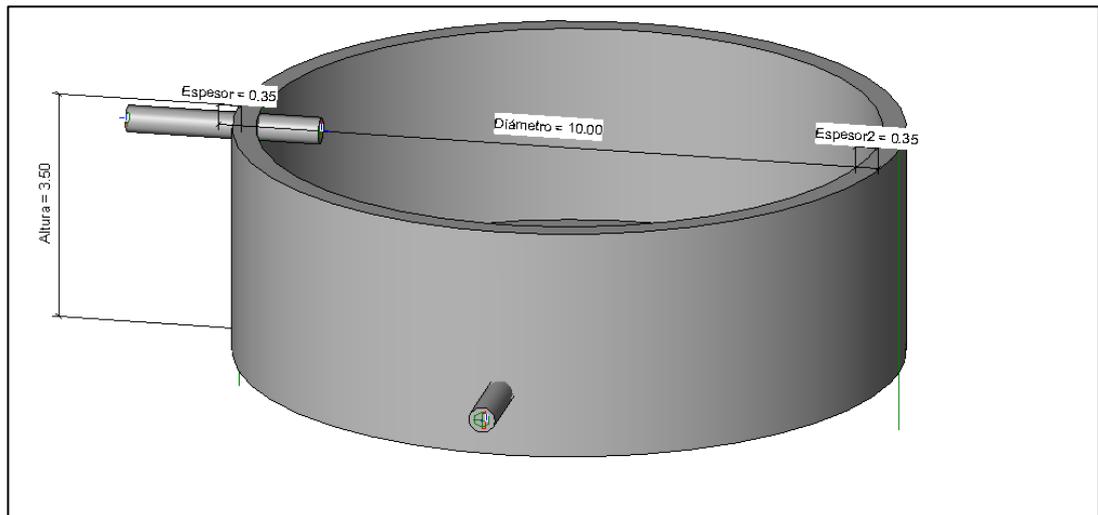


Figura 2.5 Vista en 3D del tanque de aireación [Baque & Zavala, 2021]

Finalmente se calculó la producción de fango mediante la ecuación (2.34):

$$lodos = \frac{Y * Q_{reactor} * (DBO - DBO_{efluente})}{1 + Kd + tr} = 86.217 \text{ kg/día}$$

( 2.34)

$$lodos = 86.217 \text{ kg/día}$$

La siguiente etapa es el diseño del sedimentador secundario de lodos activados, para el cual se estableció las mismas dimensiones de los tanques de aireación, agregándoles los valores de tasa superficial, y el flujo de sólidos medio aplicado, empleando las siguientes ecuaciones (2.35) y (2.36)

$$TS = \frac{Q_{reactor}}{Area} \tag{ 2.35}$$

$$TS = 10.36 \text{ m/día}$$

$$CS = \frac{(1 + R) * (Q_{reactor}) * X}{Area} \tag{ 2.36}$$

$$CS = 2.59 \text{ Kg/(m}^2 * h)$$

A continuación, en la tabla 2.9, se detalla las dimensiones del tanque obtenidas:

**Tabla 2.9 Dimensiones del tanque sedimentador secundario [Baque & Zavala, 2021]**

|  | <b>Valor</b> | <b>Unidades</b>         |
|--|--------------|-------------------------|
| <b>Altura</b>                          | 3.5          | m                       |
| <b>Diámetro</b>                        | 10           | m                       |
| <b>Volumen</b>                         | 1099.56      | m <sup>3</sup>          |
| <b>Espesor</b>                         | 35           | cm                      |
| <b>Tasa superficial</b>                | 10.36        | m/día                   |
| <b>Flujo de sólidos medio aplicado</b> | 2.59         | Kg/(m <sup>2</sup> *hr) |

Se puede observar en la figura 2.2 y 2.3, como sería el tanque sedimentador, ya que cuenta con las mismas dimensiones.

Se procedió finalmente a calcular el digestor de lodos empleando la ecuación (2.37) y definiendo que tendrá una altura de 3 m. Las dimensiones del equipo se detallan en la tabla 2.10.

$$V_{fangos} = tr * Q_w = 63.23 \text{ m}^3 \quad (2.37)$$

$$V_{fangos} = 63.23 \text{ m}^3$$

**Tabla 2.10 Dimensiones del digestor de lodos [Baque & Zavala, 2021]**

|                 | Valor | Unidades       |
|-----------------|-------|----------------|
| <b>Altura</b>   | 3     | m              |
| <b>Diámetro</b> | 5.5   | m              |
| <b>Espesor</b>  | 35    | cm             |
| <b>Volumen</b>  | 285.1 | m <sup>3</sup> |

Se muestra en la figura 2.6 y 2.7, el tanque con sus respectivas medidas, considerando los respectivos espesores y alturas establecidas.

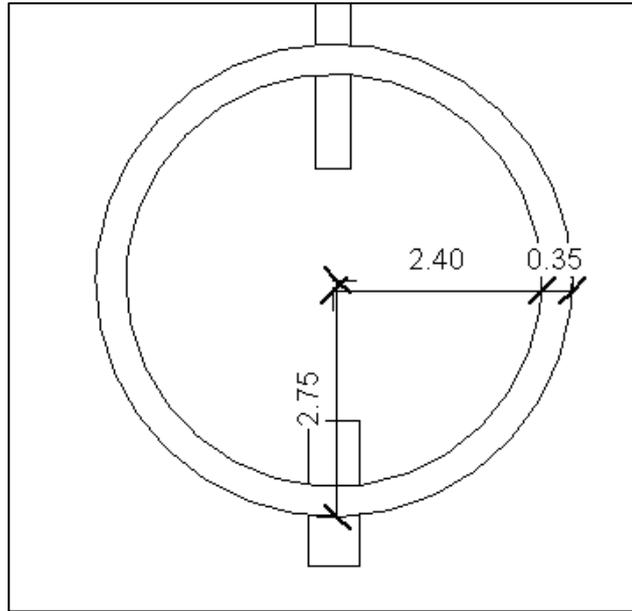


Figura 2.6 Vista en planta del digester de lodos [Baque & Zavala, 2021]

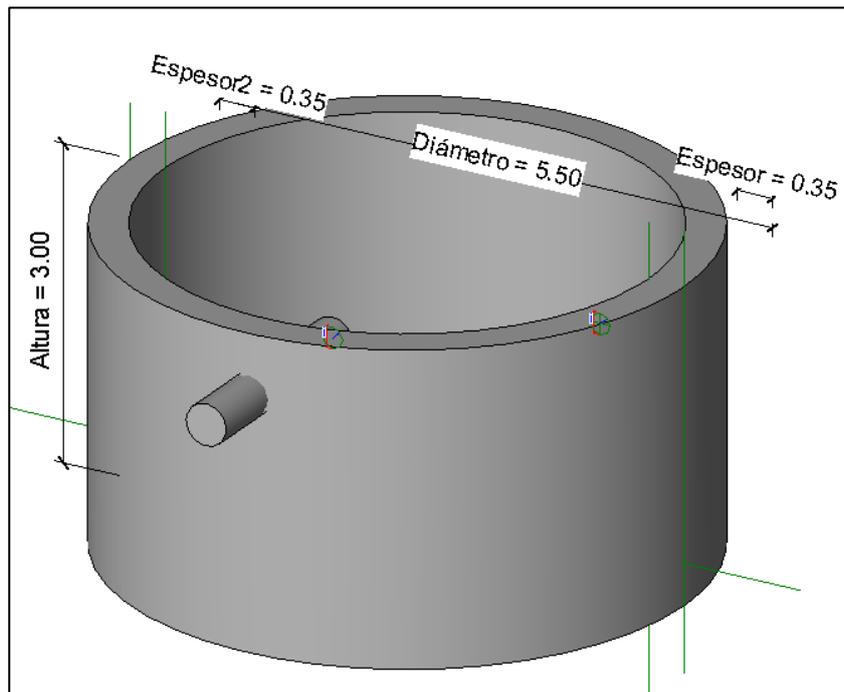
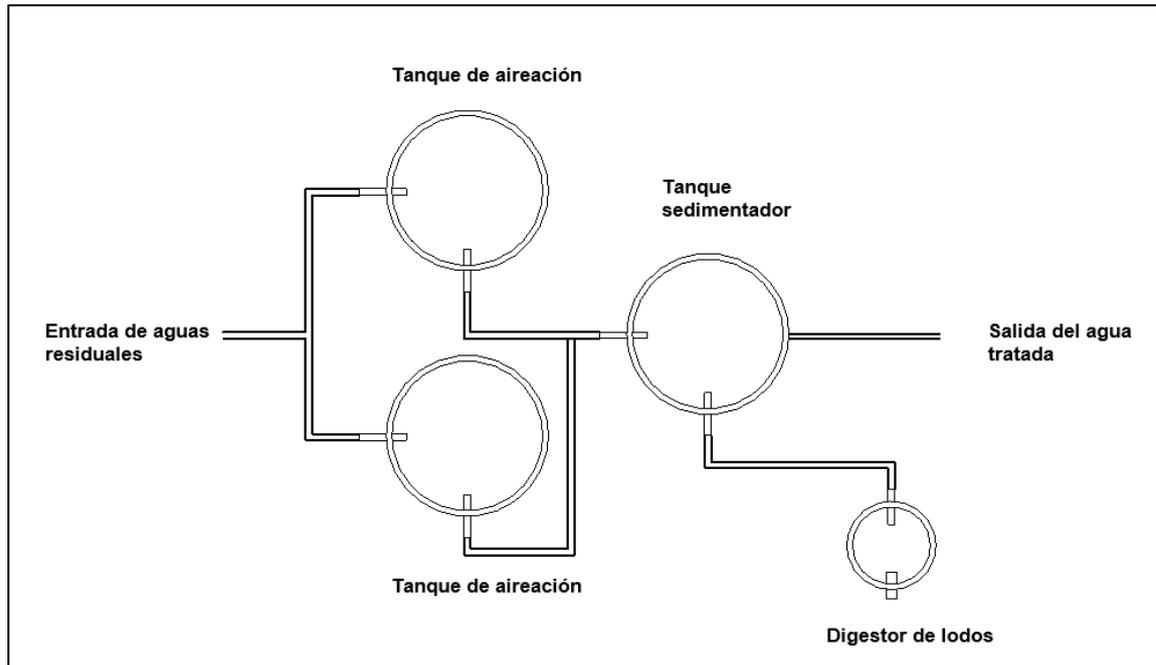


Figura 2.7 Vista en 3D del digester de lodos [Baque & Zavala, 2021]

En la figura 2.8 se detalla la vista en planta del sistema de lodos activados, desde que entran las aguas residuales, que han pasado por la etapa del pretratamiento, luego continúan hasta los tanques de aireación, luego se dirige al tanque sedimentador, y finalmente el agua tratada se descarga al río, y los lodos producidos al digester del lodo.



**Figura 2.8 Vista en planta del sistema de lodos activados [Baque & Zavala, 2021]**

### **2.3.1.2 Presupuesto preliminar**

Se desarrolló un presupuesto preliminar, como se muestra en la tabla 2.11., para el cuál se consideró únicamente la etapa del tratamiento de la alternativa de sistemas de lodos activados, los rubros obtenidos pertenecen a la cámara de industria de la construcción de Guayaquil.

**Tabla 2.11 Presupuesto preliminar de la alternativa A.**

| <b>Detalles</b>   | <b>Unidad</b> | <b>Cantidades</b> | <b>Costo Unitario</b> | <b>Costo Total</b> |
|---|---------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>PREPARACION DEL TERRENO</b>                                    |               |                   |                       |                    |
| Limpieza del terreno  | m2            | 1552.50           | \$ 2.59               | \$ 4,020.98        |
| Replanteo y trazado de cimientos                                  | m2            | 361.67            | \$ 5.50               | \$ 1,989.22        |
| Replanteo   | m2            | 1482.78           | \$ 119.92             | \$ 177,814.98      |
| <b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>                                      |               |                   |                       |                    |
| Excavación para cimientos   | m3            | 1675.76           | \$ 10.01              | \$ 16,774.36       |
| Relleno compactado con material de sitio.                         | m3            | 455.7             | \$ 6.63               | \$ 3,021.29        |
| Pruebas y ensayos de compactación de terreno/ Proctor modificado. | U             | 1.00              | \$ 939.99             | \$ 939.99          |
| Desalojo de material.   | m3            | 435.65            | \$ 7.97               | \$ 3,472.13        |
| <b>ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO</b>                             |               |                   |                       |                    |

|  |    |          |           |               |
|--|----|----------|-----------|---------------|
| H. Simple: Cemento Portland clase B<br>fc=280Kg/cm2(Paredes tanques) | m3 | 1003.2   | \$ 147.12 | \$ 147,590.78 |
| H. Simple: Cemento Portland clase B<br>fc=280Kg/cm2(Losa)            | m3 | 343.592  | \$ 379.18 | \$ 130,283.24 |
| Hormigón en tapa de tanques m3<br>F'C=240KG/CM2                      | m3 | 307.424  | \$ 650.16 | \$ 199,875.10 |
| Encofrado  | m3 | 1327.8   | \$ 14.75  | \$ 19,585.05  |
| <b>ESTRUCTURAS METALICAS Y CUBIERTA.</b>                             |    |          |           |               |
| TAPA DE REVISIÓN 60X60cm DE<br>RESINA DE POLIPROLINEO 125kn          | u  | 4        | \$ 224.45 | \$ 897.80     |
| ACERO DE REFUERZO EN BARRAS<br>F'Y= 4200KG/CM2                       | Kg | 37287.32 | \$ 2.28   | \$ 85,015.09  |
| Impermeabilización de losas  | m2 | 345.8    | \$ 4.77   | \$ 1,649.47   |
| Cubierta Steel panel e=0.45 mm                                       | m2 | 1482     | \$ 12.50  | \$ 18,525.00  |
| COSTO DIRECTO DE OBRA:   |    |          |           | \$ 805,444.27 |
| COSTOS INDIRECTOS (10%):   |    |          |           | \$ 80,544.43  |
| TOTAL, COSTODO DIRECTOS + INDIRECTOS                                 |    |          |           | \$ 885,988.70 |
| IVA:   |    |          |           | \$ 112,762.20 |
| VALOR TOTAL OBRA:  |    |          |           | \$ 998,750.90 |

### 2.3.2 Alternativa B.

Se plantea el uso del sistema de tratamiento de aguas servidas empleando la tecnología de la empresa alemana ATB Umwelttechnologien (Tecnologías de purificación de las aguas servidas Baumann) el cual se basa en el método de reactor biológico secuencial, SBR por sus siglas en inglés. Este método es una variación del proceso clásico de lodos activados con la diferencia de que los procesos aeróbicos, anóxicos y anaeróbicos, mezcla y sedimentación se dan en el mismo tanque, ejecutándose cada uno de estos procesos en una secuencia de tiempo (ATB Umwelttechnologien , s.f.).

Esta tecnología ha sido utilizada a nivel mundial no solo en el tratamiento de efluentes líquidos, es decir, aguas residuales municipales, sino también para el tratamiento de residuos sólidos urbanos. Esto se da gracias a la facultad de estos sistemas de adaptarse fácilmente a continuas variaciones en las concentraciones de contaminantes (Macé & Mata-Álvarez, 2015).

Algunos de los aspectos a tomar en cuenta sobre este tipo de plantas son los siguientes:

- Debe recogerse y tratarse por separado aquellas aguas servidas con un alto grado de contaminación que no esté acorde con los valores típicos de aguas residuales domésticas, como por ejemplo aceites, grasas, pieles, trapos, entre otros.
- El sistema posee una gran resistencia antes las cargas hidráulicas y orgánicas.
- Los costos de operación de la planta son bajos.
- No generan malos olores y no necesitan una gran extensión de terreno para su instalación, por lo que pueden ser ubicados con facilidad.
- Los lodos que se generan luego del proceso pueden ser reutilizados en el sistema o emplearlos como fertilizante natural luego de un tratamiento previo.
- Los requerimientos energéticos para la operación de la planta son muy bajos

El sistema propuesto consiste básicamente en 3 reactores: Tanque de almacenamiento intermedio de agua (Búfer), Reactor SBR y Tanque de almacenamiento de lodos en exceso. Adicional a esto se podría implementar un sistema de desinfección UV y una unidad de deshidratación de lodos.

En el Tanque de almacenamiento intermedio se almacena el agua durante la etapa de sedimentación y la fase de descarga del agua tratada del reactor SBR. La importancia de la implementación de este tanque radica en la seguridad adicional que este puede brindar al sistema de tratamiento, regulando los picos de flujo y picos de concentración, por lo que cumple las funciones de un tanque amortiguador de caudales.

En el reactor SBR se produce la etapa biológica del tratamiento, la cual se lleva a cabo mediante un proceso de ventilación intermitente que permite la depuración de las aguas servidas. Se basa en una tecnología de mezcla y oxigenación por aireadores de superficie flotante, lo cual genera una ventilación rica en oxígeno a un bajo costo energético.

El lodo excedente se genera de forma continua en este tipo de reactores, por lo que debe ser retirado luego de cada ciclo de tratamiento, transportándolo al tanque de almacenamiento de lodos externo. Esto se logra mediante la instalación

de una bomba de lodos de inmersión en la parte inferior del reactor SBR. En el tanque de lodos casi no se producen procesos biológicos debido a que la calidad del lodo es “semi-estabilizado”, esto implica la mineralización de una gran porción de masa bacteriológica, impidiendo la generación de estos procesos.

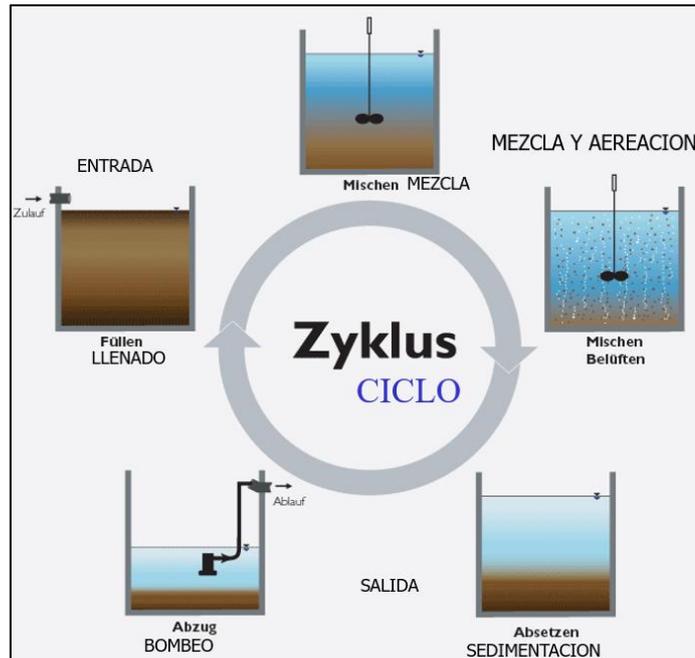
El sistema de tratamiento ATB cuenta además con un panel de control que permite ajustar la planta para que esta funcione de manera automática, permitiendo controlar los procesos, el modo de operación (automático o manual), medición de caudales y registro de alarma, pudiendo añadirse aún más funcionalidades de acuerdo con las necesidades del cliente.

### ***2.3.2.1 Funcionamiento y aspectos generales del sistema.***

Para un correcto funcionamiento del sistema es necesario contar con un pretratamiento mecánico que impida el paso de materiales que puedan alterar la eficiencia de los procesos de depuración. En esta etapa, sólidos se deshidratan y se compactan, y el material retenido se transporta a un contenedor separado del sistema, así el agua pretratada fluye hacia el tanque de almacenamiento intermedio (Búfer).

Al empezar el ciclo de tratamiento, el agua fluye desde el tanque de almacenamiento hacia el reactor SBR hasta alcanzar un nivel máximo de agua, luego de ello se detiene el flujo de entrada y las fases de clarificación y el efluente de descarga tienen lugar dentro del reactor.

El proceso de depuración dentro del reactor se puede describir en 5 etapas:



**Figura 2.9 Síntesis esquemática del proceso dentro del reactor SBR.**

**I. Llenado del tanque**

El agua parte del tanque de almacenamiento (Búffer) hacia el reactor SBR.

**II. Mezcla**

Mientras el reactor se llena, el agua a tratar se mezcla. Este es el escenario con la relación óptima entre el carbono y el nitrógeno.

**III. Tratamiento biológico**

Durante esta etapa se produce la aireación, mezcla y se dan los tiempos de pausa. La reducción de carbono, nitrificación y desnitrificación ocurren en esta fase, la cual generalmente es de 9 horas.

**IV. Estabilización**

El lodo activado producido por la fase anterior se sedimenta en el tanque, mediante una perfecta separación de los lodos con respecto al agua purificada. Comúnmente, esta etapa tiene una duración de 1.5 horas.

**V. Descarga**

El agua purificada es descargada de la planta y los lodos excedentes son transportados al tanque de almacenamiento de lodos por bombeo.

La etapa de llenado del tanque, sedimentación, purificación y evacuación de lodos conforman el ciclo del tratamiento, también denominado ciclo del proceso.

Este tipo de plantas de tratamiento han sido implementadas en varias partes del mundo, por ejemplo, en las islas Galápagos, el 3 de mayo de 2017, específicamente en la localidad de Puerto Ayora, se inauguraron dos plantas de tratamiento de aguas servidas con la tecnología mencionada, cuya construcción estuvo a cargo de las empresas ATB, Blumberg y Caduceus. Las plantas son capaces de tratar un promedio de 20 mil litros de agua al mes, y su eficiencia ha sido tal que el municipio de Santa Cruz está interesado en implementar este tipo de sistemas en su localidad (WWF, 2017).

En Alemania estas plantas son muy utilizadas, debido a que cumplen, y por mucho, los límites de descarga que la norma alemana exige. En la tabla 2.13 se presentan algunos de los valores de descarga de efluentes que garantizan los sistemas de tratamiento en cuestión, en comparación con los límites máximos permisibles que indica la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes del Ecuador.

**Tabla 2.12 Comparación de los parámetros de descarga que ofrece el sistema con respecto a los límites máximos permisibles de la norma ecuatoriana.**

| Parámetro | Unidad | LMP | Parámetro de descarga |
|-----------|--------|-----|-----------------------|
| DBO 5     | mg/l   | 100 | < 25                  |
| DQO       | mg/l   | 250 | < 125                 |
| SST       | mg/l   | 100 | < 50                  |

### **2.3.2.2 Dimensionamiento preliminar.**

Para un diseño preliminar de la propuesta se consideró la población de diseño que se especifica en la memoria técnica del plan maestro del municipio de Caluma detallada en la tabla 2.12.

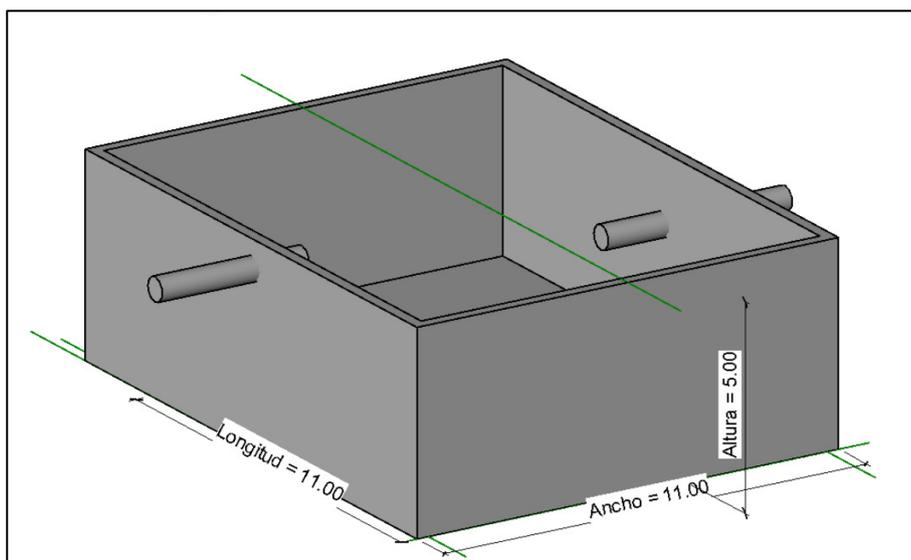
Como se aprecia en la tabla mencionada, la Zona 2 presenta una población de diseño de 7947 personas, por lo que se requiere la implementación de dos plantas de tecnología alemana ATB; una de capacidad de 5000 personas y otra de 3000, con el objetivo de satisfacer la demanda y garantizar una eficiencia óptima en el tratamiento del afluente.

El dimensionamiento preliminar está sustentado en medidas estandarizadas determinadas por la empresa ATB, las cuales se basan en la población de diseño para la cual se propone el sistema. Este cálculo técnico realizado por la empresa se ejecuta teniendo como base los enfoques de dimensionamiento de la Asociación Alemana para Aguas, Aguas Residuales y Residuos (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, DWA), particularmente la norma DWA-A 131, la cual se refiere al Dimensionamiento de sistemas de lodos activados de una etapa (ATB Umwelttechnologien , s.f.).

### 2.3.2.2.1 Planta de 5000 personas de capacidad.

**Tabla 2.13 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento intermedio de agua**

|                        | Valor | Unidades       |
|------------------------|-------|----------------|
| Volumen útil requerido | 430.0 | m <sup>3</sup> |
| Volumen útil elegido   | 435.0 | m <sup>3</sup> |
| Longitud 1             | 11.0  | m              |
| Longitud 2             | 11.0  | m              |
| Altura                 | 5.0   | m              |
| Nivel máximo de agua   | 4.0   | m              |

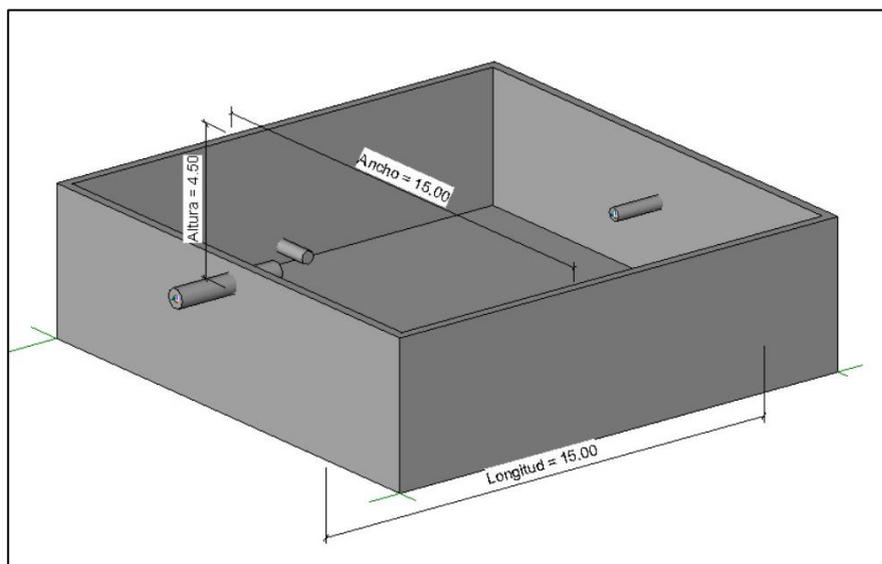


**Figura 2.10 Vista en 3D del tanque de almacenamiento intermedio (5000 P).**

**Tabla 2.14 Dimensionamiento del reactor SBR**

|  | Valor | Unidades |
|--|-------|----------|
|--|-------|----------|

|                          |      |                    |
|--------------------------|------|--------------------|
| Carga de lodos elegida   | 0,13 | Kg DBO5/kg<br>TS d |
| Índice de lodo adoptado  | 120  | mg/l               |
| Edad del lodo resultante | 10,6 | d                  |
| Volumen útil elegido     | 805  | m <sup>3</sup>     |
| Longitud 1               | 15,0 | m                  |
| Longitud 2               | 15,0 | m                  |
| Altura                   | 4,5  | m                  |
| Nivel de agua mínimo     | 2,95 | m                  |
| Nivel de agua máximo     | 3,9  | m                  |



**Figura 2.11 Vista 3D del reactor SBR (5000 P).**

**Tabla 2.15 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de lodos.**

|                           |       |                   |
|---------------------------|-------|-------------------|
| Producción diaria ES      | 222   | Kg/d              |
| Volumen diario ES (1% DS) | 26    | m <sup>3</sup> /d |
| Tiempo de pila de lodo    | 25    | d                 |
| Volumen útil elegido      | 190,0 | m <sup>3</sup> /d |
| Longitud 1                | 7,0   | m                 |
| Longitud 2                | 7,0   | m                 |
| Altura                    | 4,5   | m                 |

|                      |     |   |
|----------------------|-----|---|
| Nivel de agua máximo | 3,9 | m |
|----------------------|-----|---|

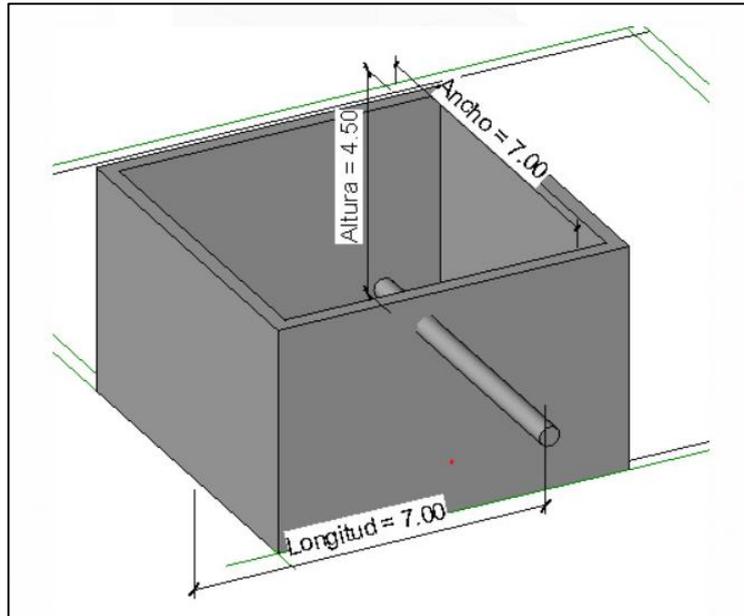


Figura 2.12 Vista 3D del tanque de almacenamiento de lodos en exceso (5000 P).

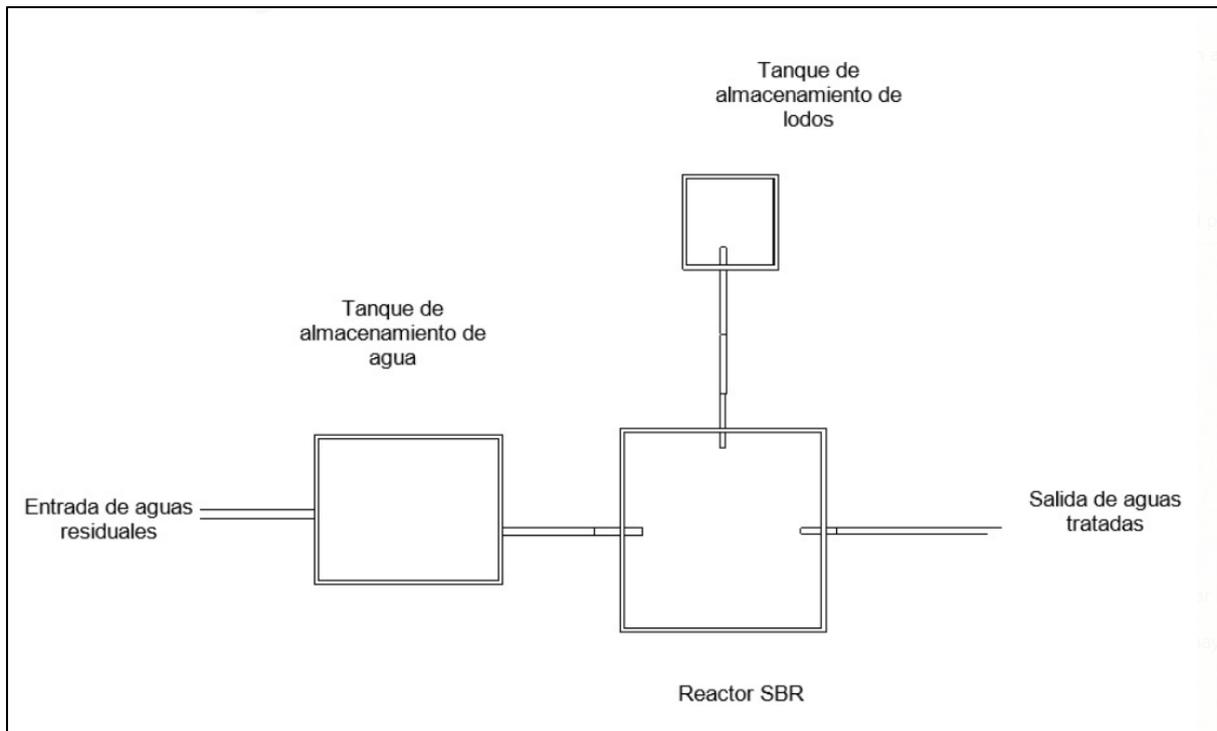
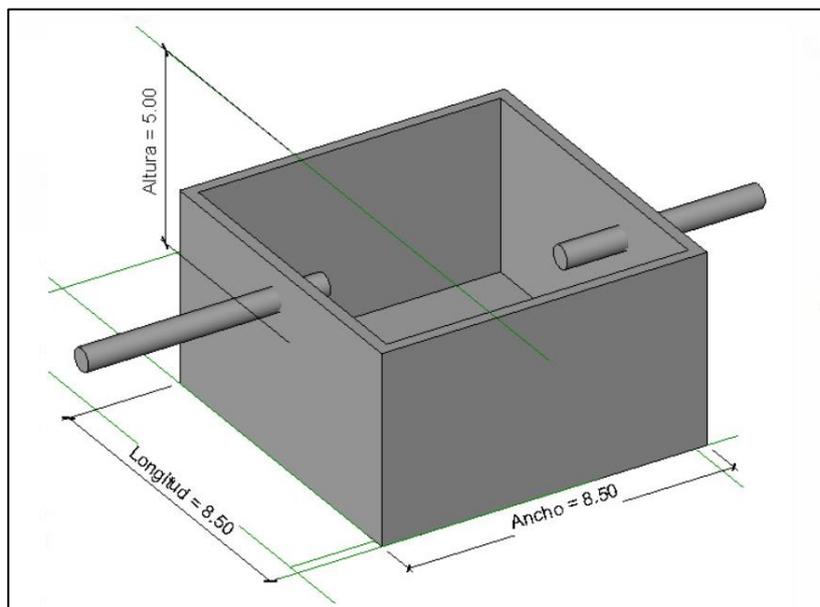


Figura 2.13 Vista en planta del sistema de tratamiento con tecnología ATB (5000 P).

### 2.3.2.2.2 Planta de 3000 personas de capacidad.

**Tabla 2.16 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento intermedio de agua**

|                        | Valor | Unidades       |
|------------------------|-------|----------------|
| Volumen útil requerido | 260   | m <sup>3</sup> |
| Volumen útil elegido   | 265   | m <sup>3</sup> |
| Longitud 1             | 8.5   | m              |
| Longitud 2             | 8.5   | m              |
| Altura                 | 5     | m              |
| Nivel máximo de agua   | 4     | m              |

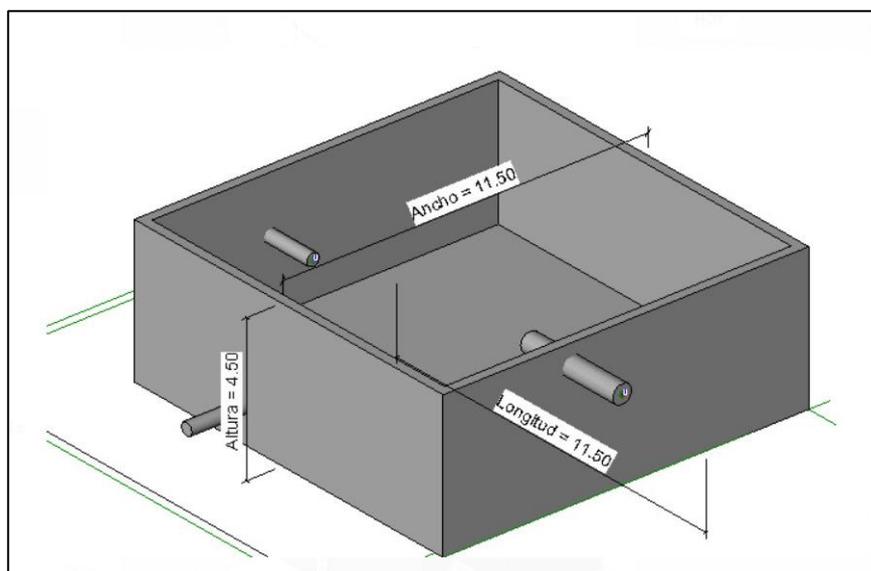


**Figura 2.14 Vista 3D del tanque de almacenamiento intermedio (3000 P).**

**Tabla 2.17 Dimensionamiento del reactor SBR**

|                          | Valor | Unidades        |
|--------------------------|-------|-----------------|
| Carga de lodos elegida   | 0.08  | Kg DBO5/kg TS d |
| Índice de lodo adoptado  | 120   | mg/l            |
| Edad del lodo resultante | 7.4   | d               |
| Volumen útil elegido     | 485   | m <sup>3</sup>  |
| Longitud 1               | 11.5  | m               |
| Longitud 2               | 11.5  | m               |

|                      |      |   |
|----------------------|------|---|
| Altura               | 4.5  | m |
| Nivel de agua mínimo | 2.95 | m |
| Nivel de agua máximo | 3.9  | m |



**Figura 2.15 Vista 3D del reactor SBR (3000 P).**

**Tabla 2.18 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de lodos**

|                           |      |                   |
|---------------------------|------|-------------------|
| Producción diaria ES      | 134  | Kg/d              |
| Volumen diario ES (1% DS) | 15.6 | m <sup>3</sup> /d |
| Tiempo de pila de lodo    | 15   | d                 |
| Volumen útil elegido      | 115  | m <sup>3</sup> /d |
| Longitud 1                | 6    | m                 |
| Longitud 2                | 6    | m                 |
| Altura                    | 4    | m                 |
| Nivel de agua máximo      | 3.4  | m                 |

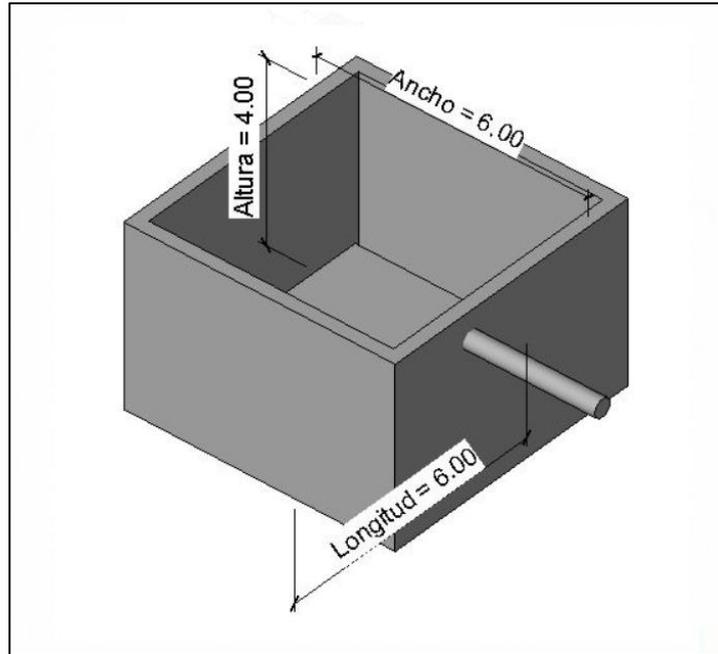


Figura 2.16 Tanque de almacenamiento de lodos en exceso (3000 P).

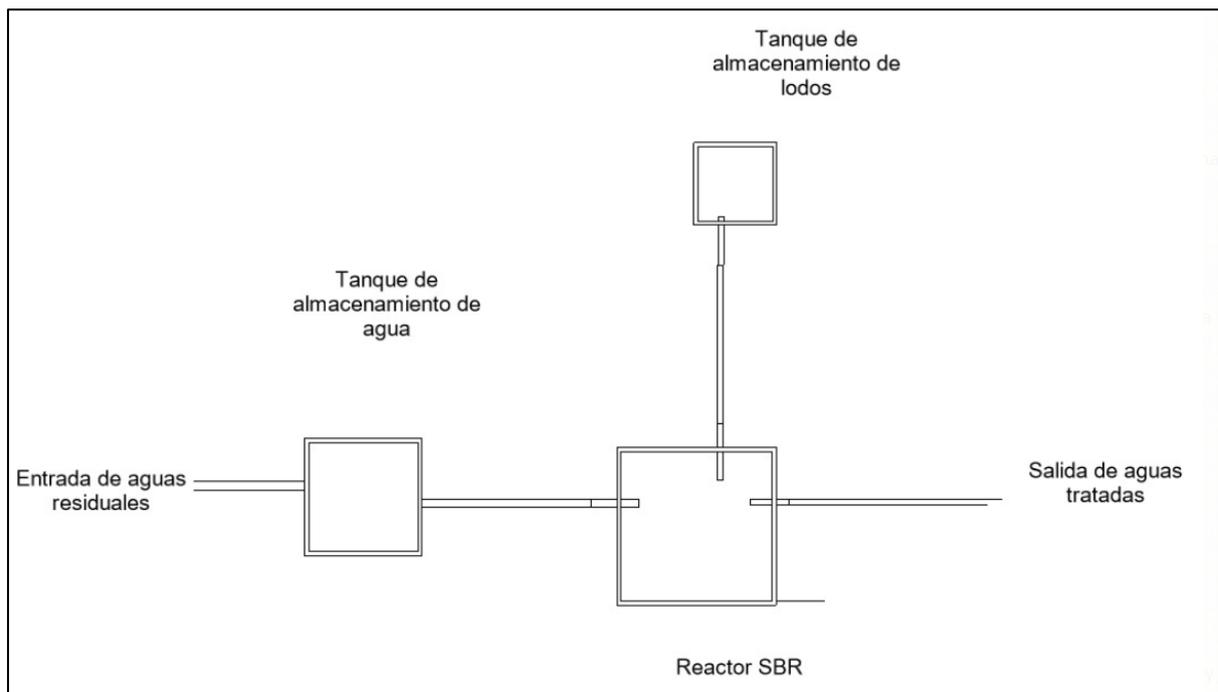


Figura 2.17 Vista en planta del sistema de tratamiento con tecnología ATB (3000 P)..

### 2.3.2.3 Componentes técnicos.

Para el tanque de almacenamiento intermedio:

- Bomba sumergible y bomba elevadora para el tanque SBR, con sus respectivos juegos de montaje (tuberías de instalación, tuberías guías, componentes de montaje superiores e inferiores, tuberías de presión con

los accesorios necesarios, accesorios y material de fijación en el tanque hasta el orificio en la pared).

- Agitador de motor sumergible para el mezclado del contenido del tanque con su respectivo juego de montaje (tubo de guía, componentes de fijación inferior y superior y tecla de elevación).
- Sistema de medición de nivel por ultrasonidos para la operación de encendido y apagado de las bombas de alimentación y mezclador

Para el tanque/reactor SBR:

- Aireador de superficie (unidad de mezcla y aireación combinada) de acero inoxidable, con su respectivo conjunto de instalación.
- Motobomba sumergible para la descarga de lodos excedentes, con su material de instalación necesario.
- Sistema flotante de trasvase para la descarga de agua limpia.
- Válvulas eléctricas.
- Sistema de medición de nivel por ultrasonidos con su respectivo juego de montaje.
- Unidad combinada para la medición de oxígeno y turbidez con su juego de montaje.

Para el control de la planta:

- Panel de control Siemens WIN CC (Permite el funcionamiento totalmente automático del equipo técnico propuesto).



**Figura 2.18 Aireador ATB-HSA [ATB Umwelttechnologien , s.f.]**



**Figura 2.19 Panel de control de la planta [ATB Umwelttechnologien , s.f.]**

#### ***2.3.2.4 Obras de ingeniería civil***

El sistema de tratamiento de aguas servidas descrito requirió de la construcción de tres tanques de hormigón armado, con las dimensiones anteriormente especificadas, teniendo en cuenta consideraciones como las siguientes:

- El tanque SBR debe tener una inclinación de alrededor del 2% a partir de las cuatro paredes hacia el centro del tanque.
- El tanque SBR, al igual que el tanque de almacenamiento de lodos debe ser semienterrado.
- El tanque de almacenamiento intermedio será totalmente enterrado.

Se realizó los estudios necesarios para la construcción de cimentaciones y las paredes excavadas, estas últimas considerándose como vigas empotradas en la parte inferior y apoyadas en la parte superior para su diseño, debido a que los tanques no poseen cubierta. En cuanto a la losa, se consideró la carga efectuada por el peso del agua, así como una carga mínima debido a la posible necesidad de reparaciones en el interior del tanque.

Así, se tuvo un espesor de 30 cm para la losa de piso y un valor similar para las paredes del tanque.

### 2.3.2.5 Presupuesto preliminar

A continuación, se presentó, en la tabla 2.19, un presupuesto referencial basado en los componentes que forman parte de la planta de tratamiento, así como rubros básicos en toda obra de ingeniería. Estos valores se sustentan bajo los precios del mercado que ofrece la empresa *ATB Umwelttechnologien* en los componentes que forman parte de los sistemas de tratamiento de aguas servidas que emplean su tecnología.

**Tabla 2.19 Presupuesto preliminar de la alternativa B.**

| Rubros  | Unidad         | Cantidad | Costo Unitario | Valor        |
|---|----------------|----------|----------------|--------------|
| <b>Planta capacidad 5000 personas.</b>  |                |          |                |              |
| Precio Global de los componentes tecnológicos en Alemania.  | Global         | 1        | \$671,658.75   | \$671,658.75 |
| Costo total del transporte y la puesta en obra de los componentes tecnológicos, incluyendo seguros.   | Global         | 1        | \$70,000.00    | \$70,000.00  |
| Limpieza y desbroce   | Global         | 1        | \$24,136.97    | \$24,136.97  |
| Excavaciones y desalojo   | Global         | 1        | \$65,241.95    | \$65,241.95  |
| Acondicionamiento de la cimentación y otras excavaciones  | Global         | 1        | \$7,397.50     | \$7,397.50   |
| Construcción de los tanques para el tratamiento, materiales, mano de obra, encofrado, hormigón de 280 Kg/cm <sup>2</sup> y aditivos impermeabilizantes. | m <sup>3</sup> | 303.30   | \$938.80       | \$284,738.04 |

|   |                |        |              |                       |
|---|----------------|--------|--------------|-----------------------|
| Conexiones de sistemas de bomba   | Global         | 1      | \$5,720.00   | \$5,720.00            |
| Limpieza y desalojo al final de la obra   | Global         | 1      | \$3,850.00   | \$3,850.00            |
| Instalación y capacitación de personal  | Global         | 1      | \$3,500.00   | \$3,500.00            |
| <b>Planta capacidad 3000 personas.</b>  |                |        |              |                       |
| Precio Global de los componentes tecnológicos en Alemania.  | Global         | 1      | \$402,995.25 | \$402,995.25          |
| Costo total del transporte y la puesta en obra de los componentes tecnológicos, incluyendo seguros.   | Global         | 1      | \$42,000.00  | \$42,000.00           |
| Limpieza y desbroce   | Global         | 1      | \$14,482.18  | \$14,482.18           |
| Excavaciones y desalojo   | Global         | 1      | \$39,145.17  | \$39,145.17           |
| Acondicionamiento de la cimentación y otras excavaciones  | Global         | 1      | \$4,438.50   | \$4,438.50            |
| Construcción de los tanques para el tratamiento, materiales, mano de obra, encofrado, hormigón de 280 Kg/cm <sup>2</sup> y aditivos impermeabilizantes. | m <sup>3</sup> | 181.98 | \$938.80     | \$170,842.82          |
| Conexiones de sistemas de bomba   | Global         | 1      | \$3,432.00   | \$3,432.00            |
| Limpieza y desalojo al final de la obra   | Global         | 1      | \$2,310.00   | \$2,310.00            |
| Instalación y capacitación de personal  | Global         | 1      | \$2,100.00   | \$2,100.00            |
|   |                |        | <b>Total</b> | <b>\$1,817,989.14</b> |

### 2.3.3 Restricciones del proyecto

La topografía de Caluma es muy irregular tanto en la zona urbana como en la zona rural del cantón, esto provoca la necesidad de establecer al menos 3 plantas de tratamiento en puntos estratégicos de la ciudad para que las aguas servidas puedan llegar a las plantas por gravedad, y que no se requiera sistemas de bombeo, puesto que representaría un aumento significativo en los costos del proyecto, lo que dificultaría la ejecución inmediata de la solución propuesta.

En la comunidad no se cuenta con información actualizada sobre el sistema de agua potable, pues al momento de la elaboración de este proyecto, el municipio del cantón no ha realizado estudios sobre dicho sistema.

En el aspecto social, los habitantes de la localidad se niegan rotundamente a la descarga de las aguas tratadas a sus fuentes de agua natural, principalmente en el estero Cacahuyacu, puesto que, como se mencionó anteriormente en el proyecto, este sirve como fuente de abastecimiento directa a comunidades aguas abajo del estero, y la descarga de aguas tratadas en el mismo genera en ellos un temor debido a la falta de conocimiento de muchos de los pobladores sobre los sistemas de tratamiento de aguas servidas y la eficacia que algunos de estos sistemas pueden llegar a tener en el proceso de remoción de contaminantes.

#### 2.3.4 Selección de alternativa:

Para seleccionar la alternativa que más se adapte a las necesidades y solucione la problemática planteada, se desarrolló una matriz comparativa, en la cual se asignó un parámetro cuantificador y se otorgó un valor en el rango de [0-1] para calificar el desempeño de cada alternativa en el parámetro analizado, siendo 0 un pésimo desempeño y 1 un excelente desempeño. De tal manera se determinó que la mejor alternativa sería la B, observándose un mayor desempeño como se muestra en la tabla 2.20.

**Tabla 2.20 Elección de alternativa óptima.**

| Parámetros cuantificadores         | Porcentaje [%] | Valor |      | Valor sopesado |              |
|------------------------------------|----------------|-------|------|----------------|--------------|
|                                    |                | A     | B    | A              | B            |
| Factibilidad de construcción       | 10             | 0.7   | 0.6  | 7              | 6            |
| Disponibilidad de terreno          | 20             | 0.45  | 0.7  | 9              | 14           |
| Impacto social                     | 20             | 0.35  | 0.8  | 7              | 16           |
| Eficiencia del sistema             | 20             | 0.95  | 0.99 | 19             | 19.8         |
| Costos de construcción y operación | 15             | 0.9   | 0.45 | 13.5           | 6.75         |
| Impacto ambiental                  | 15             | 0.5   | 0.7  | 7.5            | 10.5         |
| <b>Total</b>                       | 100            |       |      | <b>63</b>      | <b>73.05</b> |

### 2.3.5 Diseño estructural del tanque

Para el diseño estructural de los tanques se modeló la estructura con ayuda del software SAP2000, obteniendo valores como cortante máximo y momentos, de los cuales se procede a realizar el diseño en base a las consideraciones establecidas en el ACI 350 y el ASCE/SEI 7-10. Los datos característicos del suelo fueron obtenidos de manera teórica, considerando que el tipo de suelo característico en Caluma son arcillas limosas de acuerdo al Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la ciudad.

#### 2.3.5.1 Espesor de las paredes del reservorio.

Para calcular el espesor se emplea la ecuación 2.38 para obtener el cortante nominal  $V_n$  del muro.

$$V_n = A_{cv} * (\alpha_c * \sqrt{f'_c} + \rho_n * f_y) \left[ \frac{Lb}{ft} \right]$$

( 2.38)

Donde:

$V_n[Lb]$ : Cortante nominal

$A_{cv}[ft^2]$ : Área del segmento del muro

$f'_c \left[ \frac{lb}{ft^2} \right]$ : esfuerzo máximo de compresión del concreto

$\rho_n$ : Cuantía nominal

$f_y \left[ \frac{lb}{ft^2} \right]$ : Resistencia a la fluencia del hormigón

$$\alpha_c = \begin{cases} 3 & \text{para } hw/lw < 1.5 \\ 2 & \text{para } hw/lw > 2 \end{cases}$$

( 2.39)

$H_w[m]$ : Altura máxima de agua

$L_w[m]$ : longitud del tanque

Se debe verificar que la resistencia al cortante del concreto sea mayor al cortante al cortante máximo obtenido del SAP2000.

$$\phi V_n \geq V_{max}$$

$\phi V_n[Lb]$ : Resistencia al cortante del concreto

$V_{max}[Lb]$ : Cortante máximo obtenido del SAP 2000.

### 2.3.5.2 Espesor de la losa de fondo:

El espesor mínimo de las losas de fondo sobre el suelo se determina mediante lo indicado en el ACI 350-06 en el apéndice H.3. menciona determinar la cuantía mínima y la cuantía nominal, debiendo la nominal ser mayor a la cuantía mínima para que cumpla. (H-3)

$$\rho_n \geq \rho_{min}$$

( 2.40)

Donde:

$\rho_n$ : Cuantía nominal

$\rho_{min}$ : Cuantía mínima

### 2.3.5.3 Ancho y espesor de la losa de cimentación:

El espesor de la zapata es determinado en función del cortante o la longitud de desarrollo a compresión de las barras para la transferencia de carga del muro a la zapata.

$$L_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left( 0.02 * \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \right) db \\ \frac{0.0003 * f_y * db}{8} \end{array} \right\} [in]$$

( 2.41)

$f'_c[\frac{lb}{ft^2}]$ : esfuerzo máximo de compresión del concreto

$db[in]$ : diámetro de varilla

$f_y[\frac{lb}{ft^2}]$ : Resistencia a la fluencia del hormigón

Se debe determinar la aplicación de la carga resultante empleando la ecuación 2.42, y también la ubicación de la carga mencionada.

$$Q_R = Q_{vs} + Q_{vw} + P_m \quad (2.42)$$

Donde

$Q_R$  [kg/m]: Carga resultante

$Q_{vs}$  [Kg/m]: Carga del suelo.

$Q_{vw}$  [Kg/m]: Carga del agua.

$P_m$  [Kg/m]: Carga del muro

Para la ubicación se la calcula mediante la ecuación 2.43 y los términos se obtienen de la figura.

$$X = \frac{\alpha * Q_{vs} + (\alpha + t + B)Q_{vw} + (2 \alpha + t)P_m}{2Q_R} \quad (2.43)$$

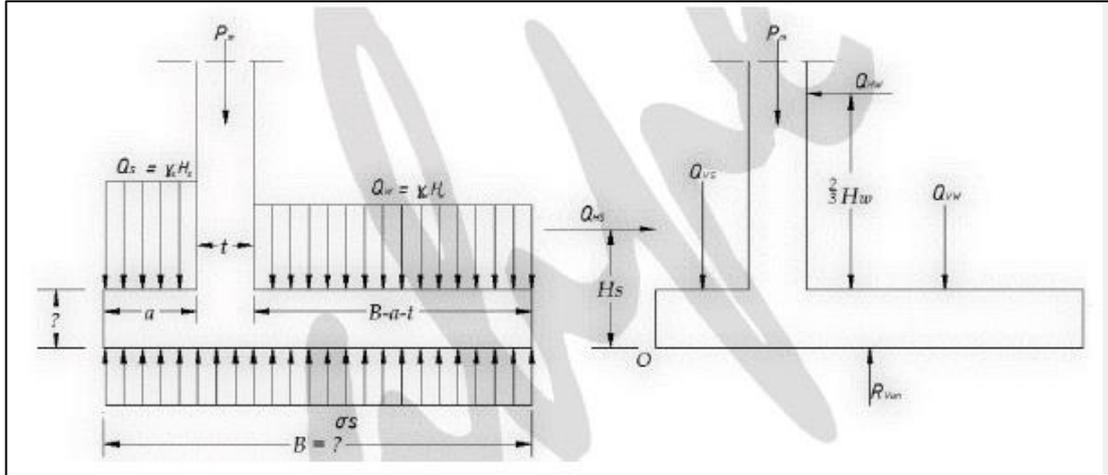
$X$  [m]: Ubicación de la carga resultante.

$Q_R$  [kg/m]: Carga resultante

$Q_{vs}$  [Kg/m]: Carga del suelo.

$Q_{vw}$  [Kg/m]: Carga del agua.

$P_m$  [Kg/m]: Carga del muro



**Figura 2.20 dimensiones de la cimentación [ (350, 2020)]**

Se calcula la presión neta o efectiva del suelo mediante la ecuación 2.44.

$$\sigma_{ns} = \sigma_s - \gamma_{prom} * hf - h_s * \gamma_c - S/C$$

**( 2.44)**

$\sigma_s$ [kg/m<sup>2</sup>]: Presión del suelo

$\gamma_{prom}$ [kg/m<sup>3</sup>]: Peso promedio del suelo

$\sigma_{ns}$ [Kg/m<sup>2</sup>]: Presión neta del suelo

$H_s$ [m]: Espesor de la losa

$\gamma_c$ [ Kg/m<sup>3</sup>]: densidad del concreto

Se determina el ancho de la zapata B, para esto la resultante del suelo debe caer en la posición X, de la resultante vertical Qr, de las cargas verticales que actúan mediante la ecuación 2.45.

$$B = \sqrt{\left(\frac{2(X * Q_R + 2/3(H_s * Q_{H_s} - H_w * Q_{H_w}))}{\sigma_{ns}}\right)}$$

**( 2.45)**

B[m]: Ancho de la zapata

$\sigma_{ns}$ [Kg/m<sup>2</sup>]: Presión neta del suelo.

$Q_R[kg/m]$ : Carga resultante

$Q_{Hs}[kg]$ : Empuje del suelo

$Q_{Hs}[kg]$ : Empuje del agua.

$X[m]$ : Ubicación de la carga resultante

Se calcula el cortante actuante, en la zapata del muro y el que puede resistir la cimentación y se despeja el valor del peralte de la cimentación.

$$d = \frac{\sigma_{UN}(B - a - t)}{2\phi\sqrt{f'c} * bw + \sigma_{UN}}$$

$d[in]$ : peralte calculado

$\sigma_{UN}[lb/in]$ : esfuerzo cortante actuante

$Bw[in]$ : Ancho de la zapata

$f'c[\frac{lb}{ft^2}]$ : esfuerzo máximo de compresión del concreto

$\phi$ : 0.85

Se determinan los coeficientes de paredes del tanque:

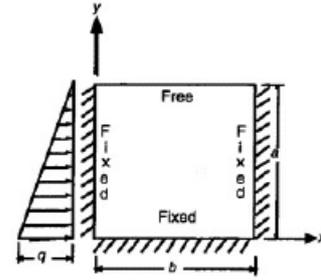
El coeficiente de presión activa del agua es igual a 1, para el coeficiente de corte depende la relación de las longitudes y la altura de las paredes, al tratarse de tanques cuadrados se tiene únicamente una sola relación, considerando lo establecido para reservorios en el manual de la PCA se encuentra en el caso 3, restricción fija en 3 bordes y una libre del tope como se muestra en la figura 2.21

### CASE 3

$$\text{Shear} = C_s \times q \times a$$

$$\text{Deflection} = \frac{C_d q a^4}{1000 D}$$

$$D = \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}$$



| LOCATION \ b/a         | 1.0  | 3.0  | 2.5  | 2.0  | 1.75 | 1.5  | 1.25 | 1.0  | 0.75 | 0.5  |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bottom edge — midpoint | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.45 | 0.43 | 0.40 | 0.36 | 0.32 | 0.26 | 0.19 |
| Side edge — maximum    | 0.38 | 0.37 | 0.33 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.22 | 0.17 |
| Side edge — midpoint   | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.23 | 0.19 | 0.13 |

Figura 2.21 Caso 3 del manual de la PCA [ (PCA, 2003)]

Se verifica que el cortante de diseño sea mayor al cortante máximo y si se aprueba se mantiene el espesor adoptado.

$$\phi V_c \geq V_u$$

$\phi V_n[Lb]$ : Cortante del concreto y a tensiones debido al cortante de los bordes

$V_u[Lb]$ : Cortante máximo

$$M_{xm} = M_x * Coef * \frac{qa^2}{1000}$$

( 2.46)

Donde:

$M_{xm}[Ton - m]$ : Momento multiplicado por los coeficientes

$M_x[ton - m]$ : Momento horizontal actuante

$Coef$ : Coeficiente correspondiente

$qa[ton]$ : Carga actuante

$$M_{ym} = M_y * Coef * \frac{qa^2}{1000}$$

( 2.47)

Donde:

$M_{ym}[Ton - m]$ : Momento multiplicado por los coeficientes

$M_x[ton - m]$ : Momento vertical actuante

*Coef*: Coeficiente correspondiente

*qa[ton]*: Carga actuante

Se debe verificar la estabilidad por fuerza vertical, para esto se compara las fuerzas de gravedad actuantes con las de empuje vertical que ejerce el suelo sobre el reservorio. Para esto el FS debe ser mayor o igual a 1.1

$$FS = \frac{Wt + Ws}{Fe}$$

( 2.48)

Donde:

*FS*: factor de seguridad

*Wt[Kg]*: Peso del tanque

*Ws[Kg]*: Peso del suelo en los voladizos de la losa de fondo.

*Fe[Kg]*: Fuerza de empuje

#### 2.3.5.4 Presiones hidrodinámicas:

Para las presiones hidrodinámicas del agua resulta de la excitación sísmica, impuesta por el suelo al reservorio. Este movimiento hace que una parte del reservorio se mueva junto con él y la otra parte se mueva de manera libre. Las cargas mencionadas se conocen como fuerzas impulsivas y convectiva.

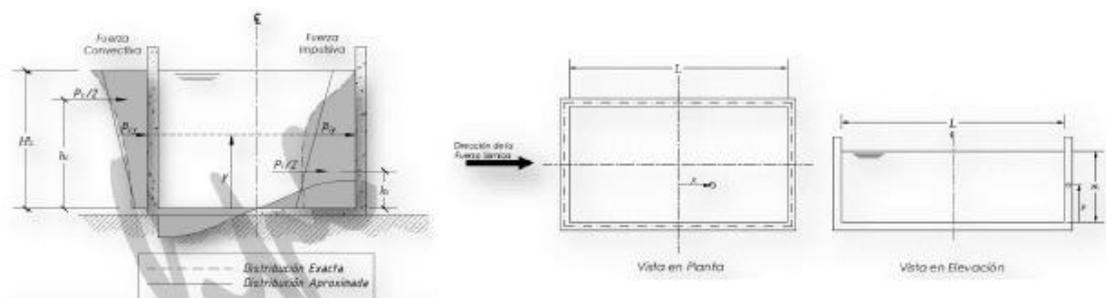


Figura 2.22 Diagrama de fuerzas compulsivas y convectivas. (Valdivieso, 2013)

Para la presión hidrodinámica impulsiva horizontal en las paredes se emplea la ecuación 2.49, mientras que para la presión impulsiva vertical que actúa en la losa de fondo se emplea la ecuación 2.50.

$$Q_{iw}(y) = \frac{\sqrt{3}}{2} \left[ 1 - \left( \frac{y}{Hl} \right)^2 \right] \tanh \left( \frac{\sqrt{3} * L}{2 * Hl} \right)$$

**( 2.49)**

Donde:

$Q_{iw}(y)$ : Carga de presión hidrodinámica horizontal.

$Hl[m]$ : Altura del agua

$L[m]$ : Largo del tanque

$y[m]$ : Altura analizada

$$Q_{is}(x) = \frac{\sinh \left( \frac{\sqrt{3} * x}{2 * Hl} \right)}{\cosh \left( \frac{\sqrt{3} * L}{2 * Hl} \right)}$$

**( 2.50)**

Donde:

$Q_{is}(x)$ : Carga de presión hidrodinámica vertical.

$Hl[m]$ : Altura del agua

$L[m]$ : Largo del tanque

$x[m]$ : distancia analizada.

Para la presión hidrodinámica convectiva se analiza de igual manera en las paredes en dirección horizontal mediante la ecuación 2.51, y en vertical mediante la ecuación 2.52.

$$Q_{cw}(y) = 0.4165 \frac{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{y}{L}\right)}{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{Hl}{L}\right)}$$

( 2.51)

Donde:

$Q_{cw}(y)$ : Carga de presión hidrodinámica convectiva horizontal.

$Hl[m]$ : Altura del agua

$L[m]$ : Largo del tanque

$y[m]$ : Altura analizada

$$Q_{cs}(x) = \frac{5}{4} \left[ \frac{x}{L} - \frac{4}{3} \left( \frac{x}{L} \right)^3 \right] \operatorname{sech} \left( \sqrt{10} \frac{Hl}{L} \right)$$

( 2.52)

Donde:

$Q_{cs}(x)$ : Carga de presión hidrodinámica convectiva vertical

$Hl[m]$ : Altura del agua

$L[m]$ : Largo del tanque

$y[m]$ : Altura analizada

### **2.3.5.5 presión de inercia del muro sobre sí mismo.**

Para los tanques rectangulares la máxima fuerza hidrodinámica por unidad de longitud, impulsiva y convectiva está dada por las ecuaciones 2.53 y 2.54.

### **2.3.5.6 Parámetros sísmicos**

Los parámetros de sismicidad han sido considerados según lo establecido en la NEC-15, el ASCE 7-16 y el ACI 350.3R – 06. Los mismos serán desglosados en el capítulo 3

### **2.3.5.7 Cálculo del periodo compulsivo y convectivo:**

Para el análisis se consideran paredes rígidas, según el ACI 350.3R – 06 y el el ASCE/SEI 7-10, (7-10., 2019) empleando la ecuación:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Donde:

$T[s]$ : Período

$\omega$ : velocidad angular

Se comienza con el período compulsivo haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

$$K = \frac{Ec}{48} \left( \frac{tw}{hw} \right)^3$$

**( 2.53)**

Donde:

$Ec[psi]$ : Modulo de elasticidad del concreto

$tw[m]$ : Ancho del muro

$hw[m]$ : Altura del muro

$K$ : termino adimensional

$$W = W_w + W_r + W_i$$

**( 2.54)**

Donde:

$W[Kg]$ : Peso total

$W_i[kg]$ : Peso impulsivo del tanque

$W_w[kg]$ : peso de las paredes del tanque

$$T_i = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}}$$

( 2.55)

Donde:

$W[Kg]$ : Peso total

$g[m/s^2]$ : gravedad

$K$ : termino adimensional

Periodo convectivo  $T_c$  se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\lambda = \sqrt{\sqrt{10} * g * \tanh(\sqrt{10}Hl/L)}$$

( 2.56)

Donde:

$\lambda$ : Término adimensional

$g[m/s^2]$ : gravedad

$Hl[m]$ : Altura del nivel de agua

$L[m]$ : Longitud del tanque

$$T_c = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{L}$$

( 2.57)

$T_c[s]$ : Periodo convectivo

$\lambda$ : Término adimensional

$L[m]$ : Longitud del tanque

### **2.3.5.8 Cálculo del peso sísmico**

**Masa Impulsiva:**

Para calcular el peso sísmico se debe empezar por obtener la masa impulsiva, empleando la ecuación 2.58.

$$W_i = W_L \left[ \frac{\tan\left(\frac{\sqrt{3}L}{2H_L}\right)}{\frac{\sqrt{3}L}{2H_L}} \right]$$

( 2.58)

Donde:

$W_i$ [Kg]: Masa impulsiva

$W_L$ [Kg]: Peso impulsivo del tanque

$L$ [m]: Longitud del tanque

$H_L$ [m]: Altura del agua

El peso de las paredes del tanque debe ser afectado por un coeficiente de masa efectiva  $\varepsilon$ , como se indica en la sección 9.6.1 del ACI 350.

$$\varepsilon = 0.0151 \left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908 \left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021 \leq 1.0$$

( 2.59)

Donde:

$L$ [m]: Longitud del tanque

$H_L$ [m]: Altura del agua

Se deben multiplicar los pesos de los muros y el peso impulsivo del agua por estos factores. Posteriormente se calcula la altura de la aplicación de la fuerza.

$$h_i = \begin{cases} H_L \left[ 0.5 - 0.09375 \left(\frac{L}{H_L}\right) \right], & \text{Si } \frac{L}{H_L} > 0.75 \\ 0.375H_L, & \text{Si } \frac{L}{H_L} \leq 0.75 \end{cases}$$

( 2.60)

Donde:

$L[m]$ : Longitud del tanque

$H_L[m]$ : Altura del agua

### **Masa convectiva:**

Se debe determinar de igual manera la masa convectiva empleando la ecuación 2.61.

$$W_C = W_L \left\{ 0.264 \left( \frac{L}{H_L} \right) \tanh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right] \right\} \quad (2.61)$$

Donde:

$W_C[Kg]$ : Masa Convectiva

$W_L[Kg]$ : Peso impulsivo del tanque

$L[m]$ : Longitud del tanque

$H_L[m]$ : Altura del agua

De igual manera se debe calcular la altura de aplicación de la fuerza.

$$h_c = H_L \left\{ 1 - \frac{\cosh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right] - 1}{\sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \sinh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right]} \right\} \quad (2.62)$$

$L[m]$ : Longitud del tanque

$H_L[m]$ : Altura del agua

### **2.3.5.9 Cálculo del cortante Estático en la base**

Primero se debe calcular la componente impulsiva del cortante empleando la ecuación 2.63, y posteriormente la ecuación 2.64.

$$C_S = \frac{I S_a}{R_{\varphi P \varphi E}}$$

( 2.63)

Donde:

$C_S$ : Coeficiente sísmico

$S_a$ : Parámetro sísmico

$I[seg]$ : Parámetro de importancia

$R_{\varphi P \varphi E}$ : Parámetro sísmico

$$V_i = C_S \times W_i$$

( 2.64)

Donde:

$V_i[Kg]$ : Cortante estático Impulsivo

$C_S$ : Coeficiente sísmico

$W_i[Kg]$ : Peso impulsivo total

Luego se repite el proceso de la ecuación 2.63, pero para los componentes convectivos y se aplica la ecuación 2.64.

$$V_c = C_{SC} \times W_c$$

Donde:

$V_c[Kg]$ : Cortante estático Convectivo

$C_{SC}$ : Coeficiente sísmico

$W_c[Kg]$ : Peso convectivo total

Finalmente se obtiene la componente de la resultante

$$V_b = \sqrt{V_i^2 + V_c^2}$$

( 2.65)

Donde:

$V_b$ [Kg]: Componente resultante de la cortante

$V_c$ [Kg]: Cortante estático Convectivo

$V_i$ [Kg]: Cortante estático Impulsivo

#### **2.3.5.10 Análisis modal**

##### **Número de nodos:**

El número de modos a considerar debe ser suficiente para obtener una participación de masa modal combinada de al menos el 90% de la masa total en cada dirección de análisis considerado.

##### **Tipo de análisis modal:**

El ítem b. de la sección 15.7.2 del ASCE/SEI 7-10 menciona que los componentes de impulsivo y convectivos deben ser combinados por sumatoria directa o por el Método de la Raíz Cuadrada de la Suma de los Cuadrados (SRSS), siempre que los periodos modales estén separados. En caso de que los modos sean acoplados, el método de combinación cuadrática completa es el escogido a usarse.

##### **Combinación direccional:**

Se debe emplear un 100% en una dirección y 30% en la otra. Para cada dirección de análisis, se debe considerar que, las fuerzas y desplazamientos deben combinarse mediante el método SRSS.

Mientras que, para los espectros de respuesta sísmicos, el ASCE/SEI 7-10 explica que se debe colocar un amortiguamiento del 5% para la Componente Impulsiva, y del 0.5% para la Componente Convectiva.

### 2.3.5.11 Verificación de la estabilidad

Para verificar la estabilidad, se debe calcular las alturas de aplicación de las masas, tanto convectivas como impulsivas, según lo que indica la ACI 350.3R-06, continuando con lo establecido para IBP, en la misma se considera la presión de la losa de fondo.

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right)}{2 \tanh \left[ 0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right) \right]} - \frac{1}{8}$$

( 2.66)

Donde:

$h_i'$ [m]: Altura de masa compulsiva

$L$ [m]: Longitud del tanque

$H_L$ [m]: Altura del agua

$$\frac{h_c'}{H_L} = 1 - \frac{\cosh \left[ 3.68 \left( \frac{H_L}{D} \right) \right] - 2.01}{3.68 \left( \frac{H_L}{L} \right) \sinh \left[ 3.68 \left( \frac{H_L}{L} \right) \right]}$$

( 2.67)

Donde:

$h_c'$ [m]: Altura de masa impulsiva

$L$ [m]: Longitud del tanque

$H_L$ [m]: Altura del agua

Luego se obtiene componente impulsivo con la ecuación 2.68 y el componente convectivo mediante la ecuación 2.69.

$$M_i = S_{ai} [W_i h_i + W_w h_w + W_r h_r]$$

( 2.68)

Donde:

$M_i$ [Kg – m]: Momento de la componente impulsiva

$S_{ai}$ : Término dado en la ecuación

$W_i$ [kg]: Peso impulsivo del tanque

$W_w$ [kg]: peso de las paredes del tanque

$h_i$ [m]: Altura del tanque

$h_w$ [m]: Altura del agua

$$M_c = S_{ac} [W_c h_c]$$

( 2.69)

Donde:

$M_c$ [Kg – m]: Momento de la componente convectiva

$S_{ac}$ : Término dado en la ecuación

$W_c$ [kg]: Peso compulsivo del tanque

$h_c$ [m]: Altura de masa convectiva

Se procede a determinar el momento Flector Total:

$$M_b = \sqrt{M_i^2 + M_c^2}$$

( 2.70)

$M_c$ [Kg – m]: Momento de la componente convectiva

$M_i$ [Kg – m]: Momento de la componente impulsiva

$M_b$ [Kg – m]: Momento flector total

Se procede a calcular el momento de volteo

$$M'_o = S_{ac} [W_c (h'_c + t_s)] \quad (2.71)$$

Donde:

$M'_o$  [Kg – m]: Momento de volteo

$S_{ac}$ : Término dado en la ecuación

$W_c$  [kg]: Peso compulsivo del tanque

$h'_c$  [m]: Altura de masa impulsiva

Luego se calcula la fuerza horizontal de rozamiento mediante la ecuación 2.72

$$\mu = \tan \delta = \frac{f}{\text{Peso del tanque}} \quad (2.72)$$

Donde:

$\delta = 38^\circ$

$f$  [kg]: Se debe analizar para tanque lleno y tanque vacío

Tanto en volteo como en deslizamiento se debe verificar que:

$$FS = \frac{f}{V_b} \geq 1.50 \quad (2.73)$$

Donde:

$FS$ : factor de seguridad

$V_b$  [Kg]: cortante en la base.

### 2.3.5.12 Efectos de la aceleración vertical y presión dinámica total:

Debido a la aceleración vertical del suelo, el peso efectivo del líquido se incrementa, lo que genera una presión adicional sobre las paredes del tanque, esta distribución es similar a la de la presión hidrostática. En la sección 4.1.4 se indica que este efecto debe ser incluido en el diseño de los componentes del tanque.

La aceleración vertical del tanque es igual a 2/3 de la aceleración horizontal. La resultante de la presión hidrodinámica se expresa mediante la ecuación 2.74

$$p_{vy} = \ddot{u}_{vy} q_{hy} \quad (2.74)$$

$$\ddot{u}_{vy} = S_{av} I \left[ \frac{b}{R_i} \right] \geq 0.2 S_{DS} \quad b = \frac{2}{3} \quad q_{hy} = \gamma_w H_L \left( 1 - \frac{y}{H_L} \right) \quad (2.75)$$

Donde:

$H_L$ [m]: Altura del tanque

$h_w$ [m]: Altura del agua

$$S_{av} = \begin{cases} 0.4 S_{DS}, & ACI 350.3R - 06 \\ C_a, & UBC '97 y APÉNDICE B \end{cases} \quad (2.76)$$

Finalmente, la presión hidrodinámica horizontal total será combinada mediante el método SRRS. Comenzando por obtener los componentes de la presión hidrodinámica impulsiva, y luego convectiva.

#### Presión hidrodinámica impulsiva:

$$p_{wi} = Q_{wi}(y)(A_h)_i \rho g H_L \quad (2.77)$$

Donde:

$p_{wi}$ [Kg/m<sup>2</sup>]: Presión hidrodinámica impulsiva

$Q_{wi}(y)$ [Kg]: Carga de agua en la altura analizada

$A_h$ [m<sup>2</sup>]: área analizada

$H_L[m]$ : Altura máxima de agua

$g[m/s^2]$ : gravedad

$$Q_{iw}(y) = \frac{\sqrt{3}}{2} \left[ 1 - \left( \frac{y}{H_L} \right)^2 \right] \tanh \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{L}{H_L} \right)$$

( 2.78)

Donde:

$Q_{wi}(y)[Kg]$ : Carga de agua en la altura analizada

$H_L[m]$ : Altura máxima de agua

$L[m]$ : Longitud del tanque

$y[m]$ : Altura analizada

**Presión hidrodinámica convectiva:**

$$p_{cw} = Q_{cw}(y)(A_h)_c \rho g L$$

( 2.79)

Donde:

$p_{cw}[Kg/m^2]$ : Presión hidrodinámica convectiva

$Q_{cw}(y)[Kg]$ : Carga de agua en la altura analizada

$A_h[m^2]$ : área analizada

$H_L[m]$ : Altura máxima de agua

$g[m/s^2]$ : gravedad

$$Q_{cw} = 0.4165 \frac{\cosh \left( \sqrt{10} \frac{y}{L} \right)}{\cosh \left( \sqrt{10} \frac{H_L}{L} \right)}$$

( 2.80)

Donde:

$H_L[m]$ : Altura máxima de agua

$L[m]$ : Longitud del tanque

$y[m]$ : Altura analizada

$$p = \sqrt{(P_{iw} + P_{ww})^2 + P_c^2 + P_v}$$

**( 2.81)**

Donde:

$p_{wi}[Kg/m^2]$ : Presión hidrodinámica impulsiva

$p_{cw}[Kg/m^2]$ : Presión hidrodinámica convectiva

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Diseños

En este capítulo se detalla el diseño definitivo de la alternativa de solución escogida en el capítulo 2 del presente proyecto, el cual fue el sistema de tratamiento de aguas residuales a través de la metodología SBR mediante la implementación de tecnología alemana cuya eficiencia de remoción es del 99%, además, como propuesta adicional se presenta el diseño estructural de los tanques que conforman cada uno de los sistemas, los cual abarca los muros estructurales, la losa de fondo, y la correspondiente cimentación de las estructuras.

Los resultados finales del diseño fueron obtenidos mediante el software SAP 2000 y una hoja de cálculo en Microsoft Excel, finalmente se realizan los planos mediante los softwares de modelación AutoCAD y Revit.

### 3.2 Diseño del sistema depurador de aguas residuales

#### 3.2.1 Parámetros generales de diseño:

##### ***3.2.1.1 Periodo de diseño***

Se toma como referencia lo establecido en sección 1.6.3.1, en el cual se hace mención a las especificaciones de la norma ecuatoriana en el cual menciona un parámetro de diseño de 25 años.

##### ***3.2.1.2 Población de diseño***

En la determinación de la población de diseño se emplearon los 3 métodos de proyección poblacional mencionados en la sección 2.2.3.2, empleando como datos de población, información obtenida tanto de la INEC como del último censo poblacional realizado en el 2010. Como se mencionó en el capítulo 2, la topografía irregular que presenta Caluma hace imposible la implementación de una sola planta depuradora de aguas servidas que abastezca a toda la población, por lo que el municipio del cantón ha zonificado la ciudad en 3 diferentes áreas de estudio, con distintas poblaciones cada una, lo que impone la implantación de 3 plantas depuradoras en 3 lugares distintos de la localidad.

La población de cada una de estas zonas ha sido extraída de la memoria técnica de la actual propuesta que posee el municipio.

Se ejemplificarán los cálculos para la zona 1, cuya población inicial de 2228 habitantes en el censo del 2010.

- Método Wappaus

La tasa de crecimiento empleada en el método Wappaus es de 1.88%, basándose en que el periodo de diseño será de 25 años, por lo que  $T_f$  es 2046 y el  $T_{ci}$  2010 y el  $P_{ci}$  es de 1879 habitantes.

$$P_f = P_{ci} \left[ \frac{200 + i * (T_f - T_{ci})}{200 - i * (T_f - T_{ci})} \right] \quad (3.1)$$

$$P_f = 1879 \left[ \frac{200 + 1.88 * (2046 - 2010)}{200 - 1.88 * (2046 - 2010)} \right]$$

$$P_f = 3814 \text{ habitantes}$$

- Método Geométrico:

La tasa de crecimiento obtenida del método geométrico es de 0.019, de igual manera se emplea  $T_f$  es 2046 y el  $T_{ci}$  2010.

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{(T_f - T_{uc})} \quad (3.2)$$

$$P_f = 2228 * (1 + 0.019)^{(2046 - 2010)}$$

$$P_f = 4401 \text{ habitantes}$$

- Método Logarítmico:

La tasa de crecimiento de acuerdo con el método logarítmico es de 0.019, de igual manera se emplea  $T_f$  es 2046 y el  $T_{ci}$  2010, y el  $P_{ci}$  es de 1879 habitantes.

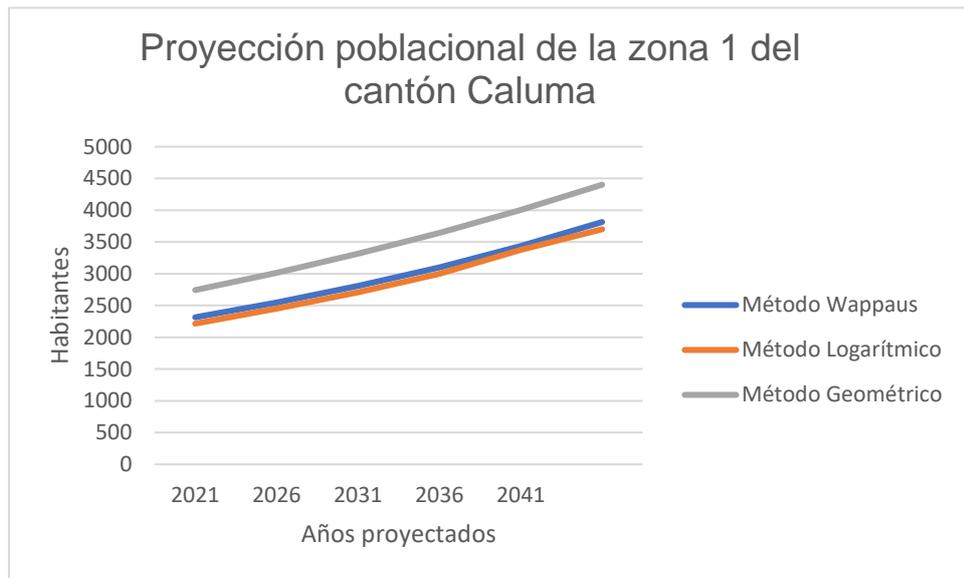
$$P_f = P_{ci} * e^{Kg*(T_f - T_{ci})}$$

( 3.3)

$$P_f = 1879 * e^{0.019*(2046-2010)}$$

$$P_f = 3712 \text{ habitantes}$$

Se realizó la gráfica adjunta en la figura 3.1, para comprobar la tendencia de los métodos empleados previamente, en el mismo se observa que el método Wappaus y el método logarítmico se encuentran por debajo del método geométrico, por lo que se opta por diseñar para la situación con mayor crecimiento poblacional, y se opta por emplear el método geométrico en todas las zonas, presentando los resultados mostrados en la tabla 3.1.



**Figura 3.1 Análisis comparativo de los métodos de proyección poblacional [Baque & Zavala]**

**Tabla 3.1 poblaciones proyectadas correspondientes a cada zona. [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Población Actual | Población proyectada | Unidad     |
|------|------------------|----------------------|------------|
| 1    | 2228             | 4401                 | habitantes |

|   |      |      |            |
|---|------|------|------------|
| 2 | 3827 | 7560 | habitantes |
| 3 | 215  | 429  | habitantes |

### 3.2.1.3 Dotación poblacional

Como se mencionó en la sección 2.2.3.3. respecto al consumo de agua se determina que la dotación poblacional para zona 1 y zona 3 es de 160 [L/hab/día], considerando que la población es menor a 5000 habitantes y el clima es templado, para la zona 2 es de 190 [L/hab/día], debido a que la población es mayor a 5000 habitantes y tiene las mismas características climáticas, estas consideraciones fueron basadas en que no tiene información del consumo de agua de los habitantes.

### 3.2.1.4 Caudal medio:

El caudal medio se lo va a obtener considerando lo mencionado en la sección 2.2.3.5. para el mismo se emplea la población proyectada en la zona 1 y la dotación correspondiente.

$$Q_{medio} = \frac{P_f * Dot}{86400} \quad (3.4)$$

$$Q_{medio} = \frac{4401 * 160}{86400}$$

$$Q_{medio} = 8.15 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

### 3.2.1.5 Caudal de aguas servidas

Se determina empleando lo mencionado en la sección 2.2.3.6. empleando la ecuación 3.5.

$$Q_{aguas\_servidas} = Q_{medio} * 0.8 \quad (3.5)$$

$$Q_{aguas\_servidas} = 8.15 * 0.8$$

$$Q_{\text{aguas servidas}} = 6.52 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

### 3.2.1.6 Factor de mayoración

Para el factor de mayoración establecido en la sección 2.2.3.7. se emplea la población final proyectada.

$$\text{Factor de mayoración} = \frac{4}{(P_f/1000)^{0.2}}$$

( 3.6)

$$\text{Factor de mayoración} = \frac{4}{(4401/1000)^{0.2}}$$

$$\text{Factor de mayoración} = 2.97$$

### 3.2.1.7 Caudal de aguas servidas mayoradas

Para el factor de aguas mayorado se emplea lo establecido en la sección 2.2.3.8. para obtener el caudal ya mayorado.

$$Q_{\text{aguas servidas mayorado}} = Q_{\text{aguas servidas}} * \text{Factor de mayoración}$$

( 3.7)

$$Q_{\text{aguas servidas mayorado}} = 6.52 * 2.97$$

$$Q_{\text{aguas servidas mayorado}} = 19.4 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

### 3.2.1.8 Caudal de infiltración:

Para el caudal de infiltración se considera su respectiva área de influencia que para la zona 1 es de 404.6 ha.

$$Q_{\text{infiltración}} = \text{Área}_{\text{influencia}} * 0.1$$

( 3.8)

$$Q_{\text{infiltración}} = 404.6 * 0.1$$

$$Q_{\text{infiltración}} = 40.46 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

### 3.2.1.9 Caudal de aguas ilícitas

Corresponde a lo establecido en la sección 2.2.3.10. empleando la población final para esta zona.

$$Q_{ilicidas} = \frac{P_f}{1000}$$

( 3.9)

$$Q_{ilicidas} = \frac{4401}{1000}$$

$$Q_{ilicidas} = 40.46 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

### 3.2.1.10 Caudal de diseño:

Corresponde a lo establecido en la sección 2.2.3.11. y es el caudal con el que cual se procedió a realizar los diseños.

$$Q_{diseño} = Q_{aguas\_servidas\_mayorado} + Q_{ilicidas} + Q_{infiltración}$$

( 3.10)

$$Q_{diseño} = 19.39 + 4.401 + 40.46$$

$$Q_{diseño} = 64.25 \left[ \frac{L}{s} \right]$$

Se repite el proceso de la zona 1 para las otras 2 zonas, por lo que se presenta la tabla 3.2 con el resumen de cálculos:

**Tabla 3.2 Resumen de resultados de caudales [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Caudal medio [L/s] | Caudal aguas servidas [L/s] | Factor de mayoración | Área de influencia [ha] | Caudal de infiltración [L/s] | Caudal de aguas ilícitas [L/s] | Caudal de diseño [L/s] |
|------|--------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1    | 8.15               | 6.52                        | 2.97                 | 404.60                  | 40.46                        | 4.40                           | 64.25                  |
| 2    | 16.63              | 13.30                       | 2.67                 | 635.56                  | 63.56                        | 7.56                           | 106.61                 |
| 3    | 0.79               | 0.64                        | 4.74                 | 31.00                   | 3.10                         | 0.43                           | 6.54                   |

### 3.2.2 Diseño del canal de entrada

Se determina el área del canal de entrada, basándose en el caudal de diseño y una velocidad de 0.6 [m/s].

$$A_{canal} = \frac{Q_{diseño}}{Velocidad}$$

$$A_{canal} = \frac{0.064}{0.6}$$

$$A_{canal} = 0.12 \text{ m}^2$$

Basándose en el área obtenida, se procede a determinar la altura, asumiendo un ancho de 0.50 [m].

$$H = \frac{0.12}{0.5}$$

$$H = 0.21 \text{ [m]}$$

Se escoge una altura mayor a la recomendada y se establecen las dimensiones lo mismo se repite para las demás zonas, se presentan los resultados en la tabla 3.3

**Tabla 3.3 Resumen de las dimensiones del canal de entrada [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Ancho [m] | Área [m2] | Altura [m] | Altura escogida [m] | Ancho escogido [m] |
|------|-----------|-----------|------------|---------------------|--------------------|
| 1    | 0.50      | 0.11      | 0.21       | 0.50                | 0.50               |
| 2    | 0.50      | 0.18      | 0.36       | 0.50                | 0.50               |
| 3    | 0.50      | 0.01      | 0.02       | 0.50                | 0.50               |

### 3.2.3 Pretratamiento

Abarca el dimensionamiento de las estructuras que se emplearán para el pretratamiento correspondiente a cada una de las plantas, para lo cual se emplearán las ecuaciones descritas en la sección 2.2.3.13.2

#### 3.2.3.1 Diseño del cribado

Para el diseño del cribado se establecen primero las siguientes consideraciones, se empleará 1 solo módulo, los barrotes serán rectangulares, la separación entre barras en las rejillas es de 0.02 [m], el espesor de la reja es de 0.05[m], el ancho de los barrotes es de 0.01 [m], velocidad de aproximamiento 0.5 [m/s], luego se procede a usar la siguiente ecuación para obtener el área:

$$\text{Área} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{\text{Velocidad}} \quad (3.11)$$

$$\text{Área} = \frac{0.064}{0.5}$$

$$\text{Área} = 0.13 \text{ [m}^2\text{]}$$

Una vez determinada el área se procede a estimar el ancho y la altura, considerando que debe tener un área mayor a la determinada, por lo que se establece un ancho de 0.3 [m] y alto de 0.5 [m]. Para la obtención de la pérdida de carga se determinan el  $k_1=1$ , el  $k_2= 1$  y el  $k_3=0.78$  proveniente de la figura 2.2.

$$\Delta h = k_1 * k_2 * k_3 * \frac{Vc^2}{2g} \quad (3.12)$$

$$\Delta h = 1 * 1 * 0.78 * \frac{0.5^2}{2 * 9.81}$$

$$\Delta h = 0.020 \text{ [m]}$$

Una vez obtenido el calado se puede emplear la siguiente ecuación para obtener el calado real.

$$H_{\text{real}} = \text{Altura} + \Delta h \quad (3.13)$$

$$H_{\text{real}} = 0.5 + 0.02$$

$$H_{\text{real}} = 0.52 \text{ [m]}$$

Se procede a verificar la velocidad este dentro del rango de [0.3-0.6] [m/s] con la nueva altura empleando la siguiente ecuación

$$V_c = \frac{Q_{diseño}}{H_{real}} \quad (3.14)$$

$$V_c = \frac{0.064}{0.52}$$

$$V_c = 0.41 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Finalmente se calcula la anchura del canal en la zona de las rejillas, considerando que el coeficiente de seguridad es 0.1 ya que se emplean rejillas finas, empleando la siguiente ecuación:

$$W = \frac{Q_{diseño}}{V_r * D} * \left( \frac{b + s}{s} \right) + C \quad (3.15)$$

$$W = 0.285 [m]$$

Se presentan las dimensiones del cribado para las 3 zonas en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Dimensiones del cribado [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Anchura [m] | Vc [m/s] | Calado real [m] |
|------|-------------|----------|-----------------|
| 1    | 0.50        | 0.41     | 0.52            |
| 2    | 0.50        | 0.41     | 0.52            |
| 3    | 0.15        | 0.56     | 0.37            |

### 3.2.3.2 Diseño del desarenador:

Para el dimensionamiento del desarenador se parte del diámetro medio de la partícula a eliminar que en este caso es de 0.3 [mm] correspondiente a arenas. Con esto se emplea la figura 2.3 para determinar  $V_c$ ,  $V_c'$ ,  $V_H$ , cuyos valores permiten calcular la sección longitudinal y transversal del desarenador.

$$V_c: 0.04 \text{ m/s}$$

$$V_c': 0.03 \text{ m/s}$$

$$V_H: 0.32 \text{ m/s}$$

$$S_{long} = \frac{Q_{diseño}}{V_c}$$

**( 3.16)**

$$S_{long} = \frac{0.064 \text{ m}^3/\text{s}}{0.04 \text{ m/s}}$$

$$S_{long} = 1.606 \text{ m}^2$$

$$S_{trans} = \frac{Q_{diseño}}{V_H}$$

**( 3.17)**

$$S_{trans} = \frac{0.064 \text{ m}^3/\text{s}}{0.32 \text{ m/s}}$$

$$S_{trans} = 0.201 \text{ m}^2$$

Con el objetivo de que se puedan formar líneas de corriente, la sección transversal debe guardar una relación ancho-alto entre 1 y 5. Para el presente diseño se tomará un valor de 3 y con ello se determina el ancho y alto del

desarenador. En cuanto a la longitud que este deberá tener, puede ser calculado a partir de la sección longitudinal calculada previamente.

$$h = \sqrt{\frac{S_{trans}}{rah}}$$

**( 3.18)**

$$h = \sqrt{\frac{0.201 \text{ m}^2}{3}}$$

$$h = 0.259 \text{ m}$$

$$a = \frac{S_{trans}}{h}$$

**( 3.19)**

$$a = \frac{0.201 \text{ m}^2}{0.259}$$

$$a = 0.776 \text{ m}$$

$$L = \frac{S_{long}}{a}$$

**( 3.20)**

$$L = \frac{1.606 \text{ m}^2}{0.776 \text{ m}}$$

$$L = 2.07 \text{ m}$$

Se procede a calcular el volumen total del desarenador, con el objetivo de determinar el tiempo de retención, el cual debe estar comprendido entre 2 y 5 minutos.

$$V = a * L * h$$

**( 3.21)**

$$V = 0.776 \text{ m} * 2.07 \text{ m} * 0.259 \text{ m}$$

$$V = 0.416 \text{ m}^3$$

$$T_{retención} = \frac{V}{Q_{diseño}} \quad (3.22)$$

$$T_{retención} = \frac{0.416 \text{ m}^3}{0.064 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$T_{retención} = 6.47 \text{ s}$$

Dado que este tiempo es muy escaso, no es recomendable para sistemas desarenadores, por lo que se hace una corrección en el diseño, el cual esta vez parte de un mínimo tiempo de retención de 2 minutos. De esta manera, se calcula un nuevo volumen para el desarenador.

$$V = Q_{diseño} * T_{retención}$$

$$V = 0.064 \text{ m}^3/\text{s} * 120 \text{ s}$$

$$V = 7.710 \text{ m}^3$$

Esta vez se tomará un valor mínimo de 1 para la relación ancho – alto, y se considera una altura mínima de 1.5 [m], con lo que se tendrá un ancho de la misma dimensión, obteniendo así una nueva longitud para el desarenador.

$$L = \frac{V}{a * h}$$

$$L = \frac{7.710 \text{ m}^3}{1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m}}$$

$$L = 3.43 \text{ m} \approx 3.5 \text{ m}$$

De esta manera se obtienen unas nuevas dimensiones que permiten cumplir con el tiempo de retención mínimo en el desarenador. A continuación, se presentan las dimensiones para los tres desarenadores diseñados correspondientes a su respectiva zona, mediante la tabla 3.5.

**Tabla 3.5 Dimensiones del desarenador [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Longitud<br>[m] | Anchura<br>[m] | Altura<br>[m] |
|------|-----------------|----------------|---------------|
| 1    | 3.5             | 1.5            | 1.5           |
| 2    | 6               | 1.5            | 1.5           |
| 3    | 0.75            | 1.5            | 1.5           |

### 3.2.3.3 Diseño del campo de trampa de grasas

En el diseño de la trampa de grasa se emplea las recomendaciones del manual de diseño del CEPIS, en este se establece la profundidad mínima de 80 [cm], se ingresa a la trampa mediante un codo de 90° el mismo posee un diámetro de 3 pulgadas, continuará hasta 15 [cm] por debajo del nivel de agua, para la salida se emplea un Tee con las mismas dimensiones y un desnivel de 5 [cm] con respecto a la tubería de entrada, este diseño supera los 0.6 [m<sup>3</sup>], sus dimensiones se detallan en la figura

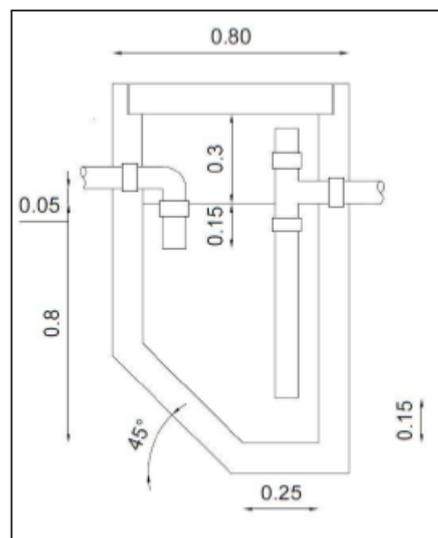


Figura 3.2 Detalle de la trampa de grasas

### 3.2.4 Diseño de la planta depuradora de aguas residuales:

Las diferentes plantas de tratamiento de aguas servidas con tecnología ATB que existen poseen dimensiones estándar preestablecidas, que dependen de la población de diseño sobre la cual van a operar, además de considerar parámetros como el DBO, DQO, y temperatura detallados en la tabla 3.6 Para el presente proyecto es necesario la implantación de tres diferentes sistemas para atender a cada una de las zonas especificadas anteriormente. En la tabla 3.6 se muestran las plantas a implementarse para cada una de estas áreas de estudio.

**Tabla 3.6 Parámetros considerados en la selección de plantas ATB [Baque & Zavala, 2021]**

|             |      |               |
|-------------|------|---------------|
| DBO         | 293  | $mg * L^{-1}$ |
| DQO         | 519  | $mg * L^{-1}$ |
| Temperatura | 22.8 | $^{\circ}C$   |

**Tabla 3.7 Plantas a implantarse en cada zona de estudio [Baque & Zavala, 2021]**

| Zona | Población de diseño [Habitantes] | Tipo de Planta ATB |
|------|----------------------------------|--------------------|
| 1    | 4401                             | 5000 P             |
| 2    | 7560                             | 5000 P + 3000 P    |
| 3    | 429                              | 500 P              |

Cada una de estas plantas están conformadas principalmente por tres tanques de hormigón armado, cuyas dimensiones se detallan en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8 Dimensiones requeridas para los tanques de cada planta [Baque & Zavala, 2021]**

| Planta de 5000 Personas de Capacidad |          |            |          |                                   |         |
|--------------------------------------|----------|------------|----------|-----------------------------------|---------|
| Tanque Búffer/Amortiguador           |          | Tanque SBR |          | Tanque de Almacenamiento de Lodos |         |
| Largo                                | 11.0 [m] | Largo      | 15.0 [m] | Largo                             | 7.0 [m] |
| Ancho                                | 11.0 [m] | Ancho      | 15.0 [m] | Ancho                             | 7.0 [m] |
| Alto                                 | 5.0 [m]  | Alto       | 4.5 [m]  | Alto                              | 4.5 [m] |
| Planta de 3000 Personas de Capacidad |          |            |          |                                   |         |
| Tanque Búffer/Amortiguador           |          | Tanque SBR |          | Tanque de Almacenamiento de Lodos |         |
| Largo                                | 10.0 [m] | Largo      | 13.0 [m] | Largo                             | 6.0 [m] |
| Ancho                                | 10.0 [m] | Ancho      | 13.0 [m] | Ancho                             | 6.0 [m] |

|  |          |                            |          |                      |          |
|--|----------|----------------------------|----------|----------------------|----------|
| Alto   | 5.0 [m]  | Alto                       | 4.5 [m]  | Alto                 | 4.5 [m]  |
| <b>Planta de 500 Personas de Capacidad</b>         |          |                            |          |                      |          |
| <b>Tanque Preclarificación y depósito de lodos</b> |          | <b>Tanque Amortiguador</b> |          | <b>Tanque de SBR</b> |          |
| Largo  | 5.0 [m]  | Largo                      | 2.5 [m]  | Largo                | 5.0 [m]  |
| Ancho  | 5.2 [m]  | Ancho                      | 5.2 [m]  | Ancho                | 2.5 [m]  |
| Alto   | 2.75 [m] | Alto                       | 2.75 [m] | Alto                 | 2.75 [m] |

### 3.2.4.1 Diseño de los muros estructurales

Para el diseño de los muros estructurales se modeló primero la estructura en SAP 2000, para obtener valores como cortante máximo, los momentos que actúan en los muros y cimentación entre otros, en las figuras a continuación se observan algunas etapas del modelado del tanque SBR de 5000 personas, siendo este el que se empleará para ejemplificar los cálculos.

The image shows three tables from the SAP 2000 software interface, detailing the grid coordinates for the structural model.

| X Grid Data |              |           |         |            |            |
|-------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|
| Grid ID     | Ordinate (m) | Line Type | Visible | Bubble Loc | Grid Color |
| D           | -1.3         | Secondary | No      | End        |            |
| A           | 0            | Primary   | Yes     | End        |            |
| D           | 1.6          | Secondary | No      | End        |            |
| E           | 14.8         | Secondary | No      | End        |            |
| B           | 16.4         | Primary   | Yes     | End        |            |
| C           | 17.7         | Secondary | No      | End        |            |

| Y Grid Data |              |           |         |            |            |
|-------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|
| Grid ID     | Ordinate (m) | Line Type | Visible | Bubble Loc | Grid Color |
| 4           | -1.3         | Secondary | No      | Start      |            |
| 1           | 0            | Primary   | Yes     | Start      |            |
| 4           | 1.6          | Secondary | No      | Start      |            |
| 5           | 14.8         | Secondary | No      | Start      |            |
| 2           | 16.4         | Primary   | Yes     | Start      |            |
| 3           | 17.7         | Secondary | No      | Start      |            |

| Z Grid Data |              |           |         |            |            |
|-------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|
| Grid ID     | Ordinate (m) | Line Type | Visible | Bubble Loc | Grid Color |
| Z1          | 0            | Primary   | Yes     | End        |            |
| Z2          | 4.5          | Primary   | Yes     | End        |            |

Figura 3.3 Definición de coordenadas en el SAP 2000 [ Baque & Zavala, 2021]

The image shows a screenshot of the 'Materials' definition window in SAP 2000, where material properties are being set.

| Materials |                         |
|-----------|-------------------------|
| $f_c$     | 280 kg/cm <sup>2</sup>  |
| $f_y$     | 4200 kg/cm <sup>2</sup> |

Figura 3.4 Definición de los materiales [Baque & Zavala, 2021]

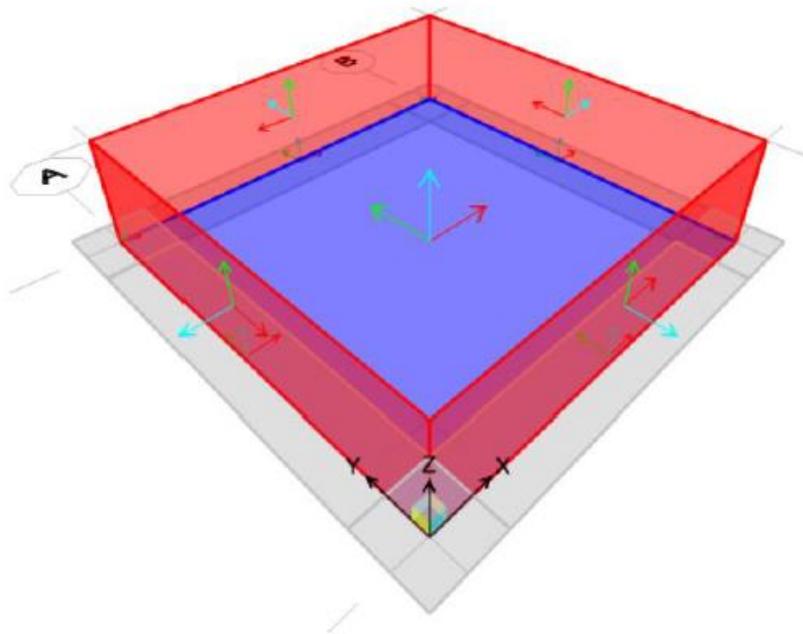


Figura 3.5 Dibujo del reservorio [Baque & Zavala, 2021]

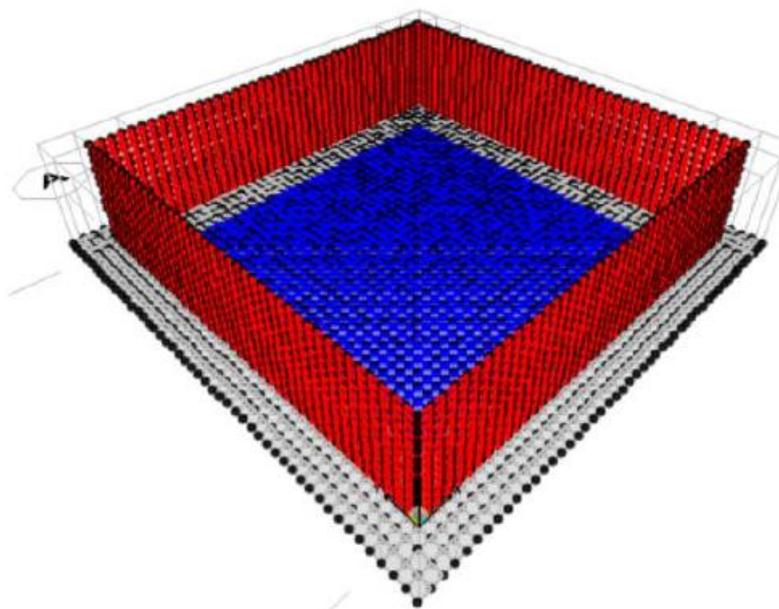


Figura 3.6 Alturas definidas del líquido y se discretizan los componentes del reservorio [Baque & Zavala, 2021]

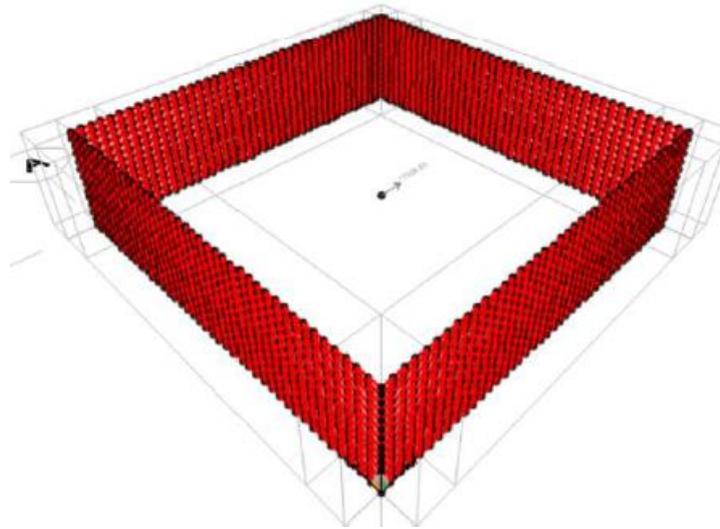
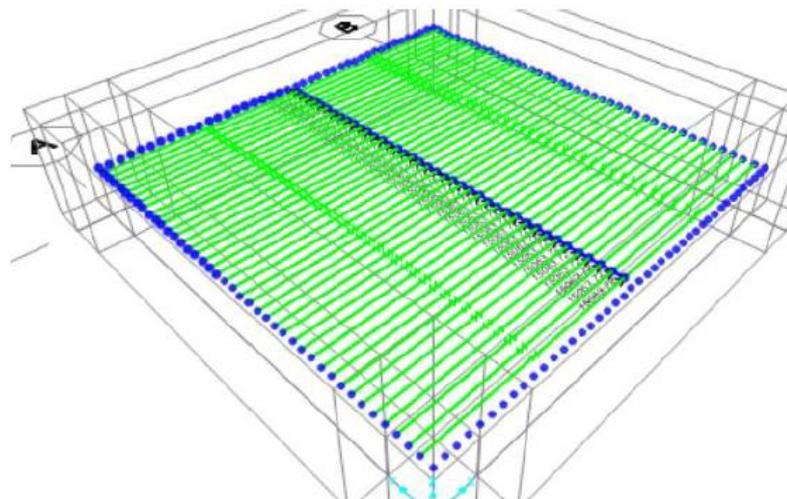


Figura 3.7 Modelamiento asimilando la condición de un resorte [Baque & Zavala, 2021]

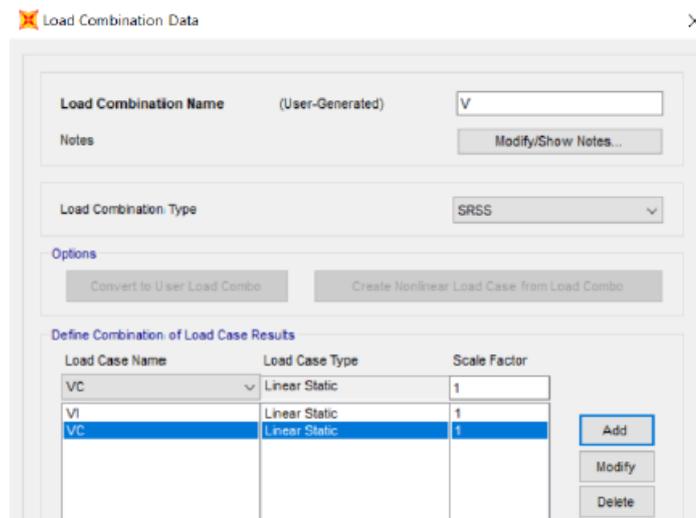


Se definen los patrones de carga para cortantes basales y se asignan los coeficientes obtenidos

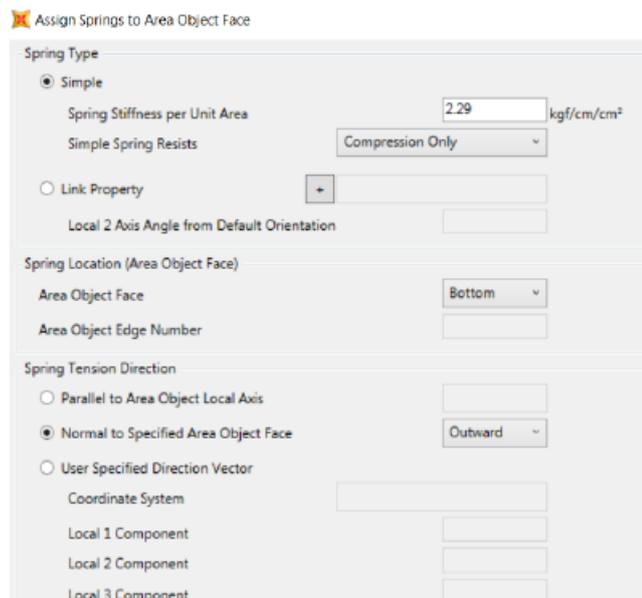
Define Load Patterns

| Load Pattern Name | Type  | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load Pattern |
|-------------------|-------|------------------------|---------------------------|
| VC                | Quake | 0                      | None                      |
| Peso propio       | Dead  | 1                      |                           |
| Wc                | Other | 0                      |                           |
| VI                | Quake | 0                      | User Coefficient          |
| VC                | Quake | 0                      | None                      |

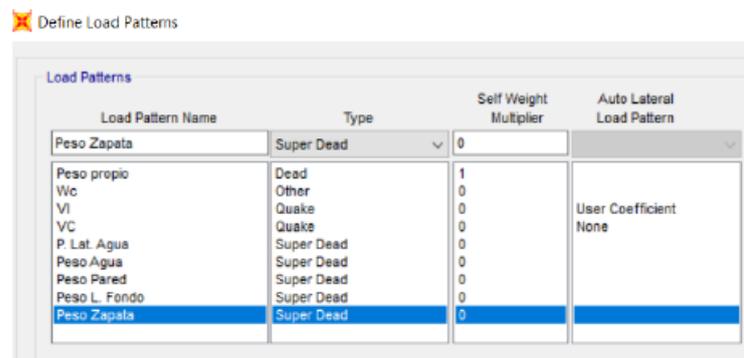
Figura 3.8 Se definen patrones de carga para cortantes basales y se asignan los coeficientes [Baque & Zavala, 2021]



Se define el coeficiente de balasto del suelo



**Figura 3.9 Combinación de los cortantes para obtener el total en la base [Baque & Zavala,2021]**



**Figura 3.10 Patrones de carga en el reservorio [Baque & Zavala, 2021]**

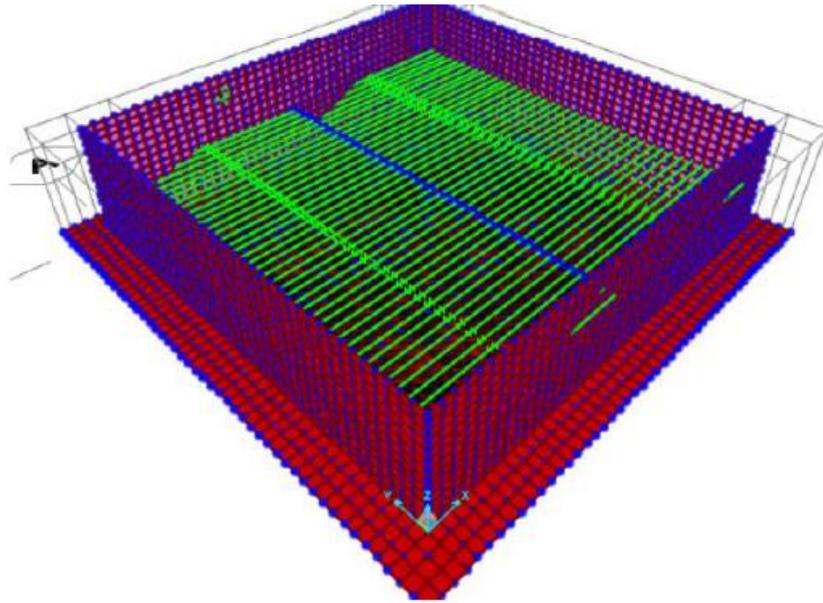


Figura 3.11 Se asigna el peso de cada elemento [Baque & Zavala,2021]

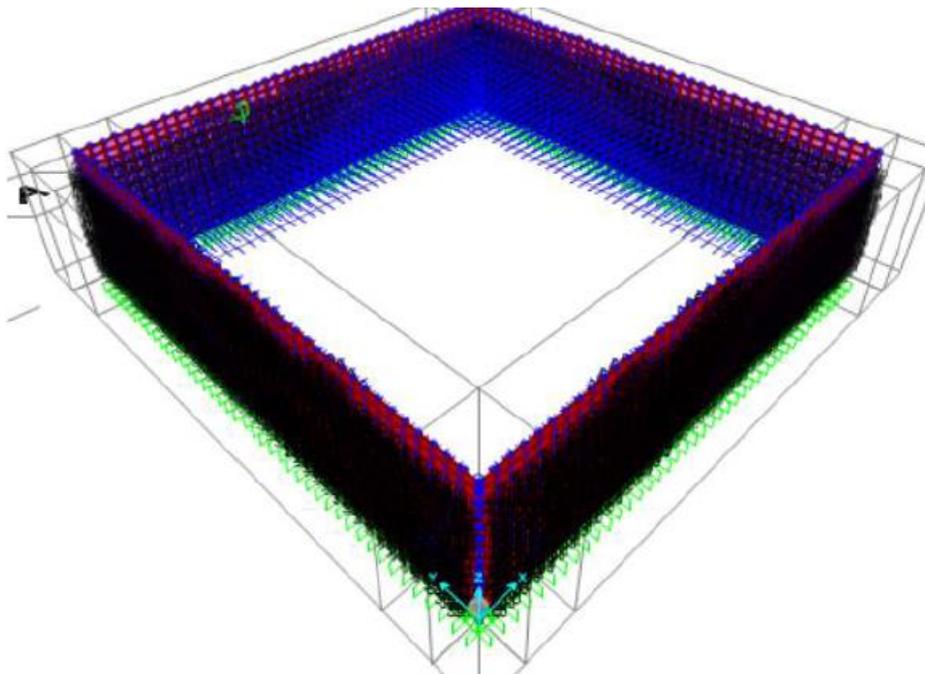


Figura 3.12 Definición de carga producida por paredes de agua [Baque& Zavala,2021]

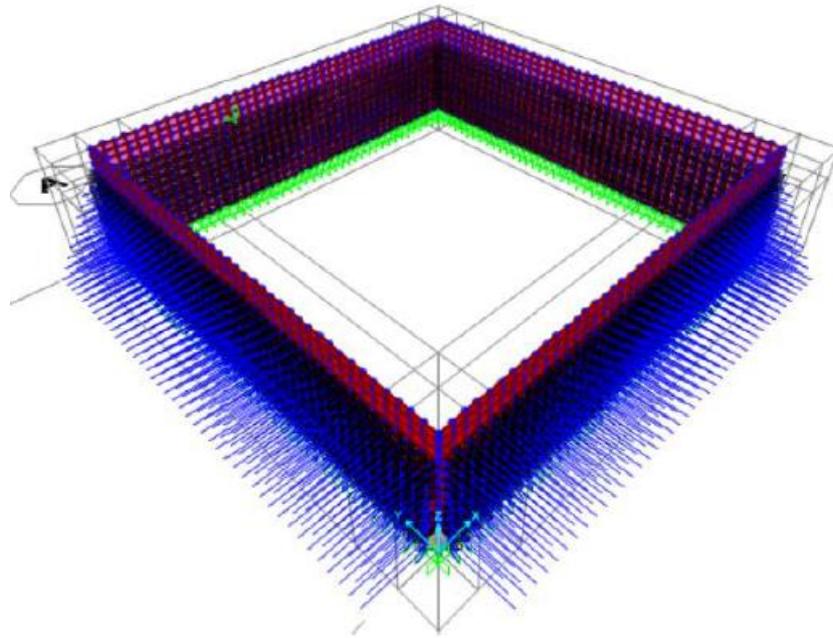


Figura 3.13 Se asignan presiones del suelo [Baque & Zavala,2021]

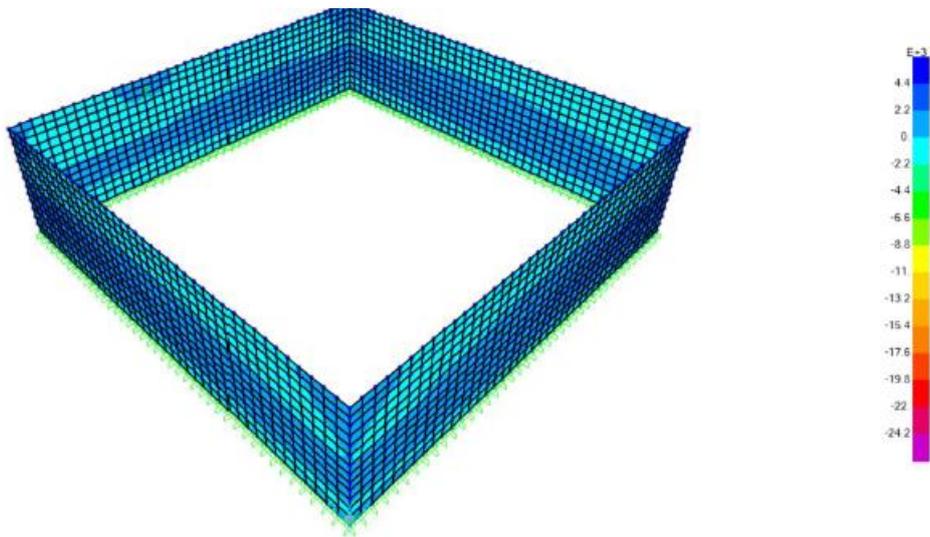
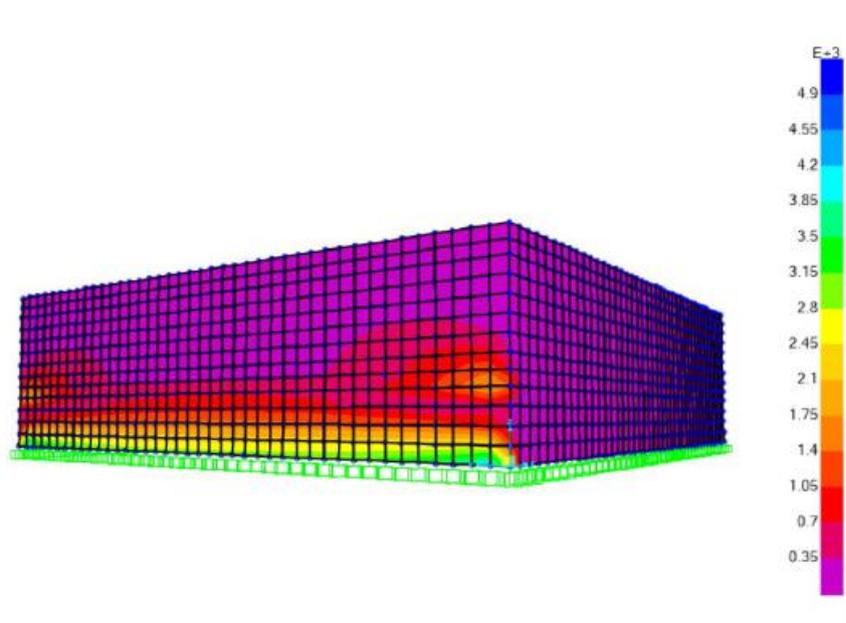


Figura 3.14 Se observa los momentos correspondientes [Baque & Zavala, 2021]



**Figura 3.15 Momentos debido al cortante en las paredes [ Baque & Zavala, 2021]**

En primer lugar, como se estableció en el capítulo 2, se diseña el espesor de las paredes del reservorio, partiendo de los datos del dimensionamiento colocados en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9 Bases para el dimensionamiento [Baque & Zavala, 2021]**

| Símbolo    | Valor | Unidad             | Nombre                            |
|------------|-------|--------------------|-----------------------------------|
| $f_c$      | 280   | Kg/cm <sup>2</sup> | Resistencia del concreto          |
| $f_y$      | 4200  | Kg/cm <sup>2</sup> | Resistencia del acero de refuerzo |
| L          | 15    | m                  | Longitud                          |
| B=L        | 15    | m                  | Ancho                             |
| H          | 4.5   | m                  | Altura                            |
| $\gamma_w$ | 1000  | Kg/m <sup>3</sup>  | Densidad del agua                 |
| $\gamma_c$ | 2400  | Kg/m <sup>3</sup>  | Densidad del concreto             |
| $\gamma_s$ | 1219  | Kg/m <sup>3</sup>  | Densidad del suelo                |
| $\varphi$  | 38    | °                  | Angulo de fricción                |
| Hs         | 3.3   | m                  | Altura del suelo                  |

|            |       |                    |                              |
|------------|-------|--------------------|------------------------------|
| Hw         | 3.9   | m                  | Altura máxima de agua        |
| $\sigma_s$ | 1.05  | Kg/cm <sup>2</sup> | Capacidad portante del suelo |
| $\sigma_s$ | 10500 | Kg/m <sup>2</sup>  | Capacidad portante del suelo |

Se obtiene el  $\alpha_c$  partiendo de la ecuación previamente definida en el capítulo 2

$$\alpha_c = \begin{cases} 3 \text{ para } \frac{hw}{lw} < 1.5 \\ 2 \text{ para } \frac{hw}{lw} > 2 \end{cases}$$

( 3.23)

$$\alpha_c = \begin{cases} 3 \text{ para } \frac{3.9}{15} < 1.5 \\ 2 \text{ para } \frac{3.9}{15} > 2 \end{cases}$$

$$\alpha_c = \begin{cases} 3 \text{ para } 0.3 < 1.5 \\ 2 \text{ para } 0.3 > 2 \end{cases}$$

$$\alpha_c = 3$$

Para propósitos de cálculo, el análisis se realizará para 1 [ft] de longitud, basándose en lo establecido en el ACI 350-06, se adopta un espesor de losa de 1.5 [m].

Se calcula el refuerzo longitudinal y transversal, se asume una varilla de 2.2 cm, una cuantía mínima de 0.003, y una separación de 15 [cm].

$$Vn = A_{cv} * (\alpha_c * \sqrt{f'c} + \rho_n * fy)$$

( 3.24)

$$Vn = 708.66 * (3 * \sqrt{4000} + 0.003 * 60000)$$

$$Vn = 278131.56 [Lb]$$

Se debe verificar el cortante obtenido sea mayor al máximo obtenido de SAP 2000.

$$\phi V_n \geq V_{max}$$

( 3.25)

$$208598.67[Lb] \geq 0$$

Se verifica que cumple.

Para el espesor de la losa de fondo se asume las consideraciones del capítulo 2 y se adopta un espesor de 20 [cm], para el refuerzo longitudinal y transversal se emplea una varilla de 2.2 [cm], detallados en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10 Refuerzos transversal y longitudinal para la losa**

| <b>Término</b> | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b>      |
|----------------|--------------|--------------------|
| pmin           | 0.0018       | [cm]               |
| s max          | 45           | [cm]               |
| db             | 2.2          | [cm]               |
| Ash-e          | 3.80         | [cm <sup>2</sup> ] |
| Ash-i          | 3.80         | [cm <sup>2</sup> ] |
| sv             | 45           | [cm]               |
| t              | 15           | [cm]               |
| pn             | 0.013        |                    |

### **Ancho y espesor de la cimentación**

Se emplea una varilla de 2.2 [cm] para la cimentación y se calcula la longitud de desarrollo.

$$L_{dc} = \max \left\{ \left( 0.02 * \frac{fy}{\sqrt{f'c}} \right) db, \frac{0.0003 * fy * db}{8} \right\} [in]$$

( 3.26)

$$L_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left( 0.02 * \frac{60000}{\sqrt{420}} \right) * 0.87 \\ 0.0003 * 60000 * 0.87 \\ 8 \end{array} \right\} [in]$$

$$L_{dc} = \max \left\{ \begin{array}{l} 16.43 \\ 15.59 \\ 8 \end{array} \right\} [in]$$

$$L_{dc} = 16.43[in]$$

Se escoge una longitud de desarrollo de 41.74 [cm]. Además, se establece un espesor de la cimentación considerando 7.5 [cm] de recubrimiento, sumándole la longitud de desarrollo escogida, por lo que se adopta un espesor de 50 [cm]. Se escoge un  $a=1.3[m]$ , que va a ser el voladizo asumido, y un ancho preliminar de la mitad  $B= 2.90[m]$ . Se establecen las cargas verticales que llegan a la cimentación detalladas en la tabla 3.11.

**Tabla 3.11 Cargas verticales que llegan a la cimentación [Baque & Zavala, 2021]**

| Símbolo         | Valor    | Unidad |
|-----------------|----------|--------|
| Q <sub>vs</sub> | 5229.51  | [Kg/m] |
| Q <sub>vw</sub> | 390      | [Kg/m] |
| P <sub>m</sub>  | 16200.00 | [Kg/m] |

Se procede a determinar la ubicación de la resultante de fuerzas verticales relativas al punto O detalladas en la sección 2.3.5.3.

$$Q_R = Q_{vs} + Q_{vw} + P_m$$

**( 3.27)**

$$Q_R = 5229.51 + 390 + 16200$$

$$Q_R = 21819.51[Kg/m]$$

$$X = \frac{a * Q_{vs} + (a + t + B)Q_{vw} + (2a + t)P_m}{2Q_R}$$

**( 3.28)**

$$X = \frac{1.9 * 5229.51 + (1.9 + 0.15 + 2.9)390 + (2 * 1.3 + 0.15)16200}{2 * 21819.51}$$

$$X = 1.73 [m]$$

Luego se procede a calcular la presión neta efectiva del suelo.

$$\sigma_{ns} = \sigma_s - \gamma_{prom} * hf - hs * \gamma_s - S/C$$

( 3.29)

$$\sigma_{ns} = 10500 - 1109.50 * 3.3 - 0.15 * 2400$$

$$\sigma_{ns} = 5083.90 [Kg/m^2]$$

Para determinar el B de la losa se emplean los valores de la tabla 3.12 y la ecuación 3.30 y luego se obtiene el peralte

**Tabla 3.12 Términos para la obtención de B [Baque & Zavala, 2021]**

| Término      | Valor   | Unidad |
|--------------|---------|--------|
| Ka del suelo | 0.2379  |        |
| Qhs          | 1578.94 | Kg     |
| Ka del agua  | 1       |        |
| Qhw          | 7605.0  | Kg     |

$$B = \sqrt{\left( \frac{2(X * Q_R + 2/3(H_S * Q_{HS} - H_W * Q_{HW}))}{\sigma_{ns}} \right)}$$

( 3.30)

$$B = \sqrt{\left( \frac{2(1.73 * 2.1819.5 + 2/3(0.15 * 1578.94 - 3.3 * 7605.0))}{5083.9} \right)}$$

$$B = 2.9[m]$$

**Tabla 3.13 definición del peralte [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Término</b> | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b> |
|----------------|--------------|---------------|
| d              | 3.91         | [in]          |
| d              | 9.92         | [cm]          |
| hz             | 0.17         | [m]           |
| hz adoptado    | 0.5          | [m]           |
| d definitivo   | 0.41         | [m]           |

Se procede a determinar los coeficientes para las paredes del tanque, como ya se estableció en la sección 2.3.5.3, se obtienen los coeficientes de tabla y se detallan en la tabla 3.14.

**Tabla 3.14 Coeficientes de los tanques [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Término</b>               | <b>Valor</b> |
|------------------------------|--------------|
| Borde inferior               | 0.5          |
| Borde lateral (Punto máximo) | 0.373        |
| Borde lateral (Punto medio)  | 0.237        |

Se analiza primero en el Borde central que es donde actuará la fuerza cortante máxima y se obtiene su peralte detallado en la tabla 3.15

**Tabla 3.15 Dimensiones de espesor del muro [Baque & Zavala]**

| <b>Término</b> | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b> |
|----------------|--------------|---------------|
| Cs             | 0.5          |               |
| V              | 8775         | [Kg]          |
| b              | 30.48        | [cm]          |
| d              | 69.21        | [cm]          |
| rec            | 5            | [cm]          |
| db             | 1.8          | [cm]          |
| t              | 75.11        | [cm]          |
| t adoptado     | 1.5          | [m]           |

Se repite el proceso para las paredes en el otro sentido, pero al ser mayor as dimensiones obtenidas en el borde central se mantienen las establecidas y se verifica que cumpla

$$\phi V_c \geq V_u$$

( 3.31)

$$15022.43 \geq 8775$$

Por lo tanto, se verifica que cumple.

Para los momentos también dependen de las relaciones entre las longitudes y altura de las paredes y se clasificaran e momentos verticales y momentos horizontales después de aplicar la ecuación 3.32 y 3.33 se obtienen las siguientes tablas.

$$M_{xm} = M_x * Coef * \frac{qa^2}{1000}$$

( 3.32)

$$M_{ym} = M_y * Coef * \frac{qa^2}{1000}$$

( 3.33)

**Tabla 3.16 Momentos Verticales de diseño, Mux (Ton-m) [Baque & Zavala, 2021]**

|             | 0.1b & 0.9b |          | 0.3b & 0.7b |          | 0.5b  |          |
|-------------|-------------|----------|-------------|----------|-------|----------|
|             | Coef.       | Mux      | Coef.       | Mux      | Coef. | Mux      |
| <b>Top</b>  | 0           | 0.00     | 0           | 0.00     | 0     | 0.00     |
| <b>0.9a</b> | -2          | -328.54  | 3           | 492.80   | 3     | 492.80   |
| <b>0.8a</b> | -1          | -164.27  | 6           | 985.61   | 5     | 821.34   |
| <b>0.7a</b> | 0           | 0.00     | 7           | 1149.88  | 5     | 821.34   |
| <b>0.6a</b> | 2           | 328.54   | 5           | 821.34   | 1     | 164.27   |
| <b>0.5a</b> | 2           | 328.54   | -1          | -164.27  | -7    | -1149.88 |
| <b>0.4a</b> | 1           | 164.27   | -12         | -1971.22 | -20   | -3285.36 |
| <b>0.3a</b> | -3          | -492.80  | -29         | -4763.77 | -40   | -6570.72 |
| <b>0.2a</b> | -12         | -1971.22 | -53         | -8706.20 | -67   | 11005.96 |
| <b>0.1a</b> | -27         | -4435.24 | -87         | 14291.32 | -103  | 16919.60 |

|               |     |          |      |   |          |      |   |          |
|---------------|-----|----------|------|---|----------|------|---|----------|
| <b>Bottom</b> | -51 | -8377.67 | -131 | - | 21519.11 | -149 | - | 24475.93 |
|---------------|-----|----------|------|---|----------|------|---|----------|

**Tabla 3.17 Momentos Horizontales de diseño, Muy (Ton-m) [Baque & Zavala, 2021]**

|               | Corner |          | 0.1b & 0.9b |         | 0.3b & 0.7b |         | 0.5b  |         |
|---------------|--------|----------|-------------|---------|-------------|---------|-------|---------|
|               | Coef.  | Mux      | Coef.       | Mux     | Coef.       | Mux     | Coef. | Mux     |
| <b>Top</b>    | -76    | -        | -13         | -       | 17          | 2792.56 | 14    | 2299.75 |
| <b>0.9a</b>   | -95    | 12484.37 | -11         | 2135.48 | 16          | 2628.29 | 13    | 2135.48 |
| <b>0.8a</b>   | -83    | -        | -9          | -       | 15          | 2464.02 | 12    | 1971.22 |
| <b>0.7a</b>   | -73    | 15605.46 | -7          | 1806.95 | 13          | 2135.48 | 10    | 1642.68 |
| <b>0.6a</b>   | -64    | -        | -4          | -       | 10          | 1642.68 | 7     | 1149.88 |
| <b>0.5a</b>   | -55    | 10513.15 | -2          | -657.07 | 7           | 1149.88 | 4     | 657.07  |
| <b>0.4a</b>   | -44    | -9034.74 | -1          | -328.54 | 3           | 492.80  | -1    | -164.27 |
| <b>0.3a</b>   | -32    | -7227.79 | -1          | -164.27 | -3          | -492.80 | -6    | -985.61 |
| <b>0.2a</b>   | -18    | -5256.58 | -2          | -164.27 | -9          | -       | -13   | -       |
| <b>0.1a</b>   | -5     | -2956.82 | -5          | -328.54 | -17         | 1478.41 | -20   | 2135.48 |
| <b>Bottom</b> | 0      | -821.34  | -10         | -821.34 | -26         | 2792.56 | -30   | 3285.36 |
|               |        | 0.00     |             | -       |             | -       |       | -       |
|               |        |          |             | 1642.68 |             | 4270.97 |       | 4928.04 |

Se procede a realizar la verificación del factor de seguridad para esto, se establece que el factor de seguridad debe ser mayor a 1.11 y se emplea la ecuación 3.34.

$$FS = \frac{Wt + Ws}{Fe}$$

( 3.34)

**Tabla 3.18 términos para la comprobación de factor de seguridad [Baque & Zavala, 2021]**

| Término | Valor  | Unidad |
|---------|--------|--------|
| Wpa     | 972000 | [Kg]   |

|     |            |      |
|-----|------------|------|
| Wlf | 114062.4   | [Kg] |
| Wt  | 1086062.4  | [Kg] |
| Ws  | 179372.193 | [Kg] |
| Fe  | 1144960.98 | [Kg] |

$$FS = \frac{1086062.4 + 179372.193}{1144960.98}$$

$$FS = 1.33$$

Por lo tanto, cumple el factor de seguridad.

### Presiones hidrodinámicas fuerzas impulsivas y convectivas:

Para analizar las presiones hidrodinámicas se analizan las presiones impulsivas y convectivas, primero se analiza las presiones hidrodinámicas impulsivas horizontales empleando la siguiente ecuación 3.35 y se obtiene la tabla 3.19.

$$Q_{iw}(y) = \frac{\sqrt{3}}{2} \left[ 1 - \left( \frac{y}{HL} \right)^2 \right] \tanh \left( \frac{\sqrt{3} * L}{2 * HL} \right)$$

( 3.35)

**Tabla 3.19** Tabla de presiones impulsivas horizontales

| y (m) | y/HL  | Qiw   |
|-------|-------|-------|
| 0.195 | 0.050 | 0.862 |
| 0.390 | 0.100 | 0.855 |
| 0.585 | 0.150 | 0.844 |
| 0.780 | 0.200 | 0.829 |
| 0.975 | 0.250 | 0.810 |
| 1.170 | 0.300 | 0.786 |
| 1.365 | 0.350 | 0.758 |
| 1.560 | 0.400 | 0.726 |
| 1.755 | 0.450 | 0.689 |
| 1.950 | 0.500 | 0.648 |
| 2.145 | 0.550 | 0.603 |
| 2.340 | 0.600 | 0.553 |
| 2.535 | 0.650 | 0.499 |
| 2.730 | 0.700 | 0.441 |
| 2.925 | 0.750 | 0.378 |

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 3.120 | 0.800 | 0.311 |
| 3.315 | 0.850 | 0.240 |
| 3.510 | 0.900 | 0.164 |
| 3.705 | 0.950 | 0.084 |
| 3.900 | 1.000 | 0.000 |

Para las presiones verticales se emplea la ecuación 3.36 y se obtiene la tabla 3.20.

$$Q_{is}(x) = \frac{\sinh\left(\frac{\sqrt{3} * x}{2 * Hl}\right)}{\cosh\left(\frac{\sqrt{3} * L}{2 * Hl}\right)}$$

( 3.36)

**Tabla 3.20 Presiones impulsivas verticales [Baque & Zavala, 2021]**

| x (m)  | x/HL   | Qis    |
|--------|--------|--------|
| 7.500  | 1.923  | 0.182  |
| 6.750  | 1.731  | 0.152  |
| 6.000  | 1.538  | 0.126  |
| 5.250  | 1.346  | 0.103  |
| 4.500  | 1.154  | 0.084  |
| 3.750  | 0.962  | 0.067  |
| 3.000  | 0.769  | 0.051  |
| 2.250  | 0.577  | 0.037  |
| 1.500  | 0.385  | 0.024  |
| 0.750  | 0.192  | 0.012  |
| 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| -0.750 | -0.192 | -0.012 |
| -1.500 | -0.385 | -0.024 |
| -2.250 | -0.577 | -0.037 |
| -3.000 | -0.769 | -0.051 |
| -3.750 | -0.962 | -0.067 |
| -4.500 | -1.154 | -0.084 |
| -5.250 | -1.346 | -0.103 |
| -6.000 | -1.538 | -0.126 |
| -6.750 | -1.731 | -0.152 |
| -7.500 | -1.923 | -0.182 |

Se aplica las ecuaciones para las presiones convectivas horizontales.

$$Q_{cw}(y) = 0.4165 \frac{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{y}{L}\right)}{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{Hl}{L}\right)}$$

( 3.37)

**Tabla 3.21 Presiones convectivas horizontales [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>y (m)</b> | <b>y/L</b> | <b>Qcw</b> |
|--------------|------------|------------|
| 0.195        | 0.013      | 0.307      |
| 0.390        | 0.026      | 0.308      |
| 0.585        | 0.039      | 0.309      |
| 0.780        | 0.052      | 0.311      |
| 0.975        | 0.065      | 0.313      |
| 1.170        | 0.078      | 0.316      |
| 1.365        | 0.091      | 0.320      |
| 1.560        | 0.104      | 0.324      |
| 1.755        | 0.117      | 0.328      |
| 1.950        | 0.130      | 0.333      |
| 2.145        | 0.143      | 0.339      |
| 2.340        | 0.156      | 0.345      |
| 2.535        | 0.169      | 0.352      |
| 2.730        | 0.182      | 0.359      |
| 2.925        | 0.195      | 0.367      |
| 3.120        | 0.208      | 0.376      |
| 3.315        | 0.221      | 0.385      |
| 3.510        | 0.234      | 0.395      |
| 3.705        | 0.247      | 0.405      |
| 3.900        | 0.260      | 0.417      |

Finalmente se obtienen las presiones convectivas verticales:

$$Q_{cw}(y) = 0.4165 \frac{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{y}{L}\right)}{\cosh\left(\sqrt{10}\frac{Hl}{L}\right)}$$

( 3.38)

**Tabla 3.22 Presiones convectivas verticales [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>x (m)</b> | <b>x/L</b> | <b>Qcs</b> |
|--------------|------------|------------|
| 7.500        | 0.500      | 0.307      |
| 6.750        | 0.450      | 0.302      |
| 6.000        | 0.400      | 0.290      |
| 5.250        | 0.350      | 0.270      |
| 4.500        | 0.300      | 0.243      |
| 3.750        | 0.250      | 0.211      |
| 3.000        | 0.200      | 0.174      |
| 2.250        | 0.150      | 0.134      |
| 1.500        | 0.100      | 0.091      |
| 0.750        | 0.050      | 0.046      |
| 0.000        | 0.000      | 0.000      |
| -0.750       | -0.050     | -0.046     |
| -1.500       | -0.100     | -0.091     |
| -2.250       | -0.150     | -0.134     |
| -3.000       | -0.200     | -0.174     |
| -3.750       | -0.250     | -0.211     |
| -4.500       | -0.300     | -0.243     |
| -5.250       | -0.350     | -0.270     |
| -6.000       | -0.400     | -0.290     |
| -6.750       | -0.450     | -0.302     |
| -7.500       | -0.500     | -0.307     |

**Parámetros sísmicos:**

Se proceden a revisar los parámetros de sismicidad en base a lo establecido en la norma.

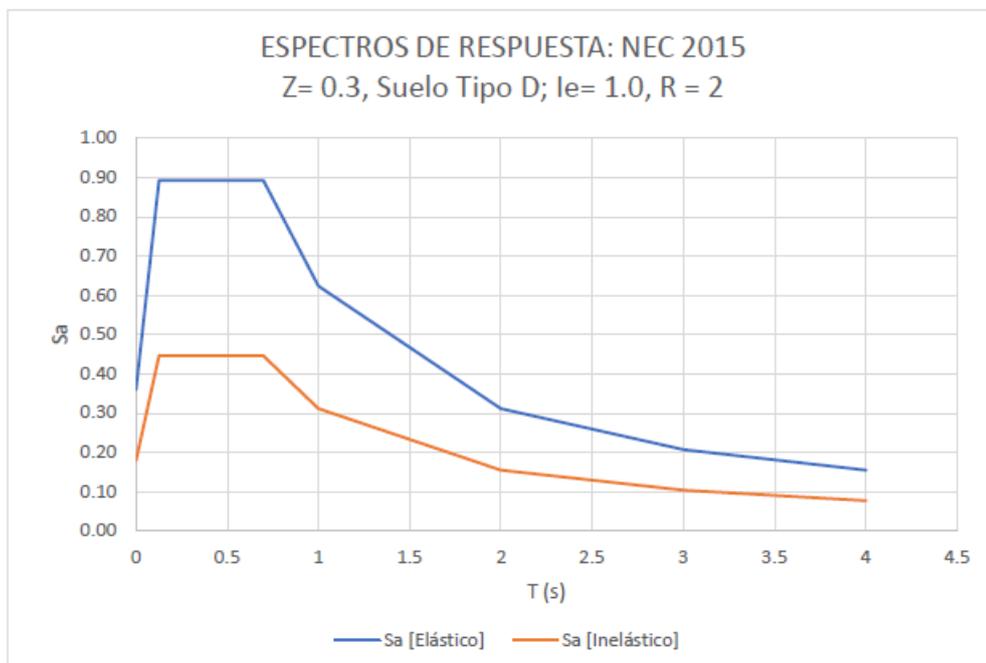
**Tabla 3.23**

| <b>Parámetros sísmicos</b> |      |
|----------------------------|------|
| N                          | 2.48 |
| Z                          | 0.3  |
| I                          | 1    |
| R                          | 2    |
| I/R                        | 0.5  |

|               |      |
|---------------|------|
| Tipo de suelo | D    |
| Fa            | 1.2  |
| Fd            | 1.19 |
| Fs            | 1.28 |
| To            | 0.13 |
| Tc            | 0.70 |
| r             | 1    |

**Tabla 3.24 Características del suelo tipo D [Baque & Zavala, 2021]**

| Suelo tipo D |               |                 |
|--------------|---------------|-----------------|
| T            | Sa [Elástico] | Sa [Inelástico] |
| 0            | 0.36          | 0.18            |
| 0.13         | 0.89          | 0.45            |
| 0.7          | 0.89          | 0.45            |
| 1            | 0.62          | 0.31            |
| 2            | 0.31          | 0.16            |
| 3            | 0.21          | 0.1             |
| 4            | 0.16          | 0.08            |



**Figura 3.16 Espectro de respuesta del suelo tipo D [Baque & Zavala, 2021]**

### Cálculo del periodo impulsivo y compulsivo

Se comienza calculando el período impulsivo empleando la ecuación de la sección 2.3.5.7, y sus consideraciones:

$$W = W_w + W_r + W_i \quad (3.39)$$

$$W = 972000.0 + 8777500.0$$

$$W = 1849500.0[kg]$$

$$K = \frac{Ec}{48} \left( \frac{tw}{hw} \right)^3 \quad (3.40)$$

$$K = \frac{3604996.53}{48} \left( \frac{59.06}{14.76} \right)^3$$

$$K = 4806669.37$$

$$Ti = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK}} \quad (3.41)$$

$$Ti = 2\pi \sqrt{\frac{1849500}{9.81 * 4806669.37}}$$

$$Ti = 0.032[segundos]$$

Continuando con el período convectivo se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\lambda = \sqrt{\sqrt{10} * g * \tanh(\sqrt{10}Hl/L)} \quad (3.42)$$

$$\lambda = \sqrt{\sqrt{10} * 9.81 * \tanh(\sqrt{10} * 12.80/49.21)}$$

$$\lambda = 8.30$$

$$Tc = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{L}$$

**( 3.43)**

$$Tc = \frac{2\pi}{8.30} \sqrt{49.21}$$

$$Tc = 5.31[\text{segundos}]$$

**Peso sísmico:**

Para el peso sísmico se debe calcular la masa impulsiva primero empleando la siguiente ecuación:

$$W_i = W_L \left[ \frac{\tan\left(\frac{\sqrt{3} L}{2 H_L}\right)}{\frac{\sqrt{3} L}{2 H_L}} \right]$$

**( 3.44)**

$$W_i = W_L \left[ \frac{\tan\left(\frac{\sqrt{3} * 15}{2 * 3.9}\right)}{\frac{\sqrt{3} * 15}{2 * 3.9}} \right]$$

$$W_i = 262771.93[Kg]$$

El peso de las paredes del tanque debe ser afectado por el coeficiente de masa efectiva estipulado en el capítulo anterior

$$\varepsilon = 0.0151 \left(\frac{L}{H_L}\right)^2 - 0.1908 \left(\frac{L}{H_L}\right) + 1.021 \leq 1.0$$

**( 3.45)**

$$\varepsilon = 0.0151 \left(\frac{15}{3.9}\right)^2 - 0.1908 \left(\frac{15}{3.9}\right) + 1.021 \leq 1.0$$

$$\varepsilon = 0.511$$

Se calcula la altura de aplicación de la fuerza

$$h_i = \begin{cases} H_L \left[ 0.5 - 0.09375 \left( \frac{L}{H_L} \right) \right], & \text{Si } \frac{L}{H_L} > 0.75 \\ 0.375 H_L, & \text{Si } \frac{L}{H_L} \leq 0.75 \end{cases}$$

$$h_i = \begin{cases} 3.9 * \left[ 0.5 - 0.09375 \left( \frac{15}{3.9} \right) \right], & \text{Si } \frac{15}{3.9} > 0.75 \\ 0.375 * 3.9, & \text{Si } \frac{15}{3.9} \leq 0.75 \end{cases}$$

$$h_i = 1.46[m]$$

### Masa convectiva

Se va a calcular mediante las siguientes ecuaciones y presentando los resultados en la tabla 3.25.

$$W_c = W_L \left\{ 0.264 \left( \frac{L}{H_L} \right) \tanh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right] \right\} \quad (3.46)$$

$$h_c = H_L \left\{ 1 - \frac{\cosh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right] - 1}{\sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \sinh \left[ \sqrt{10} \left( \frac{H_L}{L} \right) \right]} \right\} \quad (3.47)$$

**Tabla 3.25 Masa convectiva [Baque & Zavala, 2021]**

| Término | Valor     | Unidad |
|---------|-----------|--------|
| Wc      | 602548.80 | [Kg]   |
| hc      | 2.05      | [m]    |

### Cálculo del cortante estático en la Base:

Se calcula primero su componente impulsiva y luego el componente convectivo empleando las siguientes ecuaciones:

$$C_s = \frac{I S_a}{R_{\varphi P \varphi E}} \quad (3.48)$$

$$V_i = C_s \times W_i$$

( 3.49)

**Tabla 3.26 Componente del cortante Impulsiva [Baque & Zavala,2021]**

| Término                   | Valor     | Unidad |
|---------------------------|-----------|--------|
| $R_{\varphi P \varphi E}$ | 2         |        |
| Ti                        | 0.032     | [s]    |
| Sa                        | 0.495     |        |
| Csi                       | 0.247     |        |
| Wi                        | 759003.82 | [Kg]   |
| Vi                        | 187962.78 | [Kg]   |

**Tabla 3.27 Componente del cortante Convectiva [Baque & Zavala,2021]**

| Término                   | Valor     | Unidad |
|---------------------------|-----------|--------|
| $R_{\varphi P \varphi E}$ | 2         |        |
| Tc                        | 5.31      | [s]    |
| Sa                        | 0.117     |        |
| Csc                       | 0.0587    |        |
| Wc                        | 602548.80 | [Kg]   |
| Vc                        | 35373.23  | [Kg]   |

Finalmente se calcula el componente resultante

$$V_b = \sqrt{V_i^2 + V_c^2}$$

( 3.50)

$$V_b = \sqrt{187962.78^2 + 35373.23^2}$$

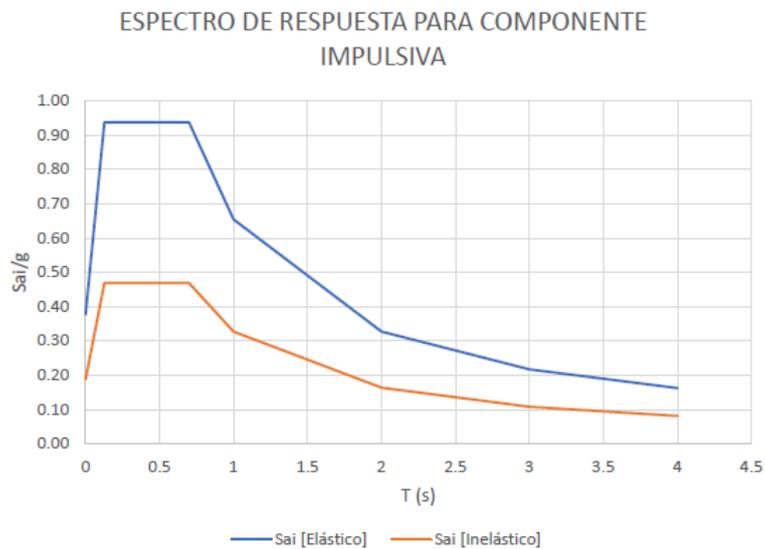
$$V_b = 191262.32[\text{Kg}]$$

**Análisis modal:**

Para el análisis modal se aplica lo definido en el capítulo 2, y se obtienen el espectro de respuesta detallado en la tabla 3.28 y en la figura 3.17.

**Tabla 3.28 Espectro de respuesta para componente impulsiva [Baque & Zavala, 2021]**

| T    | Sai<br>[Elástico] | Sai<br>[Inelástico] |
|------|-------------------|---------------------|
| 0    | 0.38              | 0.19                |
| 0.13 | 0.94              | 0.47                |
| 0.70 | 0.94              | 0.47                |
| 1    | 0.65              | 0.33                |
| 2    | 0.33              | 0.16                |
| 3    | 0.22              | 0.11                |
| 4    | 0.16              | 0.08                |



**Figura 3.17 Espectro de respuesta compulsivo [Baque & Zavala, 2021]**

**Tabla 3.29 Espectro de respuesta para componente Convectiva [Baque & Zavala, 2021]**

| T    | Sac<br>[Elástico] | Sac<br>[Inelástico] |
|------|-------------------|---------------------|
| 0    | 0.36              | 0.18                |
| 0.13 | 0.90              | 0.45                |
| 0.70 | 0.90              | 0.45                |
| 1    | 0.63              | 0.31                |
| 2    | 0.31              | 0.16                |
| 3    | 0.21              | 0.10                |
| 4    | 0.16              | 0.08                |



**Figura 3.18 Espectro de respuesta Impulsiva [Baque & Zavala, 2021]**

**Alturas de aplicación:**

Se aplican las ecuaciones definidas en el capítulo 2.

$$\frac{h_i'}{H_L} = \frac{0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right)}{2 \tanh \left[ 0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right) \right]} - \frac{1}{8}$$

**( 3.51)**

$$\frac{h_c'}{H_L} = 1 - \frac{\cosh \left[ 3.68 \left( \frac{H_L}{D} \right) \right] - 2.01}{3.68 \left( \frac{H_L}{L} \right) \sinh \left[ 3.68 \left( \frac{H_L}{L} \right) \right]}$$

**( 3.52)**

**Tabla 3.30 masas de impulsiva y masa convectiva [Baque & Zavala, 2021]**

| Término | Valor | Unidad |
|---------|-------|--------|
| $h_i'$  | 1.46  | [m]    |
| $h_c'$  | 2.09  | [m]    |
| $hw$    | 4.5   | [m]    |

Luego se procede a calcular el momento impulsivo y el momento convectivo empleando las siguientes ecuaciones y se detalla en la tabla 3.31

$$M_i = S_{ai} [W_i h_i + W_w h_w + W_r h_r] \quad (3.53)$$

$$M_c = S_{ac} [W_c h_c] \quad (3.54)$$

**Tabla 3.31 Momentos para verificar fallas [Baque & Zavala, 2021]**

| Término | Valor      | Unidad |
|---------|------------|--------|
| $M_i$   | 2474567    | [Kg-m] |
| $M_c$   | 148336.25  | [Kg-m] |
| $M_b$   | 2479009.92 | [Kg-m] |

Se calcula el momento de volteo y se lo anota junto con los demás componentes para analizar la falla por volteo

$$M'_o = S_{ac} [W_c (h'_c + t_s)] \quad (3.55)$$

$$M'_o = 0.118 [ 602548.80(2.09 + 1.5 )]$$

$$M'_o = 1503156.74[kg - m]$$

**Tabla 3.32 Pesos de los componentes [Baque & Zavala, 2021]**

| Peso                     | Valor (kg) |
|--------------------------|------------|
| Agua                     | 877500     |
| Muros, $W_w$             | 972000.00  |
| Losa de fondo*, $W_s$    | 128102.4   |
| <i>PESO TANQUE LLENO</i> | 1977602.40 |
| <i>PESO TANQUE VACÍO</i> | 1100102.40 |

Se recuerda que se debe verificar los factores de seguridad sean mayores a 1.5 tanto como para la falla por deslizamiento como por volteo.

**Tabla 3.33 Verificación por deslizamiento [Baque & Zavala, 2021]**

| Verificación ante Deslizamiento, $FS \geq 1.5$ |                             |                                |                        |                       |              |
|--|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| Coeficiente de rozamiento $u$                  | Fuerza de fricción $f$ (kg) | Cortante en la base $V_b$ (kg) | Factor de seguridad FS | Condición de análisis | Comentario   |
| 0.781  | 1545072.33                  | 191262.3                       | 8.1                    | OK                    | Tanque lleno |
|  | 859494.19                   |                                | 4.5                    | OK                    | Tanque Vacío |

**Tabla 3.34 Verificación por volteo [Baque & Zavala, 2021]**

| Verificación ante Volteo, $FS \geq 1.5$ |                           |                          |                        |                       |              |
|---|---------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|--------------|
| Brazo de palanca $L_x/2$ (m)            | Momento resistente (kg-m) | Momento de volteo (kg-m) | Factor de seguridad FS | Condición de análisis | Comentario   |
| 9.000                                   | 17798421.60               | 1503156.7                | 11.8                   | OK                    | Tanque lleno |
|   | 9900921.60                |                          | 6.6                    | OK                    | Tanque Vacío |

**Efectos de la aceleración vertical y presión dinámica total:**

Se emplean las consideraciones de la sección 2.3.5.12 y se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 3.35 Tabla de las presiones hidrodinámicas [Baque & Zavala, 2021]**

| $y$ (m) | $q_{hy}$ | $p_{vy}$ (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------|----------|-------------------------------|
| 0.00    | 9360.00  | 1622.56                       |
| 0.39    | 8424.00  | 1460.31                       |
| 0.78    | 7488.00  | 1298.05                       |
| 1.17    | 6552.00  | 1135.79                       |
| 1.56    | 5616.00  | 973.54                        |
| 1.95    | 4680.00  | 811.28                        |
| 2.34    | 3744.00  | 649.03                        |
| 2.73    | 2808.00  | 486.77                        |
| 3.12    | 1872.00  | 324.51                        |
| 3.51    | 936.00   | 162.26                        |
| 3.90    | 0.00     | 0.00                          |

Se procede a obtener las presiones hidrodinámicas impulsivas y convectiva para luego obtener la resultante

**Tabla 3.36 Distribución real de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Distribución real</b> |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| <b>y (m)</b>             | <b>pwi (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
| 0.00                     | 834.28                        |
| 0.39                     | 825.94                        |
| 0.78                     | 800.91                        |
| 1.17                     | 759.20                        |
| 1.56                     | 700.80                        |
| 1.95                     | 625.71                        |
| 2.34                     | 533.94                        |
| 2.73                     | 425.48                        |
| 3.12                     | 300.34                        |
| 3.51                     | 158.51                        |
| 3.90                     | 0.00                          |

**Tabla 3.37 Distribución equivalente de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>L. equivalente</b> |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| <b>y (m)</b>          | <b>pwi (kg/m<sup>2</sup>)</b> |
| 0.00                  | 0.00                          |
| 0.00                  | 834.28                        |
| 3.90                  | 0.00                          |

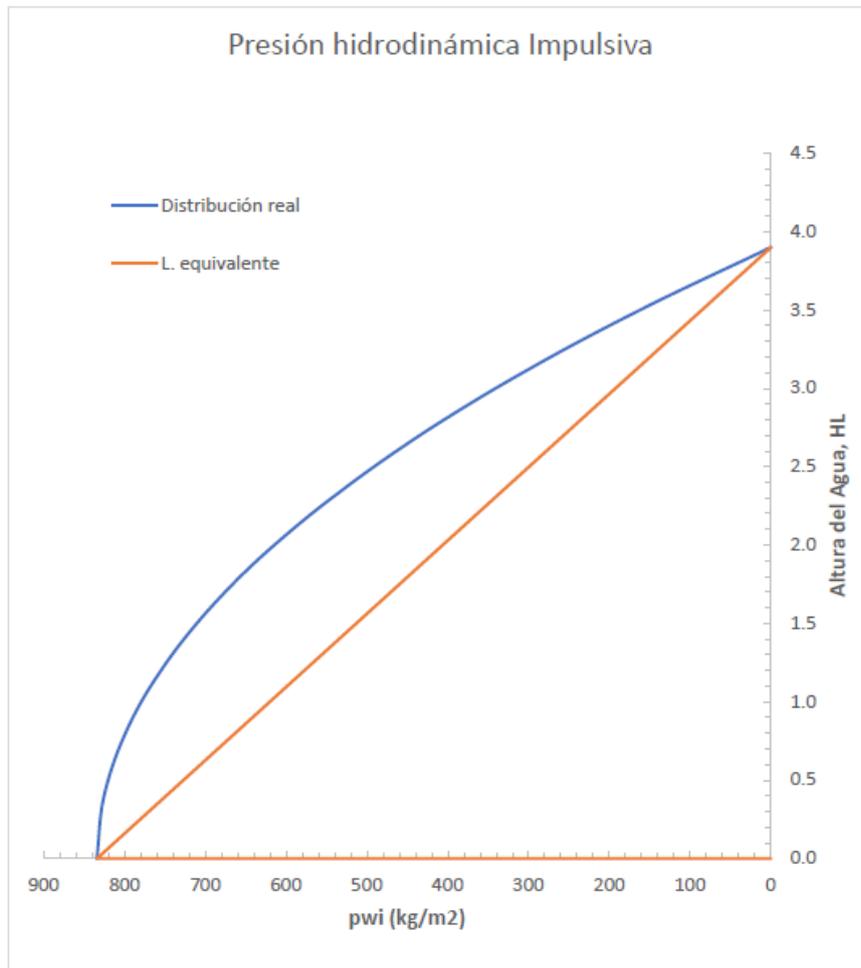


Figura 3.19 Diagrama de interacción de presiones impulsivas [Baque & Zavala, 2021]

Tabla 3.38 Distribución real de presiones Convectivas [Baque & Zavala, 2021]

| Distribución real |                          |
|-------------------|--------------------------|
| y (m)             | pcw (kg/m <sup>2</sup> ) |
| 0.00              | 70.25                    |
| 0.39              | 70.48                    |
| 0.78              | 71.20                    |
| 1.17              | 72.40                    |
| 1.56              | 74.08                    |
| 1.95              | 76.27                    |
| 2.34              | 78.97                    |
| 2.73              | 82.21                    |
| 3.12              | 86.00                    |
| 3.51              | 90.37                    |
| 3.90              | 95.36                    |

**Tabla 3.39 Distribución equivalente de presiones Convectivas [Baque & Zavala, 2021]**

| L. equivalente |                          |
|----------------|--------------------------|
| y (m)          | pcw (kg/m <sup>2</sup> ) |
| 0.00           | 0.00                     |
| 0.00           | 70.25                    |
| 3.90           | 95.36                    |
| 3.90           | 0.00                     |

Finalmente se obtiene el V resultante siendo igual a 2369.82 [Kg/m<sup>2</sup>], los valores obtenidos serán modelados y agregados al SAP 2000 y comprobar el funcionamiento de la estructura, además de verificar los valores obtenidos en SAP 2000 con los calculados. Estos se encuentran detallados en el apéndice C.

A continuación se muestra el resumen de las dimensiones obtenidas junto con los refuerzos respectivos para los componentes de los tanques de 5000, 3000 y 500 personas.

**Tabla 3.40 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 5000 personas.**

| Tanque SBR Planta de 5000 Personas de Capacidad |     |    |                     |    |    |
|---|-----|----|---------------------|----|----|
| Largo   | 15  | m  |                     |    |    |
| Ancho   | 15  | m  |                     |    |    |
| Alto  | 4.5 | m  |                     |    |    |
| espesor paredes                                 | 1.5 | m  |                     |    |    |
| Paredes   |     |    |                     |    |    |
| REFUERZO HORIZONTAL                             |     |    |                     |    |    |
| Cara interna                                    |     |    | Cara externa        |    |    |
| Diametro de varilla                             | 22  | mm | Diametro de varilla | 22 | mm |
| Separación                                      | 15  | cm | Separación          | 15 | cm |
| REFUERZO VERTICAL                               |     |    |                     |    |    |
| Cara interna                                    |     |    | Cara externa        |    |    |
| Diametro de varilla                             | 22  | mm | Diametro de varilla | 22 | mm |
| Separación                                      | 12  | cm | Separación          | 12 | cm |
| Cimentación (Zapata Corrida)                    |     |    |                     |    |    |
| Ancho   | 2.9 | m  |                     |    |    |

|                             |     |    |                              |    |    |
|-----------------------------|-----|----|------------------------------|----|----|
| Espesor                     | 0.5 | m  |                              |    |    |
| Ancho del ala               | 1.3 | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>    |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b> |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla         | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                  | 5   | cm | Separación                   | 10 | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>    |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b> |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla         | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                  | 15  | cm | Separación                   | 15 | cm |
| <b>Losa de Fondo</b>        |     |    |                              |    |    |
| Espesor                     | 0.2 | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>    |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b> |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla         | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                  | 5   | cm | Separación                   | 5  | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>    |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b> |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla         | 28  | mm | Diametro de varilla          | 28 | mm |
| Separación                  | 10  | cm | Separación                   | 10 | cm |

**Tabla 3.41 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 3000 personas.**

|  |     |    |                     |    |    |
|--|-----|----|---------------------|----|----|
| <b>Tanque SBR Planta de 3000 Personas de Capacidad</b> |     |    |                     |    |    |
| Largo  | 13  | m  |                     |    |    |
| Ancho  | 13  | m  |                     |    |    |
| Alto   | 4.5 | m  |                     |    |    |
| espesor paredes  | 1.3 | m  |                     |    |    |
| <b>Paredes</b>   |     |    |                     |    |    |
| <b>REFUERZO HORIZONTAL</b>                             |     |    |                     |    |    |
| <b>Cara interna</b>                                    |     |    | <b>Cara externa</b> |    |    |
| Diametro de varilla                                    | 22  | mm | Diametro de varilla | 22 | mm |
| Separación   | 15  | cm | Separación          | 15 | cm |

| <b>REFUERZO VERTICAL</b>            |     |    |                              |    |    |
|-------------------------------------|-----|----|------------------------------|----|----|
| <b>Cara interna</b>                 |     |    | <b>Cara externa</b>          |    |    |
| Diametro de varilla                 | 22  | mm | Diametro de varilla          | 22 | mm |
| Separación                          | 12  | cm | Separación                   | 12 | cm |
| <b>Cimentación (Zapata Corrida)</b> |     |    |                              |    |    |
| Ancho                               | 2.9 | m  |                              |    |    |
| Espesor                             | 0.5 | m  |                              |    |    |
| Ancho del ala                       | 1.3 | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>            |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                          | 5   | cm | Separación                   | 10 | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>            |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                          | 15  | cm | Separación                   | 15 | cm |
| <b>Losa de Fondo</b>                |     |    |                              |    |    |
| Espesor                             | 0.2 | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>            |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 25  | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                          | 5   | cm | Separación                   | 5  | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>            |     |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |     |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 28  | mm | Diametro de varilla          | 28 | mm |
| Separación                          | 10  | cm | Separación                   | 10 | cm |

**Tabla 3.42 Resumen de las dimensiones y refuerzos de la planta de 500 personas.**

| <b>Tanque SBR Planta de 500 Personas de Capacidad</b> |     |   |
|---|-----|---|
| Largo   | 5   | m |
| Ancho   | 2.5 | m |

|                                     |      |    |                              |    |    |
|-------------------------------------|------|----|------------------------------|----|----|
| Alto                                | 2.75 | m  |                              |    |    |
| espesor paredes                     | 0.25 | m  |                              |    |    |
| <b>Paredes</b>                      |      |    |                              |    |    |
| <b>REFUERZO HORIZONTAL</b>          |      |    |                              |    |    |
| <b>Cara interna</b>                 |      |    | <b>Cara externa</b>          |    |    |
| Diametro de varilla                 | 18   | mm | Diametro de varilla          | 18 | mm |
| Separación                          | 20   | cm | Separación                   | 20 | cm |
| <b>REFUERZO VERTICAL</b>            |      |    |                              |    |    |
| <b>Cara interna</b>                 |      |    | <b>Cara externa</b>          |    |    |
| Diametro de varilla                 | 18   | mm | Diametro de varilla          | 18 | mm |
| Separación                          | 20   | cm | Separación                   | 20 | cm |
| <b>Cimentación (Zapata Corrida)</b> |      |    |                              |    |    |
| Ancho                               | 0.75 | m  |                              |    |    |
| Espesor                             | 0.5  | m  |                              |    |    |
| Ancho del ala                       | 0.4  | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>            |      |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |      |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 18   | mm | Diametro de varilla          | 18 | mm |
| Separación                          | 20   | cm | Separación                   | 20 | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>            |      |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |      |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 18   | mm | Diametro de varilla          | 18 | mm |
| Separación                          | 20   | cm | Separación                   | 20 | cm |
| <b>Losa de Fondo</b>                |      |    |                              |    |    |
| Espesor                             | 0.25 | m  |                              |    |    |
| <b>REFUERZO SUPERIOR</b>            |      |    |                              |    |    |
| <b>Refuerzo transversal</b>         |      |    | <b>Refuerzo longitudinal</b> |    |    |
| Diametro de varilla                 | 25   | mm | Diametro de varilla          | 25 | mm |
| Separación                          | 5    | cm | Separación                   | 5  | cm |
| <b>REFUERZO INFERIOR</b>            |      |    |                              |    |    |

| Refuerzo transversal |    |    | Refuerzo longitudinal |    |    |
|----------------------|----|----|-----------------------|----|----|
| Diametro de varilla  | 28 | mm | Diametro de varilla   | 28 | mm |
| Separación           | 10 | cm | Separación            | 10 | cm |

### 3.3 Especificaciones técnicas

#### 3.3.1 Normas, códigos y reglamentos

Se tomó como base para los diseños definitivos y memoria de cálculo, todos los criterios de diseño, recomendaciones, y las correspondientes especificaciones de la Norma Ecuatoriana CO 10.7 – 602, la Norma CPE INEN 5 Parte 9.1 y 9.2, el Manual de Agua Potable, las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores y menores a 1000 habitantes del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Guía para el Diseño de Desarenadores y Sedimentadores (CEPIS), Las normas para el diseño de muros estructurales en la ACI 350, la ASCE/SE 7-10. Para los criterios de diseño de la zapata y la losa de cimentación se tomaron en consideración las normas mencionadas anteriormente junto con el manual de la PCA para diseño de reservorios.

**Tabla 3.43 Especificaciones técnicas de diseño [Baque & Zavala, 2021]**

| Parámetros                    |                  | Especificaciones técnicas según las normas  |
|-------------------------------|------------------|---|
| Período de diseño y población |                  | Las plantas depuradoras u obras sanitarias deben ser proyectadas por los menos 20 años, este valor puede aumentar con su debida justificación.                                      |
|                               |                  | La población futura o proyectada debe ser determinada al menos empleando tres métodos de proyección poblacional y considerando la población actual.                                 |
| Plantas depuradoras           | Caudal de diseño | En el caudal de diseño se considera el caudal doméstico, conexiones ilícitas y por infiltraciones, se descarta el industrial debido a que no hay presencia de industrias en Caluma. |

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
|                           | Ubicación de los sistemas de tratamiento               | Las ubicaciones fueron determinadas por el municipio de Caluma, por lo que se adaptó a sus consideraciones  |
|                           | Restricciones hidráulicas                              | En el cribado la velocidad debe estar en un rango de (0.3-0.5) [m/s].   |
|                           |  | En el desarenador se debe operar con un tiempo de retención de (2-5) [min].   |
| Componentes estructurales | Cargas para el diseño de los componentes estructurales | Se consideraron como cargas muertas a los pesos propios de las estructuras, y los componentes que se colocaran dentro de los tanques.   |
|                           |  | Se consideró las cargas laterales del suelo, basándose en que el suelo característico de Caluma es arenas limosas.  |
|                           |  | Se consideró el empuje hidrostático del agua en las paredes del tanque, junto con las presiones hidrodinámicas convectivas e impulsivas para el análisis del tanque lleno y tanque vacío. |
|                           | Ubicación de los tanques                               | La ubicación de los tanques se basó en los estándares de los ofrecidos por la empresa alemana y que deben estar 1.2[m] sobresaliendo del nivel del terreno.                               |
|                           | Restricciones estructurales                            | Se consideraron la falla por deslizamiento y por volteo en la estructura, de manera que se eligieron las dimensiones optimas para que cumpla con estas condiciones.                       |

### 3.3.2 Método constructivo

#### 3.3.2.1 Trabajos preliminares

Entre los trabajos preliminares se encuentran la limpieza y el desbroce de la cobertura vegetal, nivelación del terreno, movimiento de tierras que incluya excavación y el desalojo del material.

### **3.3.2.2 Construcción de las plantas depuradoras de aguas residuales**

Para la construcción se deben realizar las excavaciones con las profundidades de los tanques, considerando que únicamente 1.2 [m] serán visibles y el resto estará enterrado, sumándole a la profundidad componentes como la losa, zapata, entre otras, para posteriormente levantar las estructuras y colocar los respectivos equipos en cada tanque para su funcionamiento. Continuando con la construcción de los demás componentes de la planta como es el cribado, área del canal y desarenador. Una vez levantadas las estructuras, se procede a conectar todo mediante las tuberías respectivas.

### **3.3.2.3 Equipos y maquinarias destinados a la construcción**

#### **3.3.2.3.1 Herramientas manuales**

- Nivel
- Martillo
- Plomada
- Cinta métrica
- Machete
- Piola
- Sierra

#### **3.3.2.3.2 Equipos**

- Equipo topográfico (Estación total, Nivel)
- Dobladora de hierro
- Concretera
- Compactador manual
- Vibrador manual

#### **3.3.2.3.3 Maquinaria pesada**

- Retro excavadora

- Rodillo compactador de tambor
- Volqueta sencilla

#### **3.3.2.4 Operación y mantenimiento**

La operación de las plantas es automatizada, por lo que no requiere de un gran personal para su correcto funcionamiento, el técnico especializado enviado desde Alemania es el encargado de supervisar la instalación de todos los componentes, este proceso demora 20 días, durante los cuales se llevará a cabo la correspondiente capacitación del personal, los mismos serán instruidos en el funcionamiento, mantenimiento y demás requerimientos para operar la planta. Además, en el apéndice B, se adjuntan tablas en donde se detallan los componentes técnicos a implementarse en las plantas con sus respectivas características e imágenes.

#### **3.3.2.5 Mantenimiento para trampa de grasas**

Las viviendas y restaurantes las cuales empleen una trampa de grasas requieren que se les realice un mantenimiento frecuente, de al menos una vez por semana. Para poder realizar este mantenimiento los pobladores o usuarios deben realizar los siguientes pasos:

1. Abrir la tapa con las debidas precauciones para evitar el daño de la misma o evitar lesiones, para lo cual se recomienda el empleo de guantes de protección
2. Realizar la limpieza del interior retirando las grasas con las herramientas de limpieza que disponga en el hogar.
3. Retirar el agua taponada que se encuentre en la unidad de grasas con el material que se disponga. Se recomienda una esponja.
4. Para finalizar, se limpia cualquier resto de basura que se observe y se cola en su sitio para terminar.

# CAPÍTULO 4

## 4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Objetivos

#### 4.1.1 Objetivo General

Determinar los posibles impactos ambientales que se generen por la implementación de un sistema de tratamiento de aguas servidas en la comunidad de Caluma perteneciente a la provincia de Bolívar.

#### 4.1.2 Objetivos específicos:

- Identificar las actividades del proyecto que son propensas a causar cualquier impacto ambiental, estas abarcan la fase de construcción, operación, mantenimiento, y finalización de la obra.
- Estimar la valoración de cada una de las actividades del proyecto, enfocándose en aquellas que generen un mayor impacto ambiental.
- Proponer un plan de manejo ambiental que disminuya, y en lo posible evite daños a la fauna y flora característica de la zona.

### 4.2 Descripción del proyecto

El presente proyecto surge a partir de la necesidad de tratar las aguas residuales antes de que sean descargadas directamente en los cuerpos hídricos de la localidad de Caluma, ubicada en la provincia de Bolívar, por lo que surgieron posibles opciones de tratamiento a ser ubicadas en 3 puntos estratégicos de la zona.

La selección de la alternativa se realizó tomando en consideración parámetros como el presupuesto, eficiencia, aceptación, entre otros. Basándose en los parámetros mencionados el proyecto tiene como objetivo, cumplir con lo establecido en la normativa ambiental del país para saneamiento. El proyecto busca valorar los impactos ambientales generados en las 3 fases del mismo, como la construcción, en el cual por ejemplo al realizar el movimiento de tierra se generan alteraciones del medio ambiente, ya que se remueve la cobertura vegetal, para la colocación de maquinaria, estructuras, entre otros, la fase de operación y

mantenimiento, donde las aguas tratadas son descargadas en cuerpos hídricos, no obstante cumpliendo con las normativas presentes en el TULSMA, y en la fase final de retirada de la obra, se generan múltiples desechos por el abandono de la estructura. Mediante el estudio de impacto ambiental, se busca evitar que estos contaminantes se presenten durante las fases del proyecto, y en caso de no poder evitarlo, se busca reducir lo máximo posible, presentando medidas de mitigación y garantizando un entorno saludable.

### 4.3 Tipo de estudio ambiental

El presente proyecto se encuentra ubicado en la categoría de “Licencia ambiental “de acuerdo con el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA), como se detalla en la figura 4.1, esta licencia será considerada en el presupuesto.

| Descripción de la actividad    | CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (INCLUYE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO)  |
|--------------------------------|--|
| Su trámite corresponde a un(a) | LICENCIA AMBIENTAL   |
| Tiempo de emisión              | Se ajusta al proceso de análisis de revisión de la información ingresada dentro de los parámetros de la normativa ambiental vigente, debiendo realizar un proceso de Participación social. |
| Costo del trámite              | Varía en base al costo del proyecto, el pago de facilitadores y si existe remoción de cobertura vegetal nativa.  |

Figura 4.1 Consulta de actividades ambientales [Baque & Zavala, 2021]

### 4.4 Línea base ambiental

#### 4.4.1 Medio físico:

##### 4.4.1.1 Clima

Los meses más fríos se dan de mayo a septiembre, con temperaturas de 20 °C a 24 °C, mientras que en los meses de octubre a abril presentan temperaturas más elevadas de 24°C a 28°C, el clima en general es subtropical y templado. Además, presenta una precipitación media anual de 1000 mm, por lo que suelen ocurrir ligeras precipitaciones cuando no es la época lluviosa, debido a las corrientes de aire húmedo que se originan en la costa ecuatoriana y que se condensan en las ramificaciones de la cordillera de los Andes. (GAD Caluma, 2015).

#### 4.4.1.2 Aire

En la comunidad de Caluma se considera que la contaminación del aire correspondientes a gases emitidos por vehículos se concentra en la zona céntrica combinada con el uso excesivo de bocinas, además, existen zonas donde la contaminación por malos olores es alta, debido a múltiples alcantarillados terminan descargándose directamente a los cuerpos hídricos y las casas aledañas se ven afectadas, además de haber chancheras y camales que igual descargan a los cuerpos hídricos. (GAD Caluma, 2015).

#### 4.4.1.3 Suelo

##### 4.4.1.3.1 Uso del suelo

En el cantón Caluma el uso del suelo está distribuido en 5 principales actividades, las cuales abarcan la producción pecuaria siendo esta la que más área ocupa, luego le sigue la producción agrícola, tercero se ubica los bosques secundarios, cuarto se ubica las áreas urbanas y finalmente la menor área la ocupan las vías y ríos.

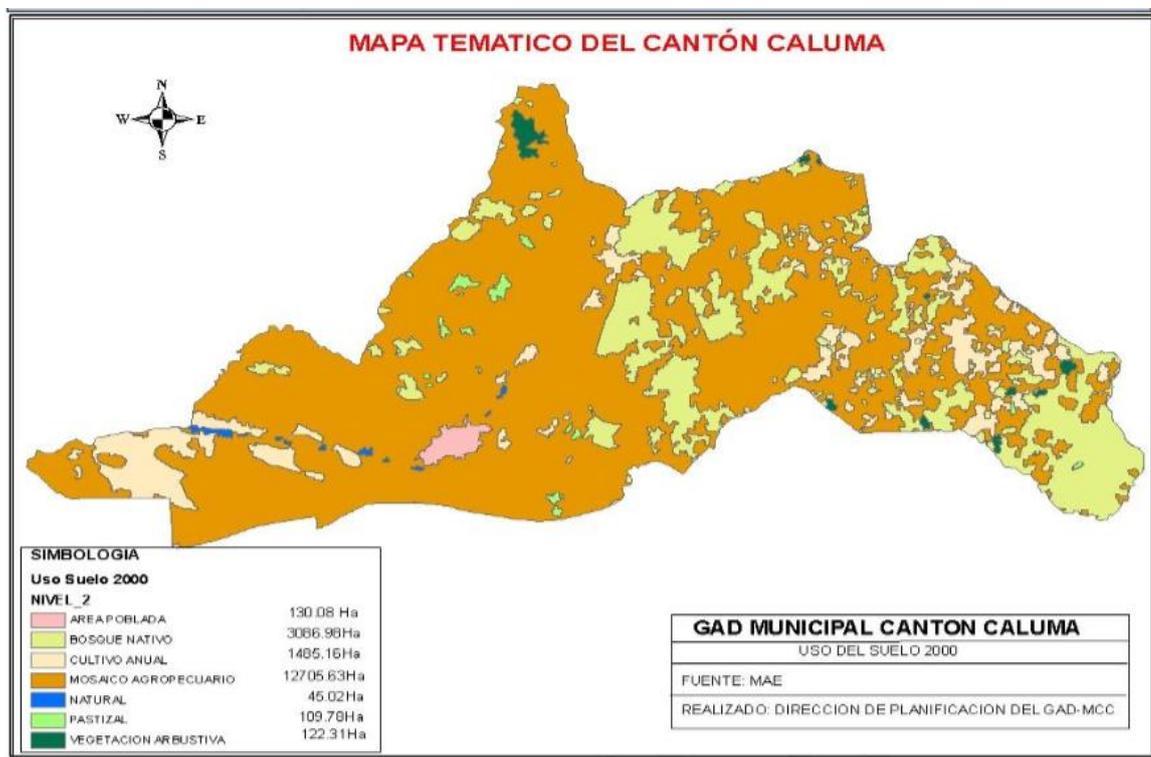


Figura 4.2 Mapa de uso de suelo de Caluma [GAD Caluma, 2016]

#### 4.4.1.3.2 Topografía

La topografía de Caluma es irregular, debido a que presenta pendientes de 40% en la zona más elevada de Caluma, además presenta amplias sabanas en la zona baja en la dirección a la costa. Las elevaciones van desde los 120 msnm en la zona baja, y en la zona alta puede alcanzar los 400 msnm alcanzando sus mayores elevaciones y pendientes. (GAD Caluma, 2015).

#### 4.4.1.4 Agua

La red hidrográfica de Caluma está compuesta por la cuenca alta del río Guayas, subcuenca del río Yaguachi; siendo el principal sistema hidrográfico del cantón. Otro cuerpo hídrico es el río Pita que aguas arriba se lo conoce como río Caluma, este río Pita es afluente del río Babahoyo, el mismo se forma por las vertientes que nacen en las estribaciones de la cordillera occidental de las cumbres andinas. Los ríos antes mencionados afluyen una serie de esteros y quebradas con una menor influencia, los mismos conforman otros sistemas, entre los principales está el Charquiyacu, Guayabal, los esteros del Pescado, entre otros, los cuales afluyen directamente al río Caluma.

Estos cuerpos hídricos mencionados poseen características favorables para actividades productivas, industriales, eléctricas, entre otras, debido a que se encuentran en zonas de baja densidad poblacional, por lo que la oferta de utilización de este recurso es alta.

#### 4.4.2 Medio Biótico:

##### 4.4.2.1 Flora:

La flora característica de Caluma se detalla en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1 Flora característica de Caluma [GAD Caluma, 2016]**

| Fotografía | Nombre común | Nombre científico | Fotografía | Nombre común | Nombre científico |
|------------|--------------|-------------------|------------|--------------|-------------------|
|------------|--------------|-------------------|------------|--------------|-------------------|

|   |                    |                       |  |            |                         |
|---|--------------------|-----------------------|--|------------|-------------------------|
|    | Helecho<br>arbóreo | Cystodium             |    | Cedrillo   | Vochysia<br>Vismiifolia |
|    | Guayacán           | Tabebuia              |    | Guabos     | Inga edilis             |
|    | Caoba              | Swietenia<br>mahagoni |    | Mamey      | Mammea<br>americana     |
|   | Copal              | Protium<br>copal      |   | Banano     | Musa x<br>paradisiaca   |
|  | Roble              | Quercus<br>robur      |  | Naranja    | Citrus x<br>sinensis    |
|  | Cedro              | Cedrus                |  | Naranjilla | Solanum<br>quitoense    |
|  | Laurel             | Laurus<br>nobilis     |  | Pambil     | Iriartea<br>deltoidea   |

|   |             |                            |  |                  |                          |
|---|-------------|----------------------------|--|------------------|--------------------------|
|  | Balsa       | <i>Ochroma pyramidale</i>  |  | Uña de Gato      | <i>Uncaria tomentosa</i> |
|  | Palmas      | Arecaceae                  |  | Zapote silvestre | <i>Casimiroa edulis</i>  |
|  | Caña Guadua | <i>Guadua angustifolia</i> |  | Sauco            | <i>Sambucus</i>          |

#### 4.4.2.2 Fauna:

En la siguiente tabla 4.2 se detalla las especies más representativas presentes en el cantón Caluma:

**Tabla 4.2 Fauna característica de Caluma [GAD Caluma, 2016]**

| Fotografía  | Nombre común | Nombre científico               | Fotografía   | Nombre común | Nombre científico |
|---|--------------|---------------------------------|--|--------------|-------------------|
|  | Bocachico    | <i>Prochilodus magdalenae</i>   |  | Víbora       | Viperinae         |
|  | Campeche     | <i>Chaetostoma lobarhynchos</i> |  | Garrapatero  | Crotophagani      |
|  | Salamandras  | <i>S.salamandra</i>             |  | Raposas      | Didelphimorphia   |

|   |                  |                              |  |                |                     |
|---|------------------|------------------------------|--|----------------|---------------------|
|    | Sapos            | Bufo                         |    | Tortolita azul | Columbina passerina |
|    | Ranita marsupial | <i>Gastrotheca riobambae</i> |    | Gavilanes      | Accipiter nisus     |
|    | Tucan            | Ramphastidae                 |    | Gallinazos     | Coragyps atratus    |
|   | Colibríes        | Trochilinae                  |   | Armadillos     | Dasypodidae         |
|  | Conejos          | <i>Oryctolagus cuniculus</i> |  | Cusumbos       | Nasua               |
|  | Guatusa          | <i>Dasyprocta</i>            |  | Monos          | Macaca sylvanus     |
|  | Guantas          | Cuniculus paca               |  | Venados        | Cervidae            |

#### 4.4.3 Medio humano:

##### 4.4.3.1 Salud y saneamiento

El cantón Caluma y sus diferentes comunidades enfrentan la necesidad de un sistema depurador de aguas residuales, ya que si bien existen sistemas de alcantarillado, los mismos terminan descargando en los cuerpos hídricos, sin

ningún tratamiento previo, esto ha ocasionado problemas graves en la piel, entre otras enfermedades, luego de entrar en contacto con el río Caluma, por lo que, se vieron en la obligación de prohibir el ingreso al río para bañarse, nadar o cualquier actividad en donde entre en contacto la piel con el agua. (GAD Caluma, 2019).

#### **4.4.3.2 Producción y economía**

La actividad económica del cantón Caluma, según los datos del censo del INEC del 2010, se sustenta principalmente en agricultura, ganadería, silvicultura, y pesca. El cantón se caracteriza por comercializar la naranja, convirtiendo la misma en el fruto representativo de la localidad y otorgándoles reconocimiento a nivel nacional, teniendo múltiples intermediarios, siendo Guayaquil su principal mercado. Además, Caluma busca impulsar la producción de cacao, junto con la de la caña de azúcar y la del plátano, los cuales se pueden potenciar debido al clima de la región. (GAD Caluma, 2019).

### **4.5 Actividades del proyecto**

A continuación, se describen las fases que conforman el proyecto, además de detallarse todas aquellas actividades que se llevarán a cabo durante la ejecución de este y que representen un aspecto de suma importancia al momento de evaluar su impacto ambiental.

#### **4.5.1 Estudio preliminar y Diseño**

Esta etapa del proyecto consiste en el análisis de todos los aspectos que rodean al problema que el proyecto busca solucionar, en este caso se analiza la calidad de las aguas residuales de la comunidad, así como el estado de los cuerpos hídricos que rodean al sector y que se ven afectados por la descarga de aguas servidas. En esta fase se realizan estudios y análisis técnicos para determinar aspectos como la ubicación de las plantas depuradoras, la capacidad de las mismas, los posibles sistemas que podrían implementarse y la elaboración de un presupuesto referencial para comprobar la viabilidad económica del proyecto.

En esta fase del proyecto, los impactos ambientales son prácticamente nulos.

#### **4.5.2 Obra y Construcción**

En esta etapa se materializa el diseño definitivo elaborado en la fase anterior, y se pone en construcción la obra de saneamiento tomando en consideración los valores de presupuesto y cálculos obtenidos previamente y que se pueden ir ajustando conforme avance la obra.

Esta fase del proyecto representa un mayor grado de impacto ambiental con respecto a las otras fases.

#### **4.5.3 Operación y Mantenimiento**

Esta fase abarca todas las actividades que tienen lugar a lo largo de la vida útil de la obra y su impacto se ve directamente afectado por el personal a cargo del proyecto durante el tiempo que este se mantenga en funcionamiento, principalmente por las actividades operativas y por el mantenimiento que este personal le proporcione a la obra. Generalmente en esta etapa no se generan impactos ambientales significativos, pero existen ciertos detalles que se deben tener en cuenta como la emanación de malos olores y el tratamiento y disposición final de los lodos.

#### **4.5.4 Abandono del proyecto**

Se considera a esta fase como la etapa final del proyecto, en donde la obra ha llegado al final de su vida útil, lo que conllevaría a la demolición de la estructura y la reforestación del lugar en el que esta fue implantada. Al demoler la estructura el espacio puede ser destinado para varios objetivos dependiendo las características del terreno y del entorno, estos pueden ser parques recreacionales, parques forestales, jardines, canchas deportivas, entre otras.

El impacto ambiental en esta fase puede o no ser significativo y depende de la decisión que se tome luego de un estudio técnico apropiado. El abandono de la obra requeriría la toma de medidas para mitigar el impacto ambiental como la revegetación del terreno y el reciclaje de piezas estructurales que resulten de la demolición de la obra ingenieril.

En la siguiente tabla se describen una a una las actividades involucradas en el proyecto clasificadas en cada una de las etapas de la obra.

**Tabla 4.3 Actividades del proyecto [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Fases</b>                          | <b>Actividades</b>                           |
|---------------------------------------|--|
| <b>Obra y Construcción</b>            | Limpieza y desbroce de capa vegetal          |
|                                       | Instalación de campamentos                   |
|                                       | Desalojo del material                        |
|                                       | Movimiento de maquinaria y equipos           |
|                                       | Mano de obra                                 |
|                                       | Excavación de suelos                         |
|                                       | Relleno y Compactación                       |
|                                       | Fundición de estructuras de hormigón         |
|                                       | Cercado del predio                           |
|                                       | Obras auxiliares                             |
|                                       | Generación de residuos sólidos peligrosos    |
| <b>Entrega de Proyecto</b>            | Desinstalación de campamentos                |
|                                       | Manejo y disposición de residuos y escombros |
| <b>Operación y Mantenimiento</b>      | Mantenimiento y limpieza de los tanques      |
|                                       | Disposición final de los lodos excedentes    |
|                                       | Manejo de productos químicos                 |
|                                       | Fallas operacionales                         |
|                                       | Limpieza de canales y rejillas               |
|                                       | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor  |
|                                       | Desarrollo de la zona                        |
|                                       | Mano de obra                                 |
| <b>Abandono de la infraestructura</b> | Demolición de las estructuras                |
|                                       | Reconformación y revegetación de terreno     |
|                                       | Reciclaje de piezas estructurales            |

#### 4.6 Identificación de impactos ambientales

| <b>Fase del proyecto</b> | <b>Medio ambiental</b> | <b>Inventario ambiental</b> |             | <b>Impacto Ambiental</b>                |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------|---|
| ○ □ ⊥                    | <b>Físico</b>          | Clima                       | Temperatura | Aumento significativo de la temperatura |

|  |  |                |                                  |  |
|--|--|----------------|----------------------------------|--|
|  |  | Paisaje        | Visibilidad                      | La remoción parcial de vegetación, así como la presencia de maquinaria y trabajadores, afectarán negativamente la estética y visibilidad de la zona.                   |
|  |  | Aire           | Calidad y contaminación del aire | La maquinaria necesaria para la construcción, así como el desbroce del terreno generarán gases y material particulado (polvo) que contaminarán el ambiente del sector. |
|  |  |                | Nivel de ruido                   | Alta contaminación acústica debida a la maquinaria o equipos que operen en el lugar.   |
|  |  | Suelo          | Tipo de suelo                    | Se presentará un impacto adverso en las características físicas debido a que la implementación de cimentaciones alterará la formación original del suelo.              |
|  |  |                | Erosión                          | La ejecución de obras puede provocar la degradación del suelo por la erosión que se produzca.  |
|  |  |                | Relieve topográfico              | Se verá alterado debido a las excavaciones y rellenos necesarios para la construcción de los tanques que conforman el sistema.   |
|  |  |                | Nivel de calidad de suelo        | Se puede provocar la contaminación del suelo a causa de los movimientos de tierra, construcciones y derrame de sustancias tóxicas (combustible de maquinaria).         |
|  |  | Agua           | Calidad del agua                 | Durante la fase de construcción, la calidad del agua puede tener un impacto negativo debido a aguas residuales y servidas que se generen en obra.                      |
|  |  |                | Contaminación del agua           | Residuos de materiales constructivos pueden contaminar los cuerpos hídricos, así como la infiltración de estos puede afectar a fuentes de agua subterránea.            |
|  |  | <b>Biótico</b> | Vegetación                       | Vegetación primaria y secundaria   |

|               |          |  |   |
|---------------|----------|--|---|
|               |          |  | adverso que, en este caso, no es tan significativo.   |
|               | Fauna    | Biodiversidad                          | La contaminación acústica generada, así como la intromisión de personas provocarán la migración temporal de fauna terrestre, acuática y aves.   |
| <b>Humano</b> | Salud    | Calidad de vida a causa de saneamiento | No existe impacto.  |
|               | Economía | Empleo y productividad regional        | Se requerirá gran cantidad de mano de obra para la ejecución del proyecto, generando varias plazas de trabajo que permitan mejorar parcialmente la calidad económica de la población. |

| Fase del proyecto          | Medio ambiental | Inventario ambiental |                                  | Impacto Ambiental   |  |
|----------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|---|--|
| <b>Entrega de Proyecto</b> | <b>Físico</b>   | Clima                | Temperatura                      | No existe impacto.  |  |
|                            |                 | Paisaje              | Visibilidad                      | La presencia de la obra genera un impacto positivo al contar con una buena estética y un diseño visual agradable. |  |
|                            |                 | Aire                 | Calidad y contaminación del aire | No existe impacto.  |  |
|                            |                 |                      | Nivel de ruido                   | No existe impacto.  |  |
|                            |                 | Suelo                | Tipo de suelo                    | No existe impacto.  |  |
|                            |                 |                      | Erosión                          | No existe impacto.  |  |
|                            |                 |                      | Relieve topográfico              | No existe impacto.  |  |
|                            |                 |                      | Nivel de calidad de suelo        | No existe impacto.  |  |
|                            |                 | Agua                 | Calidad del agua                 | No existe impacto.  |  |
|                            |                 |                      | Contaminación del agua           | Residuos y escombros finales pueden terminar en cuerpos hídricos contaminándolos.                                 |  |
|                            |                 | <b>Biótico</b>       | Vegetación                       | Vegetación primaria y secundaria  | Se reforestará parcialmente la zona afectada en la etapa de construcción con un manejo adecuado de los impactos generados. |
|                            |                 |                      | Fauna                            | Biodiversidad   | Parte de las especies ahuyentadas en la fase de construcción se reincorporarán a la zona                                   |
|                            |                 | <b>Humano</b>        | Salud                            | Calidad de vida a causa de saneamiento  | No existe impacto.   |
|                            |                 |                      | Economía                         | Empleo y productividad regional   | No existe impacto.   |

| Fase del proyecto                | Medio ambiental | Inventario ambiental |                                  | Impacto Ambiental   |
|----------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------------------|---|
| <b>Operación y Mantenimiento</b> | <b>Físico</b>   | Clima                | Temperatura                      | No existe impacto.  |
|                                  |                 | Paisaje              | Visibilidad                      | La presencia de la obra genera un impacto positivo al contar con una buena estética y un diseño visual agradable.   |
|                                  |                 | Aire                 | Calidad y contaminación del aire | El buen manejo que las plantas darán a los olores generados por las aguas residuales provocará un impacto benéfico a la calidad del aire  |
|                                  |                 |                      | Nivel de ruido                   | No existe impacto.  |
|                                  |                 | Suelo                | Tipo de suelo                    | No existe impacto.  |
|                                  |                 |                      | Erosión                          | No existe impacto.  |
|                                  |                 |                      | Relieve topográfico              | No existe impacto.  |
|                                  |                 |                      | Nivel de calidad de suelo        | No existe impacto.  |
|                                  |                 | Agua                 | Calidad del agua                 | La calidad del agua mejorará sustancialmente debido a la eliminación de descargas directas de aguas servidas a los ríos, siendo un impacto benéfico significativo.                    |
|                                  |                 |                      | Contaminación del agua           | No se generará contaminación alguna, puesto que el buen funcionamiento del sistema cumplirá con los límites máximos permisibles de descarga, generando un impacto sumamente positivo. |
|                                  | <b>Biótico</b>  | Vegetación           | Vegetación primaria y secundaria | Se reforestará parcialmente la zona afectada en la etapa de construcción con un manejo adecuado de los impactos generados.  |
|                                  |                 | Fauna                | Biodiversidad                    | La operación de la planta durante toda su vida útil provocará que no todas las especies animales reabiten el lugar, pero con el paso  |

|               |          |  |   |
|---------------|----------|--|---|
|               |          |  | del tiempo, algunos animales pueden volver al lugar.  |
| <b>Humano</b> | Salud    | Calidad de vida a causa de saneamiento | Se generará un impacto benéfico sustancial al disponer de un sistema completamente funcional que erradique la contaminación que se generaba previamente a los ríos y esteros de la localidad.                         |
|               | Economía | Empleo y productividad regional        | El tratamiento de las aguas servidas producirá una mejora significativa en la calidad de los cuerpos hídricos de la zona, promoviendo actividades turísticas y recreacionales que permitan mejorar la economía local. |

#### 4.7 Valoración de impactos ambientales

La valoración de impactos ambientales se realizó mediante análisis de métodos cualitativos, en el cual se emplearon cálculos para determinar el índice de impacto de acuerdo con sus características, en el mismo se considerarán parámetros como extensión (E) del impacto, (D) que es el tiempo que dura la afectación, (R) reversibilidad que tenga. Para la importancia se va a emplear una ecuación, debido a que la evaluación es subjetiva dependiendo del evaluador, considerando posibles afectaciones en una escala numérica. La ecuación para emplear es: (Tito, 2020)

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

*Imp* = Corresponde al impacto ambiental expresada en un valor numérico.

*We* = Corresponde a la extensión del impacto ambiental.

*Wd* = Corresponde a la duración del impacto ambiental.

*Wr* = Corresponde a la reversibilidad del impacto ambiental.

*E* = Corresponde al valor numérico de la extensión de impacto ambiental.

*D* = Corresponde al valor numérico de la duración de impacto ambiental.

*R* = Corresponde al valor numérico de la reversibilidad del impacto ambiental.

Los pesos de los parámetros empleados en el cálculo de la importancia ambiental de la misma forma dependen del evaluador, en el análisis del proyecto se van a emplear los siguientes valores recomendados:

**Tabla 4.4 Valores de los parámetros para el análisis del impacto ambiental [Baque & Zavala, 2021].**

| Característica | Valor del criterio |
|----------------|--------------------|
| Duración       | 0.35               |
| Extensión      | 0.4                |
| Reversibilidad | 0.25               |
| Total          | 1                  |

**Tabla 4.5 Concepto de los parámetros de la valorización del impacto ambiental [Baque & Zavala].**

| Parámetro          | Concepto   | Valor                     |     |
|--------------------|--|---------------------------|-----|
|                    |  |                           |     |
| Duración (D)       | Generado de manera discontinua.  | Esporádica                | 1   |
|                    | Generado mientras se desarrolla la acción que provoca el daño.                                   | Temporal                  | 2.5 |
|                    | Generado de manera constante.  | Periódica                 | 5   |
|                    | Generado inclusive ha finalizado la acción del daño.   | Recurrente                | 7.5 |
|                    | Generado en todo momento.  | Permanente                | 10  |
| Extensión (E)      | El daño o la alteración se da en un mismo punto.   | Puntual                   | 1   |
|                    | El daño es ocasionado en una mayor área.   | Particular                | 2.5 |
|                    | El daño no sobrepasa los límites designados para el área de trabajo.                             | Local                     | 5   |
|                    | El daño afecta dentro del área de influencia del proyecto.                                       | Generalizado              | 7.5 |
|                    | El daño afecta más allá del área de influencia indirecta.  | Regional                  | 10  |
| Reversibilidad (R) | El medio puede soportar el daño.   | Completamente reversible  | 1   |
|                    | El medio puede soportar la acción por un tiempo determinado.                                     | Medianamente reversible   | 2.5 |
|                    | El medio se puede arreglar o subsanar el daño, mediante actividad natural o intervención humana. | Parcialmente irreversible | 5   |

|  |   |                            |     |
|--|---|----------------------------|-----|
|  | El medio no se puede arreglar en su totalidad por el impacto causado. | Medianamente irreversible  | 7.5 |
|  | No se puede recuperar el impacto ambiental de ninguna manera.         | Completamente irreversible | 10  |

Luego de determinar el valor correspondiente a cada parámetro de acuerdo a las actividades en el proyecto, para el mismo se emplea la siguiente ecuación:

$$IA = \pm\sqrt{(Imp * |Mag|)}$$

Donde:

*IA* = Corresponde al valor del impacto ambiental generado en el proyecto.

*Mag* = Corresponde al valor, puede ser positiva (+) o negativo (-).

Se procede a aplicar las tablas de Leopold los cuales se les otorgara un valor a cada parámetro, los cuales corresponden a la tabla 4.4

**Tabla 4.6 Matriz de valorización de Duración [Baque & Zavala, 2021]**

| Parámetros ambientales                    |  | Clima       | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         | Agua             |         | Vegetación    | Fauna      | Salud         | Economía        |                                 |
|---|--|-------------|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
|   |  | Temperatura | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |
| <b>Obra y Construcción</b>                | Limpieza y desbroce de capa vegetal          | 2.5         | 7.5         | 2.5              | 2.5            | 0             | 2.5     | 7.5     | 0                | 0       | 0             | 7.5        | 7.5           | 0               | 0                               |
|   | Instalación de campamentos                   | 0           | 0           | 0                | 0              | 1             | 2       | 3       | 1                | 0       | 0             | 1          | 1             | 0               | 0                               |
|   | Desalojo del material                        | 2.5         | 2.5         | 5                | 1              | 5             | 1       | 7.5     | 2.5              | 1       | 1             | 2.5        | 1             | 0               | 0                               |
|   | Movimiento de maquinaria y equipos           | 2.5         | 0           | 1                | 5              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 1             | 0               | 0                               |
|   | Mano de obra                                 | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 5       | 0             | 0          | 0             | 0               | 5                               |
|   | Excavación de suelos                         | 2.5         | 2.5         | 5                | 1              | 5             | 2.5     | 7.5     | 1                | 0       | 0             | 2.5        | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Relleno y Compactación                       | 2.5         | 2.5         | 2.5              | 1              | 5             | 2.5     | 7.5     | 1                | 0       | 0             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Fundición de estructuras de hormigón         | 2.5         | 0           | 0                | 1              | 7.5           | 0       | 0       | 2.5              | 1       | 2.5           | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Cercado del predio                           | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Obras auxiliares                             | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
| Generación de residuos sólidos peligrosos | 0  | 0           | 0           | 0                | 0              | 2.5           | 0       | 7.5     | 1                | 5       | 1             | 1          | 0             | 0               |                                 |
| <b>Entrega de Proyecto</b>                | Desinstalación de campamentos                | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 1          | 1             | 0               | 0                               |
|   | Manejo y disposición de residuos y escombros | 0           | 0           | 1                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |

|                           |   |     |     |     |   |     |     |    |    |   |     |     |    |   |     |     |
|---------------------------|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|----|----|---|-----|-----|----|---|-----|-----|
| Operación y Mantenimiento | Mantenimiento y limpieza de los tanques     | 0   | 0   | 2.5 | 1 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 1   | 1   | 0  | 0 | 0   | 7.5 |
|                           | Disposición final de los lodos excedentes   | 0   | 0   | 2.5 | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0  | 0 | 0   | 0   |
|                           | Manejo de productos químicos                | 0   | 0   | 1   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0  | 0 | 0   | 0   |
|                           | Fallas operacionales                        | 0   | 0   | 1   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 1   | 1   | 0  | 0 | 0   | 0   |
|                           | Limpieza de canales y rejillas              | 0   | 0   | 0   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0  | 0 | 0   | 0   |
|                           | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor | 0   | 0   | 5   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 10  | 10  | 0  | 0 | 7.5 | 1   |
|                           | Desarrollo de la zona                       | 0   | 0   | 5   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 7.5 | 7.5 | 0  | 0 | 7.5 | 7.5 |
|                           | Mano de obra                                | 0   | 0   | 0   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0  | 0 | 1   | 7.5 |
| Abandono de la            | Demolición de las estructuras               | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 5 | 2.5 | 2.5 | 0  | 1  | 0 | 1   | 0   | 0  | 0 | 2.5 | 0   |
|                           | Reconformación y revegetación de terreno    | 0   | 7.5 | 0   | 0 | 5   | 5   | 10 | 10 | 0 | 0   | 10  | 10 | 0 | 0   | 0   |
|                           | Reciclaje de piezas estructurales           | 0   | 0   | 0   | 0 | 0   | 0   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0  | 0 | 1   | 2.5 |

Tabla 4.7 Matriz de valorización de Extensión [Baque & Zavala, 2021]

| Parámetros ambientales                    |                                      | Clima       | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         |                  | Agua    |               | Vegetación | Fauna         | Salud           | Economía                        |
|---|--------------------------------------|-------------|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
|   |                                      | temperatura | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |
| Obra y Construcción                       | Limpieza y desbroce de capa vegetal  | 0           | 5           | 2.5              | 2.5            | 0             | 0       | 5       | 2.5              | 0       | 0             | 7.5        | 7.5           | 0               | 0                               |
|   | Instalación de campamentos           | 0           | 0           | 1                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 0             | 1          | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Desalojo del material                | 0           | 2.5         | 1                | 1              | 1             | 1       | 5       | 1                | 0       | 0             | 2.5        | 0             | 0               | 0                               |
|   | Movimiento de maquinaria y equipos   | 2.5         | 0           | 0                | 2.5            | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Mano de obra                         | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 2.5     | 0             | 0          | 0             | 0               | 1                               |
|   | Excavación de suelos                 | 1           | 1           | 1                | 2.5            | 1             | 2.5     | 2.5     | 1                | 0       | 0             | 1          | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Relleno y Compactación               | 1           | 1           | 1                | 2.5            | 1             | 1       | 2.5     | 1                | 0       | 0             | 1          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Fundición de estructuras de hormigón | 1           | 0           | 1                | 1              | 0             | 1       | 0       | 1                | 0       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Cercado del predio                   | 0           | 1           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 5             | 0               | 0                               |
|   | Obras auxiliares                     | 0           | 1           | 1                | 1              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 0             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
| Generación de residuos sólidos peligrosos | 0                                    | 0           | 0           | 0                | 2.5            | 1             | 0       | 1       | 0                | 2.5     | 0             | 0          | 0             | 0               |                                 |
| Entrega de                                | Desinstalación de campamentos        | 0           | 1           | 1                | 1              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 0             | 0               | 0                               |

|                           |  |     |    |   |   |     |   |   |   |    |     |     |     |     |    |
|---------------------------|--|-----|----|---|---|-----|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|----|
|                           | Manejo y disposición de residuos y escombros | 1   | 0  | 1 | 1 | 0   | 0 | 0 | 1 | 0  | 2.5 | 0   | 0   | 0   | 0  |
| Operación y Mantenimiento | Mantenimiento y limpieza de los tanques      | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1   | 0   | 0   | 5   | 1  |
|                           | Disposición final de los lodos excedentes    | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1   | 5   | 0   | 0   | 0  |
|                           | Manejo de productos químicos                 | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1   | 0   | 0   | 0   | 0  |
|                           | Fallas operacionales                         | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1   | 0   | 0   | 7.5 | 0  |
|                           | Limpieza de canales y rejillas               | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 1   | 1   | 0   | 0   | 0  |
|                           | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor  | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 10 | 10  | 7.5 | 7.5 | 10  | 0  |
|                           | Desarrollo de la zona                        | 0   | 10 | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 5  | 5   | 5   | 5   | 10  | 10 |
|                           | Mano de obra                                 | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 5  |
|                           | Demolición de las estructuras                | 2.5 | 5  | 5 | 5 | 2.5 | 0 | 0 | 5 | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  |
| Abandono de la            | Reconformación y revegetación de terreno     | 7.5 | 5  | 5 | 0 | 7.5 | 0 | 5 | 5 | 0  | 0   | 7.5 | 7.5 | 0   | 0  |
|                           | Reciclaje de piezas estructurales            | 0   | 0  | 0 | 0 | 0   | 0 | 0 | 0 | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1  |

**Tabla 4.8 Matriz de valorización de Reversibilidad [Baque & Zavala, 2021]**

| Parámetros ambientales                    |  | Clima       | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         | Agua             |         | Vegetación    | Fauna      | Salud         | Economía        |                                 |
|---|--|-------------|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
|   |  | temperatura | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |
| Actividades del proyecto                  |  |             |             |                  |                |               |         |         |                  |         |               |            |               |                 |                                 |
| Obra y Construcción                       | Limpieza y desbroce de capa vegetal          | 1           | 0           | 1                | 1              | 0             | 0       | 2.5     | 0                | 0       | 0             | 2.5        | 7.5           | 0               | 0                               |
|   | Instalación de campamentos                   | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Desalojo del material                        | 0           | 1           | 1                | 1              | 1             | 0       | 1       | 0                | 0       | 0             | 2.5        | 0             | 0               | 0                               |
|   | Movimiento de maquinaria y equipos           | 0           | 1           | 1                | 1              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0          | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Mano de obra                                 | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Excavación de suelos                         | 0           | 2.5         | 1                | 1              | 2.5           | 2.5     | 1       | 1                | 0       | 0             | 2.5        | 5             | 0               | 0                               |
|   | Relleno y Compactación                       | 0           | 1           | 1                | 1              | 2.5           | 0       | 0       | 1                | 0       | 0             | 2.5        | 0             | 0               | 0                               |
|   | Fundición de estructuras de hormigón         | 1           | 0           | 1                | 0              | 2.5           | 2.5     | 0       | 1                | 0       | 0             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Cercado del predio                           | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 1          | 2.5           | 0               | 0                               |
|   | Obras auxiliares                             | 0           | 1           | 1                | 1              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 1          | 0             | 0               | 0                               |
| Generación de residuos sólidos peligrosos | 0  | 0           | 2.5         | 0                | 0              | 2.5           | 0       | 2.5     | 2.5              | 2.5     | 2.5           | 2.5        | 0             | 0               |                                 |
| Entrega de Proyecto                       | Desinstalación de campamentos                | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 1       | 1             | 0          | 0             | 0               | 0                               |
|   | Manejo y disposición de residuos y escombros | 0           | 0           | 0                | 0              | 0             | 1       | 0       | 1                | 1       | 2.5           | 0          | 0             | 0               | 0                               |

|                           |   |   |   |     |   |     |     |   |     |   |     |     |     |     |   |   |
|---------------------------|---|---|---|-----|---|-----|-----|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|---|
| Operación y Mantenimiento | Mantenimiento y limpieza de los tanques     | 0 | 0 | 1   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 1   | 1   | 0   | 0   | 1 | 0 |
|                           | Disposición final de los lodos excedentes   | 0 | 0 | 1   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 1   | 1   | 1   | 0   | 1 | 0 |
|                           | Manejo de productos químicos                | 0 | 0 | 2.5 | 0 | 1   | 0   | 0 | 0   | 1 | 1   | 1   | 2.5 | 1   | 0 | 0 |
|                           | Fallas operacionales                        | 0 | 0 | 1   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 1 | 2.5 | 2.5 | 0   | 0   | 5 | 0 |
|                           | Limpieza de canales y rejillas              | 0 | 0 | 0   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 1   | 1   | 1   | 1   | 1 | 0 |
|                           | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor | 0 | 0 | 1   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 1   | 1   | 0   | 0   | 1 | 0 |
|                           | Desarrollo de la zona                       | 0 | 1 | 0   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 1   | 0   | 1   | 2.5 | 1 | 0 |
|                           | Mano de obra                                | 0 | 0 | 0   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0 | 0 |
| Abandono de la            | Demolición de las estructuras               | 1 | 5 | 5   | 5 | 2.5 | 2.5 | 1 | 2.5 | 0 | 1   | 1   | 1   | 1   | 0 | 0 |
|                           | Reconformación y revegetación de terreno    | 1 | 1 | 1   | 0 | 1   | 1   | 1 | 1   | 0 | 0   | 5   | 5   | 0   | 0 | 0 |
|                           | Reciclaje de piezas estructurales           | 0 | 0 | 0   | 0 | 0   | 0   | 0 | 0   | 0 | 0   | 0   | 1   | 1   | 0 | 0 |

Para realizar una evaluación eficaz del tipo de impacto que tienen cada una de las actividades del proyecto sobre el entorno, se emplea la siguiente matriz en la que se evaluará del 1 al 10 según la incidencia que tenga cada actividad sobre los distintos parámetros ambientales, siendo 1 poca incidencia sobre el factor ambiental, y 10 una alta incidencia sobre el parámetro. Además, se asigna un signo positivo a aquellas actividades que causen un impacto benéfico y signo negativo a aquellas cuyo impacto sea adverso.

**Tabla 4.9 Valor de la intensidad de Impacto ambiental [Baque & Zavala, 2021]**

| Parámetros ambientales   |                               | Clima                                     | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         |                  | Agua    |               | Veg etación | Fau na        | Salu d          | Econo mía                       |     |
|--------------------------|-------------------------------|---|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|-------------|---------------|-----------------|---------------------------------|-----|
|                          |                               | Temperatura                               | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación  | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |     |
| Actividades del proyecto | Obra y Construcción           | Limpieza y desbroce de capa vegetal       | -1          | -1               | -2.5           | -1            | 0       | 0       | -10              | 0       | 0             | 0           | -5            | -5              | 0                               | 0   |
|                          |                               | Instalación de campamentos                | 0           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | -1            | 0           | 0             | -1              | 0                               | 0   |
|                          |                               | Desalojo del material                     | 0           | -1               | -5             | -1            | -2.5    | -2.5    | -5               | -2.5    | 0             | -2.5        | -2.5          | -2.5            | 0                               | 0   |
|                          |                               | Movimiento de maquinaria y equipos        | 0           | -2.5             | -1             | -7.5          | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0           | 0             | -1              | 0                               | 0   |
|                          |                               | Mano de obra                              | 0           | 0                | 0              | -1            | 0       | 0       | 0                | 0       | -2.5          | -1          | 0             | 0               | 0                               | 7.5 |
|                          |                               | Excavación de suelos                      | 0           | -1               | -2.5           | -2.5          | -2.5    | -2.5    | 0                | -1      | 0             | 0           | -2.5          | -2.5            | 0                               | 0   |
|                          |                               | Relleno y Compactación                    | 0           | 2.5              | -1             | -1            | 5       | 0       | -1               | 2.5     | 0             | 0           | 0             | 0               | 0                               | 0   |
|                          |                               | Fundición de estructuras de hormigón      | -5          | 0                | -2.5           | -1            | -2.5    | 0       | 0                | -1      | 0             | 0           | 0             | 0               | 0                               | 0   |
|                          |                               | Cercado del predio                        | 0           | 5                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0           | 0             | 7.5             | 0                               | 0   |
|                          |                               | Obras auxiliares                          | 0           | -1               | 0              | -1            | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0           | 0             | 0               | 0                               | 0   |
|                          |                               | Generación de residuos sólidos peligrosos | 0           | -2.5             | -2.5           | 0             | 0       | 0       | 0                | -2.5    | 0             | -2.5        | -2.5          | -2.5            | -2.5                            | 0   |
| Entrega de Proyecto      | Desinstalación de campamentos | 0   | 1           | 0                | 0              | 0             | 0       | 0       | 0                | 0       | 0             | 0           | 0             | 0               | 0                               |     |

|                                       |  |      |      |      |      |      |   |    |      |      |      |      |      |      |     |
|---------------------------------------|--|------|------|------|------|------|---|----|------|------|------|------|------|------|-----|
|                                       | Manejo y disposición de residuos y escombros | 0    | 2.5  | 2.5  | 0    | 0    | 0 | 0  | 2.5  | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0   |
| <b>Operación y Mantenimiento</b>      | Mantenimiento y limpieza de los tanques      | 0    | 0    | 2.5  | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | 5    | 0    | 0    | 0    | 5    | 7.5 |
|                                       | Disposición final de los lodos excedentes    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0  | 5    | 0    | 0    | 7.5  | 0    | 0    | 0   |
|                                       | Manejo de productos químicos                 | 0    | 0    | -5   | 0    | 0    | 0 | 0  | -5   | -2.5 | -2.5 | -7.5 | -5   | 0    | 0   |
|                                       | Fallas operacionales                         | 0    | 0    | -5   | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | -7.5 | -7.5 | -2.5 | -1   | -7.5 | 0   |
|                                       | Limpieza de canales y rejillas               | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | 2.5  | 0    | 0    | 0    | 5    | 0   |
|                                       | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor  | 0    | 7.5  | 5    | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | 10   | 10   | 0    | 7.5  | 10   | 5   |
|                                       | Desarrollo de la zona                        | 0    | 7.5  | 0    | -1   | 0    | 0 | 0  | 0    | 0    | -2.5 | -2.5 | -2.5 | 7.5  | 10  |
|                                       | Mano de obra                                 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 7.5 |
| <b>Abandono de la infraestructura</b> | Demolición de las estructuras                | -2.5 | -7.5 | -7.5 | -7.5 | -2.5 | 0 | 0  | -2.5 | 0    | -2.5 | 0    | -2.5 | 0    | 0   |
|                                       | Reconformación y revegetación de terreno     | 5    | 7.5  | 5    | 0    | 1    | 0 | -1 | 0    | 0    | 0    | 7.5  | 7.5  | 0    | 0   |
|                                       | Reciclaje de piezas estructurales            | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0 | 0  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 7.5  | 5   |

Tabla 4.10 Matriz de Importancia Ambiental [Baque & Zavala, 2021]

| Parámetros ambientales                    |                                      | Clima       | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         | Agua             |         | Veg.ación     | Fauna      | Salud         | Economía        |                                 |
|---|--------------------------------------|-------------|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
|   |                                      | Temperatura | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |
| Obra y Construcción                       | Limpieza y desbroce de capa vegetal  | 1.13        | 4.63        | 2.13             | 2.13           | 0.00          | 0.88    | 5.25    | 1.00             | 0.00    | 0.00          | 6.25       | 7.50          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Instalación de campamentos           | 0.00        | 0.00        | 0.40             | 0.00           | 0.35          | 0.70    | 1.05    | 0.35             | 0.65    | 0.25          | 0.75       | 1.35          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Desalojo del material                | 0.88        | 2.13        | 2.40             | 1.00           | 2.40          | 0.75    | 4.88    | 1.28             | 0.35    | 0.35          | 2.50       | 0.35          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Movimiento de maquinaria y equipos   | 1.88        | 0.25        | 0.60             | 3.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 1.98          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Mano de obra                         | 0.00        | 0.00        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 3.00    | 0.25          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 2.15                            |
|   | Excavación de suelos                 | 1.28        | 1.90        | 2.40             | 1.60           | 2.78          | 2.50    | 3.88    | 1.00             | 0.00    | 0.00          | 1.90       | 3.13          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Relleno y Compactación               | 1.28        | 1.53        | 1.53             | 1.60           | 2.78          | 1.28    | 3.63    | 1.00             | 0.00    | 0.00          | 1.03       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Fundición de estructuras de hormigón | 1.53        | 0.00        | 0.65             | 0.75           | 3.25          | 1.03    | 0.00    | 1.53             | 0.35    | 1.28          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Cercado del predio                   | 0.00        | 0.40        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.25       | 2.63          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Obras auxiliares                     | 0.00        | 0.65        | 0.65             | 0.65           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.75    | 0.35          | 0.25       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
| Generación de residuos sólidos peligrosos | 0.00                                 | 0.00        | 0.63        | 0.00             | 1.00           | 1.90          | 0.00    | 3.65    | 0.98             | 3.38    | 0.98          | 0.98       | 0.00          | 0.00            |                                 |
| Entrega de                                | Desinstalación de campamentos        | 0.00        | 0.40        | 0.40             | 0.40           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.25    | 0.25          | 0.35       | 0.35          | 0.00            | 0.00                            |

|                           |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                           | Manejo y disposición de residuos y escombros | 0.40 | 0.00 | 0.75 | 0.40 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.65 | 0.25 | 1.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Operación y Mantenimiento | Mantenimiento y limpieza de los tanques      | 0.00 | 0.00 | 1.13 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 2.25 | 3.03 |
|                           | Disposición final de los lodos excedentes    | 0.00 | 0.00 | 1.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 0.65 | 2.25 | 0.00 | 0.25 | 0.00 |
|                           | Manejo de productos químicos                 | 0.00 | 0.00 | 0.98 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.65 | 0.65 | 0.63 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
|                           | Fallas operacionales                         | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 1.38 | 1.38 | 0.00 | 0.00 | 4.25 | 0.00 |
|                           | Limpieza de canales y rejillas               | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.65 | 0.65 | 0.65 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
|                           | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor  | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 7.75 | 7.75 | 3.00 | 3.00 | 6.88 | 0.35 |
|                           | Desarrollo de la zona                        | 0.00 | 4.25 | 1.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.88 | 4.63 | 2.25 | 2.63 | 6.88 | 6.63 |
|                           | Mano de obra                                 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 4.63 |
|                           |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Abandono de la            | Demolición de las estructuras                | 2.13 | 4.13 | 4.13 | 5.00 | 2.50 | 1.50 | 0.25 | 2.98 | 0.00 | 0.60 | 0.25 | 0.25 | 0.88 | 0.00 |
|                           | Reconformación y revegetación de terreno     | 3.25 | 4.88 | 2.25 | 0.00 | 5.00 | 2.00 | 5.75 | 5.75 | 0.00 | 0.00 | 7.75 | 7.75 | 0.00 | 0.00 |
|                           | Reciclaje de piezas estructurales            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.25 | 0.35 | 1.28 |

Tabla 4.11 Matriz de Índice correspondiente al Impacto Ambiental [Baque & Zavala, 2021]

| Parámetros ambientales                    |                                      | Clima       | Paisaje     | Aire             |                | Suelo         |         |         | Agua             |         | Veg. etación  | Fauna      | Salud         | Economía        |                                 |
|---|--------------------------------------|-------------|-------------|------------------|----------------|---------------|---------|---------|------------------|---------|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------------------------|
|   |                                      | Temperatura | Visibilidad | Calidad del aire | Nivel de ruido | Tipo de suelo | Erosión | Relieve | Nivel de calidad | Calidad | Contaminación | Vegetación | Biodiversidad | Calidad de vida | Empleo y Productividad Regional |
| Obra y Construcción                       | Limpieza y desbroce de capa vegetal  | -1.06       | -2.15       | -2.30            | -1.46          | 0.00          | 0.00    | -7.25   | 0.00             | 0.00    | 0.00          | -5.59      | -6.12         | 0.00            | 0.00                            |
|   | Instalación de campamentos           | 0.00        | 0.00        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | -0.81   | 0.00          | 0.00       | -1.16         | 0.00            | 0.00                            |
|   | Desalojo del material                | 0.00        | -1.46       | -3.46            | -1.00          | -2.45         | -1.37   | -4.94   | -1.79            | 0.00    | -0.94         | -2.50      | -0.94         | 0.00            | 0.00                            |
|   | Movimiento de maquinaria y equipos   | 0.00        | -0.79       | -0.77            | -4.74          | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | -1.41         | 0.00            | 0.00                            |
|   | Mano de obra                         | 0.00        | 0.00        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | -2.74   | -0.50         | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 4.02                            |
|   | Excavación de suelos                 | 0.00        | -1.38       | -2.45            | -2.00          | -2.63         | -2.50   | 0.00    | -1.00            | 0.00    | 0.00          | -2.18      | -2.80         | 0.00            | 0.00                            |
|   | Relleno y Compactación               | 0.00        | 1.95        | -1.23            | -1.26          | 3.72          | 0.00    | -1.90   | 1.58             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Fundición de estructuras de hormigón | -2.76       | 0.00        | -1.27            | -0.87          | -2.85         | 0.00    | 0.00    | -1.23            | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Cercado del predio                   | 0.00        | 1.41        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 4.44          | 0.00            | 0.00                            |
|   | Obras auxiliares                     | 0.00        | -0.81       | 0.00             | -0.81          | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |
| Generación de residuos sólidos peligrosos | 0.00                                 | 0.00        | -1.25       | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | -3.02   | 0.00             | -2.90   | -1.56         | -1.56      | 0.00          | 0.00            |                                 |
| Entrega de Proyecto                       | Desinstalación de campamentos        | 0.00        | 0.63        | 0.00             | 0.00           | 0.00          | 0.00    | 0.00    | 0.00             | 0.00    | 0.00          | 0.00       | 0.00          | 0.00            | 0.00                            |

|  |  |                               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|--|--|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|  | Manejo y disposición de residuos y escombros | 0.00                          | 0.00  | 1.37  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.27  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
| <b>Operación y Mantenimiento</b>         | Mantenimiento y limpieza de los tanques      | 0.00                          | 0.00  | 1.68  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 2.24  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 3.35  | 4.76 |
|  | Disposición final de los lodos excedentes    | 0.00                          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 4.11  | 0.00  | 0.00  | 0.00 |
|  | Manejo de productos químicos                 | 0.00                          | 0.00  | -2.21 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -1.12 | -1.27 | -1.27 | -2.17 | -1.12 | 0.00  | 0.00 |
|  | Fallas operacionales                         | 0.00                          | 0.00  | -1.73 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -3.21 | -3.21 | 0.00  | 0.00  | -5.65 | 0.00 |
|  | Limpieza de canales y rejillas               | 0.00                          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.27  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.12  | 0.00 |
|  | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor  | 0.00                          | 0.00  | 3.16  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 8.80  | 8.80  | 0.00  | 4.74  | 8.29  | 1.32 |
|  | Desarrollo de la zona                        | 0.00                          | 5.65  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | -3.40 | -2.37 | -2.56 | 7.18  | 8.14 |
|  | Mano de obra                                 | 0.00                          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 5.89 |
|  | <b>Abandono de la infraestructura</b>        | Demolición de las estructuras | -2.30 | -5.56 | -5.56 | -6.12 | -2.50 | 0.00  | 0.00  | -2.73 | 0.00  | -1.22 | 0.00  | -0.79 | 0.00 |
| Reconformación y revegetación de terreno |  | 4.03                          | 6.05  | 3.35  | 0.00  | 2.24  | 0.00  | -2.40 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 7.62  | 7.62  | 0.00  | 0.00 |
| Reciclaje de piezas estructurales        |  | 0.00                          | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 1.62  | 2.52 |
| <b>Impactos</b>                          | Positivos                                    | 135.98                        |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|  | Negativos                                    | -162.41                       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |

A través de la tabla 4.11 se obtienen los valores finales de los impactos ambientales generados por el proyecto, tanto los positivos como los negativos. El valor numérico obtenido para los impactos positivos que se generarían es de 135.98, mientras que la cifra de -162.41 hace referencia al impacto negativo que se ocasionaría, esto

permite concluir que serán mayores los impactos dañinos que los beneficiosos a causa de la obra propuesta. Con el fin de reducir en gran medida el impacto ambiental que se ocasione, se vuelve imperativo establecer un plan de manejo ambiental con las respectivas medidas de mitigación que se puedan implementar, buscando compensar todos los efectos dañinos que provoque la implementación del proyecto.

#### 4.8 Medidas de prevención/mitigación

Luego de realizar la valoración de impacto ambiental, se identificaron diversas actividades que causan alteraciones al entorno de manera positiva y negativa, por lo que se pueden determinar las debidas recomendaciones para reducir el impacto, o de ser posible mitigarlo. De manera que se puede obtener un desarrollo en la construcción de las plantas depuradoras de agua residual, que presenten un impacto al medio ambiente en la menor medida posible.

En la tabla 4.12 se detalla las actividades del proyecto correspondientes a cada fase, analizando si el impacto en cuestión es positivo o negativo, finalmente detallando su respectiva medida de prevención o mitigación.

**Tabla 4.12 Medidas de prevención o de mitigación [Baque & Zavala, 2021]**

| Fase del proyecto   | Actividad del proyecto              | Tipo de impacto | Medida de prevención o mitigación   |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------|---|
| Obra y Construcción | Limpieza y desbroce de capa vegetal | Negativo        | Reforestación del área de influencia del desbroce de la capa vegetal.<br>Controlar el levantamiento del polvo, manteniendo la zona húmeda.                              |
|                     | Instalación de campamentos          | Negativo        | Inspección constante para la colocación de residuos sólidos o cualquier tipo de desecho en los lugares correspondientes.  |
|                     | Replanteo y nivelación              | Negativo        | Revisar que todos los clavos y demás instrumentos empleados sean correctamente retirados del terreno.   |
|                     | Desalojo del material               | Negativo        | Supervisión continua de que los materiales sean destinados a lugares preestablecidos para colocar el material desalojado, y no sea colocado en cualquier lugar aledaño. |

|                                  |  |          |   |
|----------------------------------|--|----------|---|
|                                  | Movimiento de maquinaria y equipos           | Negativo | Colocación de señales que adviertan de la construcción para que no ocurran accidentes civiles.  |
|                                  | Mano de obra                                 | Positivo | El impacto es positivo, siempre y cuando exista una supervisión de que los trabajadores dispongan sus desechos a los lugares establecidos y no dañen la vegetación o fauna.           |
|                                  | Excavación de suelos                         | Negativo | Supervisar que no ocurra una contaminación de los suelos excavados, para que disminuya la alteración del tipo de suelo al volver a depositar.   |
|                                  | Relleno y Compactación                       | Negativo | Controlar el levantamiento de polvo, manteniendo húmeda la zona.<br>Realizar el trabajo de maquinaria durante tiempos reducidos, para que la contaminación auditiva no sea constante. |
|                                  | Fundición de estructuras de hormigón         | Negativo | Establecer una zona que se empleará para el almacenamiento de los residuos generados por la fundición.  |
|                                  | Cercado del predio                           | Negativo | Tratar de que la zona cercada no afecte a fauna y flora cercana.  |
|                                  | Obras auxiliares                             | Negativo | Supervisar que una vez finalizada la función de esa obra tenga un correcto desmantelamiento y no genere desechos.   |
|                                  | Generación de residuos sólidos peligrosos    | Negativo | Designar una zona para el almacenamiento de estos desechos, y supervisar el correcto transporte de estos.   |
| <b>Entrega de Proyecto</b>       | Desinstalación de campamentos                | Positivo | Impacto positivo, pero se recomienda humedecer la zona para no generar levantamiento de polvo.  |
|                                  | Manejo y disposición de residuos y escombros | Negativo | Designar una zona para el almacenamiento de estos desechos, y supervisar el correcto transporte de estos.   |
| <b>Operación y Mantenimiento</b> | Mantenimiento y limpieza de los tanques      | Positivo | Se debe realizar el mantenimiento de los equipos para evitar accidentes, y exista un óptimo funcionamiento.   |
|                                  | Disposición final de los lodos excedentes    | Negativo | Supervisar que se lleve a cabo el tratamiento adecuado para los lodos excedentes previo al almacenamiento de estos.   |

|                                       |   |          |  |
|---------------------------------------|---|----------|--|
|                                       | Manejo de productos químicos                | Negativo | Supervisar el uso de estos, para evitar derrames, o cualquier acción que genere contaminación.<br>Designar un proceso para la correcta eliminación de los residuos de estos productos. |
|                                       | Fallas operacionales                        | Negativo | Realizar planes de contingencia en caso de que se presente una falla operacional, para un correcto manejo y minimizar los impactos negativos.  |
|                                       | Limpieza de canales y rejillas              | Positivo | Genera un impacto positivo, ya que mejora la eficiencia de la planta.  |
|                                       | Vertido del agua tratada al cuerpo receptor | Positivo | Se debe revisar que el agua tratada cumpla con los parámetros establecidos para que no genere ningún tipo de contaminación al cuerpo de agua.  |
|                                       | Desarrollo de la zona                       | Positivo | Genera un impacto de carácter positivo, ya que ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas, e incrementa un turismo seguro.   |
|                                       | Mano de obra                                | Positivo | Impacto positivo, supervisar que los residuos y desechos sean destinados a los lugares correspondientes  |
| <b>Abandono de la infraestructura</b> | Demolición de las estructuras               | Negativo | Supervisar las piezas estructurales sean destinadas a los lugares correspondientes para su correcto manejo.  |
|                                       | Reconformación y revegetación de terreno    | Positivo | Reforestación de la zona para el desarrollo paulatino de la fauna y la flora.  |
|                                       | Reciclaje de piezas estructurales           | Positivo | Impacto positivo, se les da un nuevo uso a aquellas partes desechadas.   |

#### 4.9 Conclusiones

- Una vez realizado el análisis de impacto ambiental en este capítulo, se observa que el desarrollo de la alternativa propuesta en el cantón Caluma, de Bolívar, no presenta impactos ambientales considerables o a gran escala, por lo que se debe seguir de forma organizada las indicaciones del plan de manejo ambiental.
- Se recuerda que, si bien existen impactos ambientales de carácter negativo, los mismos son temporales, presentes principalmente en la etapa de construcción, por lo que se propusieron actividades para mitigar o reducir el impacto de estos.

- Como se muestra en la tabla 4.11 en la cual se obtiene el índice de impacto ambiental, se observan los parámetros que mayor incidencia o impacto ambiental generan, por lo que en las medidas de prevención o mitigación, se presta mayor interés a aquellas actividades que requieren de maquinaria y generan contaminación auditiva, se desarrollen en periodos cortos de tiempo para que el impacto no sea constante, de igual manera se le presta atención al manejo de los desechos, destinando áreas para el almacenamiento de los mismos, y supervisando el correcto manejo de los mismos.

# CAPÍTULO 5

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 EDT

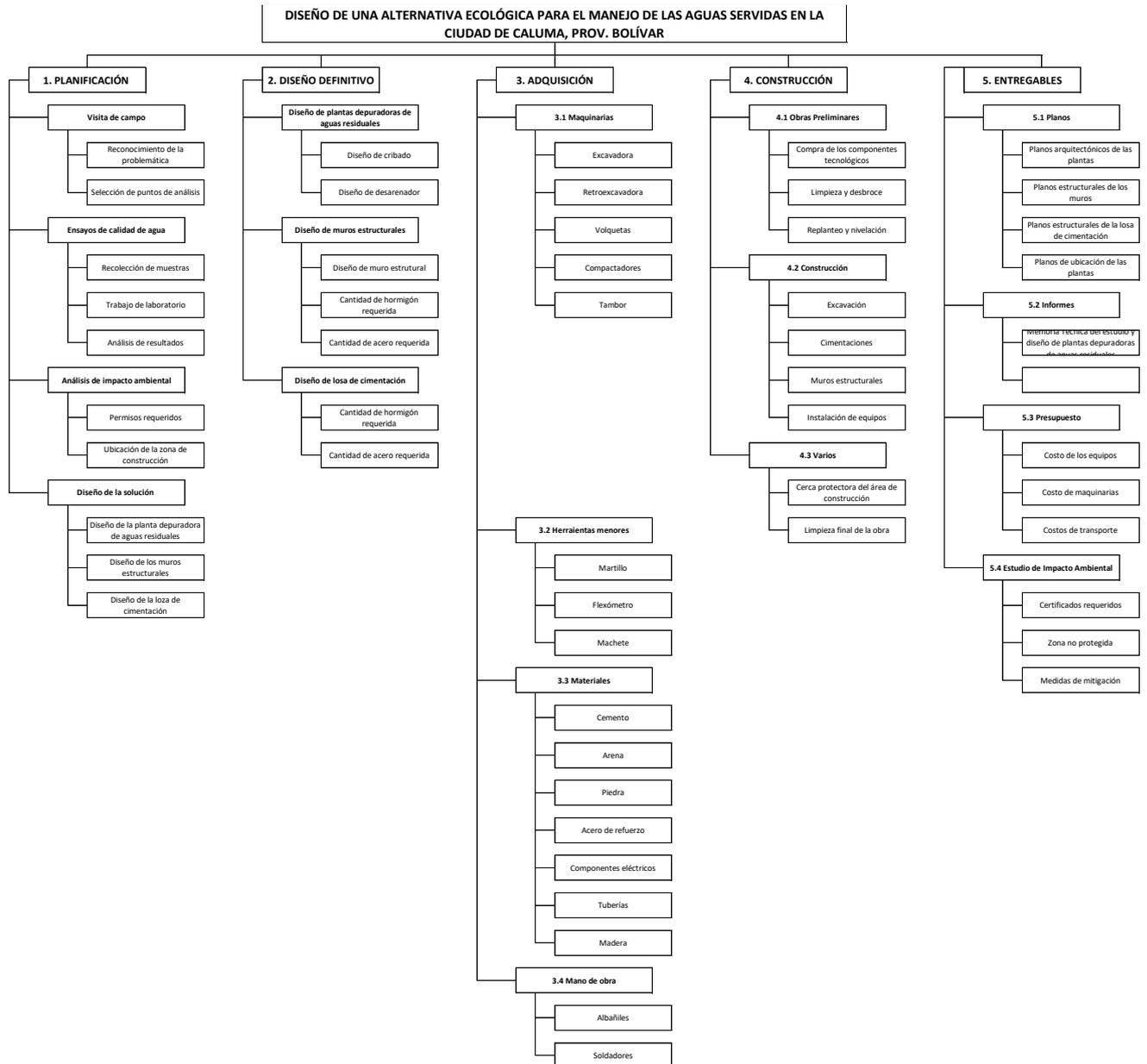


Figura 5.1 EDT para las plantas depuradoras de aguas residuales [Baque & Zavala, 2021]

### 5.2 Descripción de rubros

Los rubros que componen el presupuesto del presente proyecto están organizados mediante las actividades que se mencionan a continuación:

- Sistema de pre-tratamiento, incluye canal de entrada, cribado, desarenador.
- Sistema de tratamiento incluye tanques amortiguadores, almacenamiento de lodos, y SBR.
- Plan de manejo ambiental.

### 5.3 Análisis de costos unitarios

El análisis de costos unitarios se describe en la sección de anexos.

### 5.4 Descripción de cantidades de obra

#### 5.4.1 Planta depuradora de aguas residuales zona 1

##### **5.4.1.1 Componentes tecnológicos, transporte y su instalación:**

Debido a que los componentes empleados son de origen alemán, poseen un precio fijado para cada planta, de igual manera para su transporte e instalación por lo que en el análisis de precios unitarios correspondiente se observa el costo de estos.

##### **5.4.1.2 Replanteo y nivelación**

Actividad que se realiza para referenciar las coordenadas del proyecto en el área de construcción.

**Tabla 5.1 Área de replanteo y nivelación zona 1 [Baque & Zavala, 2021]**

|  |      |
|--|------|
| Longitud [m]                           | 36   |
| Ancho [m]                              | 41   |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 1476 |

##### **5.4.1.3 Limpieza y desbroce**

Actividad requerida para eliminar la cobertura vegetal sobre la cual se debe construir.

**Tabla 5.2 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021]**

|  |      |
|--|------|
| Longitud [m]                           | 36   |
| Ancho [m]                              | 41   |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 1476 |

#### 5.4.1.4 Excavación a máquina

El volumen de excavación corresponde a las dimensiones de los tanques en la planta, los mismos están indicados en el capítulo 3 del proyecto.

$$Volumen = Ancho + largo + altura$$

**Tabla 5.3 Volumen de excavación zona 1 [Baque & Zavala, 2021]**

|   |        |
|---|--------|
| Volumen de excavación [m <sup>3</sup> ] | 2353.6 |
|---|--------|

#### 5.4.1.5 Replanteo de hormigón

Para el replanteo se considera la superficie por el espesor del replanteo.

$$Volumen = superficie * 0.15[m]$$

**Tabla 5.4 Volumen del replanteo [Baque & Zavala, 2021]**

|   |       |
|---|-------|
| Volumen del replanteo [m <sup>3</sup> ] | 75.11 |
|---|-------|

#### 5.4.1.6 Encofrado y desencofrado

Para el encofrado se considera el área de las estructuras de hormigón.

**Tabla 5.5 Encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021]**

|  |       |
|--|-------|
| Encofrado y desencofrado [m <sup>2</sup> ] | 84.00 |
|--|-------|

#### 5.4.1.7 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se calcula obteniendo la cantidad total de acero empleado en la obra y es llevado a su cantidad en kg.

$$Cantidad[kg] = Cantidad[m] * masa nominal \left[ \frac{Kg}{m} \right]$$

**Tabla 5.6 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021]**

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Cantidad de acero [m]  | 33344.56  |
| Cantidad de acero [Kg] | 171275.67 |

#### 5.4.1.8 Hórmigón en estructuras

El hormigón empleado para la construcción de las diferentes estructuras corresponde al volumen de las estructuras.

**Tabla 5.7 Volumen de hormigón en estructuras [Baque & Zavala, 2021]**

| Rubro  | Valor  | Unidad            |
|--|--------|-------------------|
| Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]           | 79.00  | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ] | 191.40 | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]        | 924.00 | [m <sup>3</sup> ] |

#### 5.4.1.9 Tuberías

Corresponde a las tuberías empleadas en la planta.

**Tabla 5.8 Longitud de tuberías empleadas en la zona 1 [Baque & Zavala, 2021]**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Tubería de polietileno 90 [mm]  |       |
| Longitud [m]                    | 9.00  |
| Tubería de polietileno 125 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 25.00 |
| Tubería de polietileno 200 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 4.50  |
| Tubería de polietileno 300 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 4.00  |

#### 5.4.1.10 Limpieza al final de la obra

Corresponda a la limpieza de toda la zona se realizó la construcción

**Tabla 5.9 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021]**

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Longitud [m]                       | 36   |
| Ancho [m]                          | 41   |
| Área de limpieza [m <sup>2</sup> ] | 1476 |

En el apéndice A se encuentran detallados los Análisis de precios unitarios correspondientes a la Zona 1.

**Tabla 5.10 Presupuesto de la zona 1 [Baque & Zavala, 2021]**

| ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL         |  |        |           |                 |               |
|--|--|--------|-----------|-----------------|---------------|
| Proyecto   | Diseño de planta depuradora de aguas residuales Zona-1 |        |           |                 |               |
| Lugar:   | Cantón Caluma  |        |           |                 |               |
| Fecha:   | 26-ene-21  |        |           |                 |               |
| PRESUPUESTO REFERENCIAL: PLANTA DE 5000 PERSONAS |  |        |           |                 |               |
| RUBRO  | DESCRIPCION  | UNIDAD | CANTIDAD  | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL  |
| <b>1. Trabajos Preliminares</b>                  |  |        |           |                 |               |
| 1.01   | Limpieza y desbroce                                    | m2     | 1476.40   | \$ 0.55         | \$ 819.35     |
| 1.02   | Replanteo y nivelación                                 | m2     | 1476.40   | \$ 1.23         | \$ 1 815.97   |
| <b>2. Obras temporales</b>                       |  |        |           |                 |               |
| 2.01   | Bodega, caseta   | m2     | 14.4      | \$ 63.93        | \$ 920.59     |
| <b>3. Movimiento de tierras</b>                  |  |        |           |                 |               |
| 3.01   | Excavación a máquina                                   | m3     | 2353.60   | \$ 4.69         | \$ 11 038.38  |
| <b>4. Estructuras, Encofrado y Refuerzo</b>      |  |        |           |                 |               |
| 4.01   | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2                  | m3     | 75.11     | \$ 172.39       | \$ 12 948.64  |
| 4.02   | Encofrado/ Desencofrado                                | m2     | 84.00     | \$ 40.65        | \$ 3 414.95   |
| 4.03   | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm2] , 14-32 [mm]        | Kg     | 171275.67 | \$ 1.86         | \$ 318 572.75 |
| 4.04   | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm2]              | m3     | 79.00     | \$ 115.51       | \$ 9 125.45   |
| 4.05   | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2]    | m3     | 191.4     | \$ 114.34       | \$ 21 884.56  |
| 4.06   | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]           | m3     | 924       | \$ 115.51       | \$ 106 733.06 |
| <b>5. Tuberías</b>                               |  |        |           |                 |               |
| 5.01   | Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm             | m      | 9.00      | \$ 18.91        | \$ 170.17     |
| 5.02   | Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm            | m      | 25.00     | \$ 30.72        | \$ 767.97     |
| 5.03   | Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm            | m      | 4.50      | \$ 71.00        | \$ 319.51     |
| 5.04   | Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm            | m      | 4.00      | \$ 168.40       | \$ 673.59     |
| <b>6. Componentes Alemanes</b>                   |  |        |           |                 |               |

|                                       |  |        |         |               |                 |
|---------------------------------------|--|--------|---------|---------------|-----------------|
| 6.01                                  | Componentes/ transporte/ instalación                             | Global | 1       | \$ 963 844.33 | \$ 963 844.33   |
| <b>7. Limpieza y desalojo</b>         |  |        |         |               |                 |
| 7.01                                  | Limpieza al final de la obra                                     | m2     | 1476.40 | \$ 0.18       | \$ 273.12       |
| <b>8. Actividades complementarias</b> |  |        |         |               |                 |
| 8.01                                  | Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento) | mes    | 3.00    | \$ 346.60     | \$ 1 039.80     |
| 8.02                                  | Medidas de mitigación de impacto ambiental                       | unidad | 1       | \$ 75 178.07  | \$ 75 178.07    |
| <b>Total</b>                          |  |        |         |               | \$ 1 528 720.90 |

#### 5.4.2 Planta depuradora de aguas residuales zona 2

##### 5.4.2.1 Componentes tecnológicos, transporte y su instalación:

Debido a que los componentes empleados son de origen alemán, poseen un precio fijado para cada planta, de igual manera para su transporte e instalación por lo que en el análisis de precios unitarios correspondiente se observa el costo de estos.

##### 5.4.2.2 Replanteo y nivelación

Actividad que se realiza para referenciar las coordenadas del proyecto en el área de construcción.

**Tabla 5.11 Área de replanteo y nivelación zona 2 [Baque & Zavala, 2021]**

|  |      |
|--|------|
| Longitud [m]                           | 50   |
| Ancho [m]                              | 53.1 |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 2665 |

##### 5.4.2.3 Limpieza y desbroce

Actividad requerida para eliminar la cobertura vegetal sobre la cual se debe construir.

**Tabla 5.12 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021]**

|              |    |
|--------------|----|
| Longitud [m] | 50 |
|--------------|----|

|  |      |
|--|------|
| Ancho [m]                              | 53.1 |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 2665 |

#### 5.4.2.4 Excavación a máquina

El volumen de excavación corresponde a las dimensiones de los tanques en la planta, los mismos están indicados en el capítulo 3 del proyecto.

$$Volumen = Ancho + largo + altura$$

**Tabla 5.13 Volumen de excavación zona 2 [Baque & Zavala, 2021]**

|   |         |
|---|---------|
| Volumen de excavación [m <sup>3</sup> ] | 4376.60 |
|---|---------|

#### 5.4.2.5 Replanteo de hormigón

Para el replanteo se considera la superficie por el espesor del replanteo.

$$Volumen = superficie * 0.15[m]$$

**Tabla 5.14 Volumen del replanteo [Baque & Zavala, 2021]**

|   |        |
|---|--------|
| Volumen del replanteo [m <sup>3</sup> ] | 118.04 |
|---|--------|

#### 5.4.2.6 Encofrado y desencofrado

Para el encofrado se considera el área de las estructuras.

**Tabla 5.15 Volumen del encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021]**

|  |        |
|--|--------|
| Encofrado y desencofrado [m <sup>2</sup> ] | 154.20 |
|--|--------|

#### 5.4.2.7 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo se calcula mediante obteniendo la cantidad total de acero empleado en la obra y es llevado a su cantidad en kg.

$$Cantidad[kg] = Cantidad[m] * masa nominal \left[ \frac{Kg}{m} \right]$$

**Tabla 5.16 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021]**

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Cantidad de acero [m]  | 60125.36  |
| Cantidad de acero [Kg] | 312849.26 |

#### **5.4.2.8 Hormigón en estructuras**

El hormigón empleado para la construcción de las diferentes estructuras corresponde al volumen de las estructuras.

**Tabla 5.17 Hormigón requerido para cada elemento [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>Rubro</b>   | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b>     |
|--|--------------|-------------------|
| Hormigón en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]           | 149.60       | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigón en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ] | 371.60       | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigón en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]        | 1641.6       | [m <sup>3</sup> ] |

#### **5.4.2.9 Tuberías**

Corresponde a las tuberías empleadas en la planta.

**Tabla 5.18 Longitud de tuberías empleadas en la zona 2 [Baque & Zavala, 2021]**

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| Tubería de polietileno 90 [mm]  |       |
| Longitud [m]                    | 16.96 |
| Tubería de polietileno 125 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 53.20 |
| Tubería de polietileno 200 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 8.81  |
| Tubería de polietileno 300 [mm] |       |
| Longitud [m]                    | 37.04 |

#### **5.4.2.10 Limpieza al final de la obra**

Corresponde a la limpieza de toda la zona se realizó la construcción

**Tabla 5.19 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021]**

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Longitud [m]                       | 50   |
| Ancho [m]                          | 53.1 |
| Área de limpieza [m <sup>2</sup> ] | 2665 |

En el apéndice B se encuentran detallados los Análisis de precios unitarios correspondientes a la Zona 2.

**Tabla 5.20 Presupuesto zona 2 [Baque & Zavala, 2021]**

| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>         |   |               |                 |                        |                     |
|---|---|---------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| <b>Proyecto</b>   | <b>Diseño de planta depuradora de aguas residuales Zona-2</b> |               |                 |                        |                     |
| <b>Lugar:</b>   | <b>Cantón Caluma</b>  |               |                 |                        |                     |
| <b>Fecha:</b>   | <b>26-ene-21</b>  |               |                 |                        |                     |
| <b>PRESUPUESTO REFERENCIAL: PLANTA DE 8000 PERSONAS</b> |   |               |                 |                        |                     |
| <b>RUBRO</b>  | <b>DESCRIPCION</b>  | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PRECIO UNITARIO</b> | <b>PRECIO TOTAL</b> |
| <b>1. Trabajos Preliminares</b>                         |   |               |                 |                        |                     |
| 1.01  | Limpieza y desbroce   | m2            | 2665.93         | \$ 0.55                | \$ 1 479.50         |
| 1.02  | Replanteo y nivelación  | m2            | 2665.93         | \$ 1.23                | \$ 3 279.09         |
| <b>2. Obras temporales</b>                              |   |               |                 |                        |                     |
| 2.01  | Bodega, caseta  | m2            | 14.4            | \$ 63.93               | \$ 920.59           |
| <b>3. Movimiento de tierras</b>                         |   |               |                 |                        |                     |
| 3.01  | Excavación a máquina  | m3            | 4376.60         | \$ 4.69                | \$ 20 526.25        |
| <b>4. Estructuras y encofrado</b>                       |   |               |                 |                        |                     |
| 4.01  | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2                         | m3            | 140.91          | \$ 172.39              | \$ 24 291.99        |
| 4.02  | Encofrado/ Desencofrado                                       | m2            | 154.20          | \$ 40.65               | \$ 6 268.88         |
| 4.03  | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm <sup>2</sup> ], 14-32 [mm]   | Kg            | 312849.26       | \$ 1.86                | \$ 581 899.62       |
| 4.04  | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]        | m3            | 149.60          | \$ 115.51              | \$ 17 280.59        |

|                                       |  |        |         |                 |                 |
|---------------------------------------|--|--------|---------|-----------------|-----------------|
| 4.05                                  | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2]              | m3     | 371.2   | \$ 114.34       | \$ 42 442.78    |
| 4.06                                  | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]                     | m3     | 1641.6  | \$ 115.51       | \$ 189 624.44   |
| <b>5. Tuberías</b>                    |  |        |         |                 |                 |
| 5.01                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm                       | m      | 16.96   | \$ 18.91        | \$ 320.68       |
| 5.02                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm                      | m      | 53.20   | \$ 30.72        | \$ 1 634.23     |
| 5.03                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm                      | m      | 8.81    | \$ 71.00        | \$ 625.54       |
| 5.04                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm                      | m      | 37.04   | \$ 168.40       | \$ 6 237.41     |
| <b>6. Componentes Alemanes</b>        |  |        |         |                 |                 |
| 6.01                                  | Componentes/ transporte/ instalación                             | Global | 1       | \$ 1 374 973.35 | \$ 1 374 973.35 |
| <b>7. Limpieza y desalojo</b>         |  |        |         |                 |                 |
| 7.01                                  | Limpieza final de la obra  | m2     | 2665.93 | \$ 0.18         | \$ 493.17       |
| <b>8. Actividades complementarias</b> |  |        |         |                 |                 |
| 8.01                                  | Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento) | mes    | 3.00    | \$ 346.60       | \$ 1 039.80     |
| 8.02                                  | Medidas de mitigación de impacto ambiental                       | unidad | 1       | \$ 75 178.07    | \$ 75 178.07    |
| <b>Total</b>                          |  |        |         |                 | \$ 2 347 036.50 |

### 5.4.3 Planta depuradora de aguas residuales zona 3

#### 5.4.3.1 Componentes tecnológicos, transporte y su instalación:

Debido a que los componentes empleados son de origen alemán, poseen un precio fijado para cada planta, de igual manera para su transporte e instalación por lo que en el análisis de precios unitarios correspondiente se observa el costo de estos.

#### 5.4.3.2 Replanteo y nivelación

Actividad que se realiza para referenciar las coordenadas del proyecto en el área de construcción.

**Tabla 5.21 Área de replanteo y nivelación zona 3 [Baque & Zavala, 2021]**

|  |       |
|--|-------|
| Longitud [m]                           | 15.1  |
| Ancho [m]                              | 15    |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 226.6 |

#### 5.4.3.3 Limpieza y desbroce

Actividad requerida para eliminar la cobertura vegetal sobre la cual se debe construir.

**Tabla 5.22 Área de la limpieza y desbroce [Baque & Zavala, 2021]**

|  |       |
|--|-------|
| Longitud [m]                           | 15.1  |
| Ancho [m]                              | 15    |
| Área de construcción [m <sup>2</sup> ] | 226.6 |

#### 5.4.3.4 Excavación a máquina

El volumen de excavación corresponde a las dimensiones de los tanques en la planta, los mismos están indicados en el capítulo 3 del proyecto.

$$Volumen = Ancho + largo + altura$$

**Tabla 5.23 Volumen de excavación zona 3 [Baque & Zavala, 2021]**

|   |        |
|---|--------|
| Volumen de excavación [m <sup>3</sup> ] | 224.57 |
|---|--------|

#### 5.4.3.5 Replanteo de hormigón

Para el replanteo se considera la superficie por el espesor del replanteo.

$$Volumen = superficie * 0.15[m]$$

**Tabla 5.24 Volumen del replanteo [Baque & Zavala, 2021]**

|   |      |
|---|------|
| Volumen del replanteo [m <sup>3</sup> ] | 8.71 |
|---|------|

#### 5.4.3.6 Encofrado y desencofrado

Para el encofrado se considera el área correspondiente a los muros de los tanques.

**Tabla 5.25 Volumen del encofrado y desencofrado [Baque & Zavala, 2021]**

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Encofrado y desencofrado [ $m^2$ ] | 8.25 |
|------------------------------------|------|

**5.4.3.7 Acero de refuerzo**

El acero de refuerzo se calcula mediante obteniendo la cantidad total de acero empleado en la obra y es llevado a su cantidad en kg.

$$Cantidad[kg] = Cantidad[m] * masa\ nominal\left[\frac{Kg}{m}\right]$$

**Tabla 5.26 Cantidad de acero de refuerzo [Baque & Zavala, 2021]**

|                        |         |
|------------------------|---------|
| Cantidad de acero [m]  | 2046.75 |
| Cantidad de acero [Kg] | 10362.9 |

**5.4.3.8 Hormigón en estructuras**

El hormigón empleado para la construcción de las diferentes estructuras corresponde al volumen de las estructuras.

**Tabla 5.27 Volumen de hormigón en estructuras [Baque & Zavala, 2021]**

| Rubro  | Valor | Unidad            |
|--|-------|-------------------|
| Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]           | 12.87 | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ] | 19.05 | [m <sup>3</sup> ] |
| Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm <sup>2</sup> ]        | 34.93 | [m <sup>3</sup> ] |

**5.4.3.9 Limpieza al final de la obra**

Corresponda a la limpieza de toda la zona se realizó la construcción

**Tabla 5.28 Área de limpieza [Baque & Zavala, 2021]**

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Longitud [m]               | 15.1  |
| Ancho [m]                  | 15    |
| Área de limpieza [ $m^2$ ] | 226.6 |

En el apéndice C se encuentran detallados los Análisis de precios unitarios correspondientes a la Zona 3.

**Tabla 5.29 Presupuesto zona 3 [Baque & Zavala, 2021]**

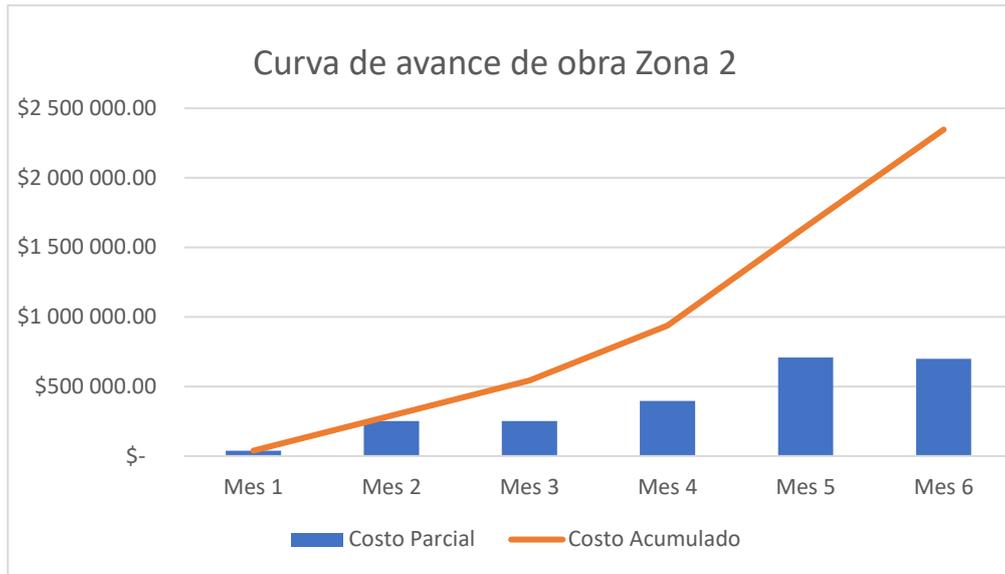
| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>        |  |               |                 |                        |                      |
|--|--|---------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| <b>Proyecto</b>  | <b>Diseño de planta depuradora de aguas residuales Zona-3</b>    |               |                 |                        |                      |
| <b>Lugar:</b>  | <b>Cantón Caluma</b>   |               |                 |                        |                      |
| <b>Fecha:</b>  | <b>26-ene-21</b>   |               |                 |                        |                      |
| <b>PRESUPUESTO REFERENCIAL: PLANTA DE 500 PERSONAS</b> |  |               |                 |                        |                      |
| <b>RUBRO</b>   | <b>DESCRIPCION</b>   | <b>UNIDAD</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>PRECIO UNITARIO</b> | <b>PRECIO TOTAL</b>  |
| <b>1. Trabajos Preliminares</b>                        |  |               |                 |                        |                      |
| 1.02   | Limpieza y desbroce  | m2            | 226.6           | \$ 0.55                | \$ 125.76            |
| 1.01   | Replanteo y nivelación   | m2            | 226.6           | \$ 1.23                | \$ 278.72            |
| <b>2. Obras temporales</b>                             |  |               |                 |                        |                      |
| 2.01   | Bodega, caseta   | m2            | 14.4            | \$ 63.93               | 920.58696            |
| <b>3. Movimiento de tierras</b>                        |  |               |                 |                        |                      |
| 3.01   | Excavación a máquina   | m3            | 224.575         | \$ 4.69                | \$ 1 053.26          |
| <b>4. Estructuras y encofrado</b>                      |  |               |                 |                        |                      |
| 4.01   | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2                            | m3            | 8.706           | \$ 172.39              | \$ 1 500.76          |
| 4.02   | Encofrado/ Desencofrado  | m2            | 8.25            | \$ 40.65               | \$ 335.40            |
| 4.03   | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm2] , 14-32 [mm]                  | Kg            | 10362.9         | \$ 1.86                | \$ 19 274.99         |
| 4.04   | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm2]                        | m3            | 12.875          | \$ 115.51              | \$ 1 487.22          |
| 4.05   | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2]              | m3            | <b>19.05</b>    | \$ 114.34              | \$ 2 178.17          |
| 4.06   | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]                     | m3            | 34.925          | \$ 115.51              | \$ 4 034.26          |
| <b>5. Componentes Alemanes</b>                         |  |               |                 |                        |                      |
| 5.01   | Componentes/ transporte/ instalación                             | Global        | 1               | \$ 81 943.25           | \$ 81 943.25         |
| <b>6. Limpieza y desalojo</b>                          |  |               |                 |                        |                      |
| 6.01   | Limpieza al final de la obra                                     | m2            | 226.6           | \$ 2.55                | \$ 577.83            |
| <b>7. Actividades complementarias</b>                  |  |               |                 |                        |                      |
| 7.01   | Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento) | mes           | 3.00            | \$ 346.60              | \$ 1 039.80          |
| 7.02   | Medidas de mitigación de impacto ambiental                       | unidad        | 1               | \$ 5 737.50            | \$ 5 737.50          |
| <b>Total</b>   |  |               |                 |                        | <b>\$ 120 487.48</b> |

### 5.5 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

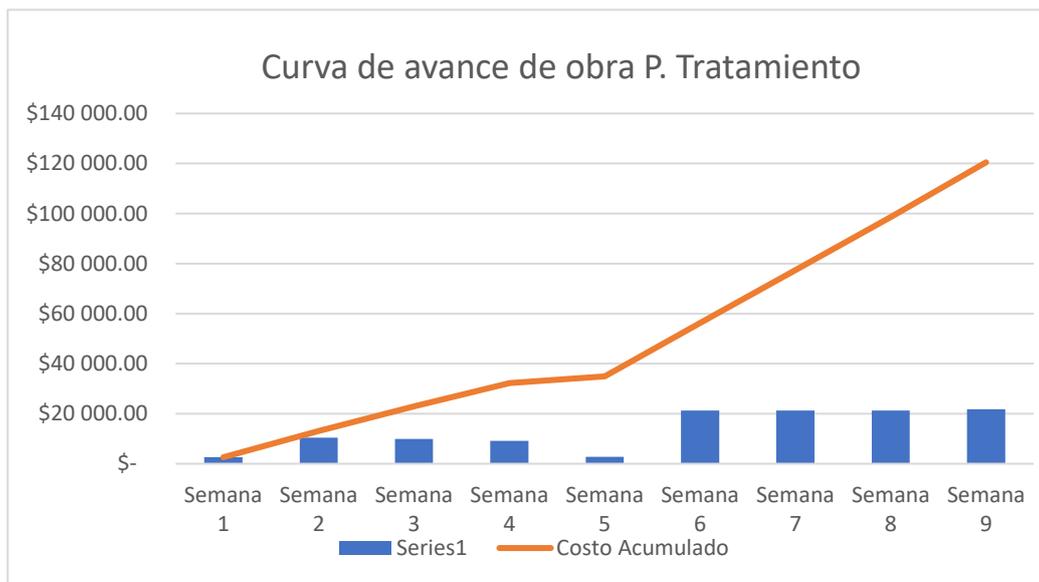
El costo del proyecto incluyendo la construcción de las 3 plantas depuradoras de aguas residuales y las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental es de \$3,996,244.89, los detalles del costo correspondientes al avance de obra se detallan en los gráficos siguientes.



Figura 5.2 Curva de avance de obra de la zona 1 [Baque & Zavala, 2021]



**Figura 5.3 Curva de avance de obra de la zona 2 [Baque & Zavala, 2021]**



**Figura 5.4 Curva de avance de obra de la zona 3 [Baque & Zavala, 2021]**

## 5.6 Cronograma de obra

### 5.6.1 Planta depuradora zona 1

**Tabla 5.30 Cronograma valorado Zona 1 [Baque & Zavala, 2021]**

| Rubro | Descripción | Unidad | Cantidad | P.unitario | P.Total | Períodos |       |       |       |       |
|-------|-------------|--------|----------|------------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|
|       |             |        |          |            |         | Mes 1    | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 |
|       |             |        |          |            |         |          |       |       |       |       |

| 1. Trabajos Preliminares   |   |    |           |           |               |              |              |               |              |      |
|----------------------------|---|----|-----------|-----------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|------|
| 1.01                       | Replanteo y nivelación                              | m2 | 1476.40   | \$ 0.55   | \$ 819.35     | \$ 819.35    | \$ -         | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 1.02                       | Limpieza y desbroce                                 | m2 | 1476.40   | \$ 1.23   | \$ 1 818.90   | \$ 1 818.90  | \$ -         | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 2. Obras temporales        |   |    |           |           |               |              |              |               |              |      |
| 2.01                       | Bodega, caseta                                      | m2 | 14.40     | \$ 63.93  | \$ 920.59     | \$ 920.59    | \$ -         | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 3. Movimiento de tierras   |   |    |           |           |               |              |              |               |              |      |
| 3.01                       | Excavación a máquina                                | m3 | 2353.60   | \$ 4.69   | \$ 11 038.38  | \$ 11 038.38 | \$ -         | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 4. Estructuras y encofrado |   |    |           |           |               |              |              |               |              |      |
| 4.01                       | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2               | m3 | 75.11     | \$ 172.39 | \$ 12 948.64  | \$ -         | \$ 12 948.64 | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 4.02                       | Encofrado/ Desencofrado                             | m2 | 84.00     | \$ 40.65  | \$ 3 414.95   | \$ -         | \$ 2 561.22  | \$ 853.74     | \$ -         | \$ - |
| 4.03                       | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm2] , 14-32 [mm]     | Kg | 171275.67 | \$ 1.86   | \$ 318 572.75 | \$ -         | \$ 31 857.27 | \$ 238 929.56 | \$ 47 785.91 | \$ - |
| 4.04                       | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm2]           | m3 | 79.00     | \$ 115.51 | \$ 9 125.45   | \$ -         | \$ 9 125.45  | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 4.05                       | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2] | m3 | 191.40    | \$ 114.34 | \$ 21 884.56  | \$ -         | \$ 21 884.56 | \$ -          | \$ -         | \$ - |
| 4.06                       | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]        | m3 | 924.00    | \$ 115.51 | \$ 106 733.06 | \$ -         | \$ -         | \$ 26 683.26  | \$ 80 049.79 | \$ - |
| 6. Tuberías                |   |    |           |           |               |              |              |               |              |      |
| 5.01                       | Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm          | m  | 9.00      | \$ 18.91  | \$ 170.17     | \$ -         | \$ -         | \$ -          | \$ 170.17    | \$ - |
| 5.02                       | Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm         | m  | 25.00     | \$ 30.72  | \$ 767.97     | \$ -         | \$ -         | \$ -          | \$ 767.97    | \$ - |
| 5.03                       | Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm         | m  | 4.50      | \$ 71.00  | \$ 319.51     | \$ -         | \$ -         | \$ -          | \$ 319.51    | \$ - |

|                                       |  |        |         |               |                        |              |               |               |               |                 |
|---------------------------------------|--|--------|---------|---------------|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| 5.04                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm                      | m      | 4.00    | \$ 168.40     | \$ 673.59              | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ 673.59     | \$ -            |
| <b>7. Componentes Alemanes</b>        |  |        |         |               |                        |              |               |               |               |                 |
| 6.01                                  | Componentes/ transporte/ instalación                             | Global | 1.00    | \$ 963 022.05 | \$ 963 022.05          | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ 240 755.51 | \$ 722 266.53   |
| <b>8. Limpieza y desalojo</b>         |  |        |         |               |                        |              |               |               |               |                 |
| 7.01                                  | Limpieza al final de la obra                                     | m2     | 1476.40 | \$ 0.18       | \$ 273.12              | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 273.12       |
| <b>9. Actividades complementarias</b> |  |        |         |               |                        |              |               |               |               |                 |
| 8.01                                  | Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento) | mes    | 3.00    | \$ 346.60     | \$ 1 039.80            | \$ 207.96    | \$ 207.96     | \$ 207.96     | \$ 207.96     | \$ 207.96       |
| 8.02                                  | Medidas de mitigación de impacto ambiental                       | unidad | 1.00    | \$ 75 178.07  | \$ 75 178.07           | \$ 15 035.61 | \$ 15 035.61  | \$ 15 035.61  | \$ 15 035.61  | \$ 15 035.61    |
| <b>Total</b>                          |  |        |         |               | <b>\$ 1 528 720.90</b> |              |               |               |               |                 |
| <b>Inversión mensual</b>              |  |        |         |               |                        | \$ 29 840.80 | \$ 93 620.71  | \$ 281 710.14 | \$ 385 766.03 | \$ 737 783.23   |
| <b>Inversión parcial en %</b>         |  |        |         |               |                        | 2%           | 6%            | 18%           | 25%           | 48%             |
| <b>Inversión acumulada</b>            |  |        |         |               |                        | \$ 29 840.80 | \$ 123 461.51 | \$ 405 171.65 | \$ 790 937.68 | \$ 1 528 720.90 |
| <b>Avance acumulado en %</b>          |  |        |         |               |                        | 2%           | 8%            | 27%           | 52%           | 100%            |

## 5.6.2 Planta depuradora zona 2

Tabla 5.31 Cronograma valorado Zona 2 [Baque & Zavala, 2021]

| Rubro                           | Descripción            | Unidad | Cantidad | P.unitario | P.Total     | Períodos    |       |       |       |       |       |
|---------------------------------|------------------------|--------|----------|------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                 |                        |        |          |            |             | Mes 1       | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 |
| <b>1. Trabajos Preliminares</b> |                        |        |          |            |             |             |       |       |       |       |       |
| 1.01                            | Replanteo y nivelación | m2     | 2665.93  | \$ 0.55    | \$ 1 479.50 | \$ 1 479.50 | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  |
| 1.02                            | Limpieza y desbroce    | m2     | 2665.93  | \$ 1.23    | \$ 3 284.38 | \$ 3 284.38 | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  |
| <b>2. Obras temporales</b>      |                        |        |          |            |             |             |       |       |       |       |       |
| 2.01                            | Bodega, caseta         | m2     | 14.4     | \$ 63.93   | \$ 920.59   | \$ 920.59   | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  | \$ -  |

| <b>3. Movimiento de tierras</b>       |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
|---------------------------------------|--|--------|-----------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 3.01                                  | Excavación a máquina   | m3     | 4376.60   | \$ 4.69         | \$ 20 526.25    | \$ 20 526.25 | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ -          |
| <b>4. Estructuras y encofrado</b>     |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
| 4.01                                  | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2                            | m3     | 140.91    | \$ 172.39       | \$ 24 291.99    | \$ -         | \$ 24 291.99  | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ -          |
| 4.02                                  | Encofrado/Desencofrado   | m2     | 154.20    | \$ 40.65        | \$ 6 268.88     | \$ -         | \$ 6 268.88   | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ -          |
| 4.03                                  | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm2] , 14-32 [mm]                  | Kg     | 312849.26 | \$ 1.86         | \$ 581 899.62   | \$ -         | \$ 193 966.54 | \$ 193 966.54 | \$ 193 966.54 | \$ -          | \$ -          |
| 4.04                                  | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm2]                        | m3     | 149.60    | \$ 115.51       | \$ 17 280.59    | \$ -         | \$ 4 320.15   | \$ 12 960.44  | \$ -          | \$ -          | \$ -          |
| 4.05                                  | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2]              | m3     | 371.20    | \$ 114.34       | \$ 42 442.78    | \$ -         | \$ 10 610.70  | \$ 31 832.09  | \$ -          | \$ -          | \$ -          |
| 4.06                                  | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]                     | m3     | 1641.60   | \$ 115.51       | \$ 189 624.44   | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ 189 624.44 | \$ -          | \$ -          |
| <b>6. Tuberías</b>                    |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
| 5.01                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm                       | m      | 16.96     | \$ 18.91        | \$ 320.68       | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 320.68     | \$ -          |
| 5.02                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm                      | m      | 53.20     | \$ 30.72        | \$ 1 634.23     | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 1 634.23   | \$ -          |
| 5.03                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm                      | m      | 8.81      | \$ 71.00        | \$ 625.54       | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 625.54     | \$ -          |
| 5.04                                  | Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm                      | m      | 37.04     | \$ 168.40       | \$ 6 237.41     | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 6 237.41   | \$ -          |
| <b>7. Componentes Alemanes</b>        |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
| 6.01                                  | Componentes/ transporte/ instalación                             | Global | 1         | \$ 1 374 973.35 | \$ 1 373 488.56 | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 686 744.28 | \$ 686 744.28 |
| <b>8. Limpieza y desalojo</b>         |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
| 7.01                                  | Limpieza al final de la obra                                     | m2     | 2665.93   | \$ 0.18         | \$ 493.17       | \$ -         | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ -          | \$ 493.17     |
| <b>9. Actividades complementarias</b> |  |        |           |                 |                 |              |               |               |               |               |               |
| 8.01                                  | Alquiler de batería sanitaria (inc. Instalación y mantenimiento) | mes    | 3.00      | \$ 346.60       | \$ 1 039.80     | \$ 173.30    | \$ 173.30     | \$ 173.30     | \$ 173.30     | \$ 173.30     | \$ 173.30     |

|                               |  |        |   |              |                        |              |               |               |               |                 |                 |
|-------------------------------|--|--------|---|--------------|------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 8.02                          | Medidas de mitigación de impacto ambiental | unidad | 1 | \$ 75 178.07 | \$ 75 178.07           | \$ 12 529.68 | \$ 12 529.68  | \$ 12 529.68  | \$ 12 529.68  | \$ 12 529.68    | \$ 12 529.68    |
| <b>Total</b>                  |  |        |   |              | <b>\$ 2 347 036.50</b> |              |               |               |               |                 |                 |
| <b>Inversión mensual</b>      |  |        |   |              |                        | \$ 38 913.70 | \$ 252 161.23 | \$ 251 462.05 | \$ 396 293.96 | \$ 708 265.12   | \$ 699 940.43   |
| <b>Inversión parcial en %</b> |  |        |   |              |                        | 2%           | 11%           | 11%           | 17%           | 30%             | 30%             |
| <b>Inversión acumulada</b>    |  |        |   |              |                        | \$ 38 913.70 | \$ 291 074.94 | \$ 542 536.99 | \$ 938 830.95 | \$ 1 647 096.07 | \$ 2 347 036.50 |
| <b>Avance acumulado en %</b>  |  |        |   |              |                        | 2%           | 12%           | 23%           | 40%           | 70%             | 100%            |

### 5.6.3 Planta depuradora zona 3

**Tabla 5.32 Cronograma valorado Zona 3 [Baque & Zavala, 2021]**

| Rubro                             | Descripción                           | Unidad | Cantidad | P. unitario | P. Total    | Períodos  |             |          |          |          |          |          |          |          |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                   |                                       |        |          |             |             | Semana 1  | Semana 2    | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9 |
| <b>1. Trabajos Preliminares</b>   |                                       |        |          |             |             |           |             |          |          |          |          |          |          |          |
| 1.01                              | Replanteo y nivelación                | m2     | 226.60   | \$ 0.55     | \$ 125.76   | \$ 125.76 | \$ -        | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| 1.02                              | Limpieza y desbroce                   | m2     | 226.60   | \$ 1.23     | \$ 279.17   | \$ 279.17 | \$ -        | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| <b>2. Obras temporales</b>        |                                       |        |          |             |             |           |             |          |          |          |          |          |          |          |
| 2.01                              | Bodega, caseta                        | m2     | 14.4     | \$ 63.93    | \$ 920.59   | \$ 920.59 | \$ -        | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| <b>3. Movimiento de tierras</b>   |                                       |        |          |             |             |           |             |          |          |          |          |          |          |          |
| 3.01                              | Excavación a máquina                  | m3     | 224.58   | \$ 4.69     | \$ 1 053.26 | \$ 526.63 | \$ 526.63   | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| <b>4. Estructuras y encofrado</b> |                                       |        |          |             |             |           |             |          |          |          |          |          |          |          |
| 4.01                              | Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2 | m3     | 8.71     | \$ 172.39   | \$ 1 500.76 | \$ -      | \$ 1 500.76 | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |
| 4.02                              | Encofrado / Desencofrado              | m2     | 8.25     | \$ 40.65    | \$ 335.40   | \$ -      | \$ 335.40   | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     | \$ -     |

|                                       |   |        |          |              |                      |             |              |             |             |             |              |              |              |              |
|---------------------------------------|---|--------|----------|--------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 4.03                                  | Acero de refuerzo fy 4200 [kg/cm2], 14-32 [mm]                  | Kg     | 10362.90 | \$ 1.86      | \$ 19 274.99         | \$ -        | \$ 6 425.00  | \$ 6 425.00 | \$ 6 425.00 | \$ -        | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
| 4.04                                  | Hormigon en Losa maciza f'c= 280 [kg/cm2]                       | m3     | 12.88    | \$ 115.51    | \$ 1 487.22          | \$ -        | \$ 371.80    | \$ 1 115.41 | \$ -        | \$ -        | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
| 4.05                                  | Hormigon en Zapata corrida maciza f'c= 280 [kg/cm2]             | m3     | 19.05    | \$ 114.34    | \$ 2 178.17          | \$ -        | \$ 544.54    | \$ 1 633.62 | \$ -        | \$ -        | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
| 4.06                                  | Hormigon en Paredes maciza f'c= 280 [kg/cm2]                    | m3     | 34.93    | \$ 115.51    | \$ 4 034.26          | \$ -        | \$ -         | \$ -        | \$ 2 017.13 | \$ 2 017.13 | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
| <b>5. Componentes Alemanes</b>        |   |        |          |              |                      |             |              |             |             |             |              |              |              |              |
| 5.01                                  | Componentes/ transporte / instalaci3n                           | Global | 1        | \$ 81 942.80 | \$ 81 942.80         | \$ -        | \$ -         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | \$ 20 485.70 | \$ 20 485.70 | \$ 20 485.70 | \$ 20 485.70 |
| <b>6. Limpieza y desalojo</b>         |   |        |          |              |                      |             |              |             |             |             |              |              |              |              |
| 6.01                                  | Limpieza al final de la obra                                    | m2     | 226.6    | \$ 2.55      | \$ 577.83            | \$ -        | \$ -         | \$ -        | \$ -        | \$ -        | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ 577.83    |
| <b>7. Actividades complementarias</b> |   |        |          |              |                      |             |              |             |             |             |              |              |              |              |
| 8.01                                  | Alquiler de batera sanitaria (inc. Instalaci3n y mantenimiento) | mes    | 3.00     | \$ 346.60    | \$ 1 039.80          | \$ 115.53   | \$ 115.53    | \$ 115.53   | \$ 115.53   | \$ 115.53   | \$ 115.53    | \$ 115.53    | \$ 115.53    | \$ 115.53    |
| 8.02                                  | Medidas de mitigaci3n de impacto ambiental                      | unidad | 1        | \$ 5 737.50  | \$ 5 737.50          | \$ 637.50   | \$ 637.50    | \$ 637.50   | \$ 637.50   | \$ 637.50   | \$ 637.50    | \$ 637.50    | \$ 637.50    | \$ 637.50    |
| <b>Total</b>                          |   |        |          |              | <b>\$ 120 487.49</b> |             |              |             |             |             |              |              |              |              |
| <b>Inversi3n mensual</b>              |   |        |          |              |                      | \$ 2 605.17 | \$ 10 457.17 | \$ 9 927.07 | \$ 9 195.16 | \$ 2 770.16 | \$ 21 238.73 | \$ 21 238.73 | \$ 21 238.73 | \$ 21 816.56 |

|                               |                    |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                      |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| <b>Inversión parcial en %</b> | 2%                 | 9%                  | 8%                  | 8%                  | 2%                  | 18%                 | 18%                 | 18%                 | 18%                  |
| <b>Inversión acumulada</b>    | \$ 2<br>605.1<br>7 | \$ 13<br>062.3<br>4 | \$ 22<br>989.4<br>0 | \$ 32<br>184.5<br>6 | \$ 34<br>954.7<br>2 | \$ 56<br>193.4<br>6 | \$ 77<br>432.1<br>9 | \$ 98<br>670.9<br>2 | \$ 120<br>487.4<br>9 |
| <b>Avance acumulado en %</b>  | 2%                 | 11%                 | 19%                 | 27%                 | 29%                 | 47%                 | 64%                 | 82%                 | 100<br>%             |

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Basándose en los resultados obtenidos de proyección poblacional, las pruebas de laboratorio realizadas y los requerimientos de la comunidad de Caluma, se determinó que la alternativa de las plantas depuradoras con tecnología alemana es la óptima, puesto que garantiza un alto grado de remoción de contaminantes, permitiendo que la descarga de las aguas tratadas a los cuerpos hídricos no contaminen los mismos y, consecuentemente, la alternativa de solución no genere el rechazo de los pobladores.
- Se concluyó la necesidad de implementar 3 sistemas distintos en cada una de las zonas de estudio acorde a la población de diseño de cada una. Así se tiene que para la Zona 1 se requiere una planta de 5000 personas de capacidad, para la zona 2, cuya población es de 7560 habitantes, es necesario implementar una planta de 5000 y otra de 3000 personas de capacidad para garantizar la eficiencia en la depuración; finalmente para la zona 3, cuya población de diseño es la menor, se requiere una planta de 500 personas de capacidad.
- Los cuerpos hídricos que rodean a la comunidad presentarán una significativa reducción en su nivel de contaminación, dando apertura a la libre ejecución de actividades recreativas, turísticas y pesqueras, que representen una mejora en la producción económica y en la calidad de vida de sus pobladores.
- El diseño de los muros fue realizado mediante el software SAP2000 y una hoja de Excel, para las cuales se tomaron consideraciones como el empuje pasivo y activo de los suelos, considerando el tipo de suelo característico de Caluma, arcillas limosas.
- El análisis correspondiente de estudio ambiental demuestra que si bien la obra genera impactos negativos, como contaminación acústica, polvo, entre otros, estos son de carácter temporal y se efectuarán las respectivas medidas de mitigación para contrarrestar los mismos.
- El presupuesto del proyecto abarcando las 3 plantas depuradoras es de \$3,996,244.89, siendo el de la zona 3 el más económico debido a que la zona

asignada es menor, por otro lado, el de la zona 2 es el más costoso, debido a que se cuenta con una población mayor y cuenta con 2 sistemas.

## **Recomendaciones**

- Previo a la construcción de las plantas, se debe realizar la etapa de regularización ambiental en el proceso de la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), en el mismo se obtiene la licencia mencionada en el capítulo 4, requerida para comenzar a construir.
- Para el diseño final de los muros es necesario realizar un estudio de suelos previo, ya que se usaron valores de estudios cercanos que también presentaban arcillas limosas como suelo característico, no obstante, se debe realizar pruebas en cada zona donde se va a realizar la construcción.
- Debido al constante rechazo por parte de los pobladores a las alternativas propuestas por el municipio, es necesario una nueva socialización de la alternativa propuesta y que sea del conocimiento y entendimiento de todos para así obtener la aceptación social y se pueda dar inicio a la obra sin mayores retrasos.
- Se deben realizar charlas para concientizar a los pobladores respecto al cuidado de las plantas que, si bien son diseñadas considerando toda posible contingencia, es necesario que no abusen de esto y evitar el arrojado de desechos que no corresponden al inodoro, o las alcantarillas, además de aquellos que requiera instalen las trampas de grasas en sus viviendas y les den el mantenimiento adecuado.
- Se debe tener presente las medidas de mitigación de impacto ambiental desde el comienzo hasta el final de la construcción para no atentar contra el bienestar de los pobladores y del medio ambiente.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

350, A. (2020). *American Concrete Institute*. Comite de la ACI.

7-10., A. (2019). *minimum design loads for buildings and other structures* . Virginia : American society of civil engineering.

ATB Umwelttechnologien . (s.f.). *ATB: Semi-Central Wastewater Treatment*. Obtenido de <https://www.atbwater.com/en/sewage-technology/semi-central-wastewater-treatment/aquamax-r-pro-xxl/>

CEPIS. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Lima: Organización Panamericana de la Salud .

CEPIS. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Lima: Organización Panamericana de la Salud.

CEPIS. (2006). *Organización Panamericana de la Salud; Comité Ejecutivo de la OPS; Salud Ambiental; Evaluación de Programas; CEPIS; Americas* . Panama: Organización Panamericana de la Salud.

Collazos, C. J. (2019). *Caudal de diseño*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

DEMOGRAFÍA, C. L. (1984). *Métodos para proyección demográficas*. Chile: CELADE/CANADA.

Fernandez, R. (2015). *Pretratamientos/ Aguas*. Madrid: Escuela de organización industrial.

GAD Caluma. (2016). *Caluma: Historia*. Obtenido de <https://www.caluma.gob.ec/index.php/historia-de-caluma>

GAD Caluma. (2016). *Caluma: La Ciudad*. Obtenido de <https://www.caluma.gob.ec/index.php/la-ciudad-caluma>

GAD Caluma. (2018). *Actualización de los estudios y diseños definitivos del sistema de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Pluvial de la ciudad de Caluma: Memoria Técnica AASS*. Caluma.

GAD Caluma. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Caluma*. Caluma.

Go Raymi. (2018). *Go Raymi: Caluma*. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-ec/bolivar/caluma/ciudades/caluma-a4kgykozq>

H-3, A. 3.-0. (s.f.). *CODE REQUERIMENTS FOR ENVIROMENTAL ENGINEERING CONCRETE STRUCTURES AND COMENTARY*. Comité de la ACI.

INEC. (2010). *Cantón Caluma*. Bolívar: Instituto nacional de estadísticas y censos.

INEN. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Macé, S., & Mata-Álvarez, J. (2015). *Apliación de la tecnología SBR para el tartamiento de aguas residuales domésticas*. Barcelona: Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Barcelona.

Ministerio del Turismo. (23 de Agosto de 2021). *Caluma, la Capital Citrícola del Ecuador, celebra su aniversario*. Obtenido de <https://www.turismo.gob.ec/caluma-la-capital-citricola-del-ecuador-celebra-su-aniversario/#>

Molina-Vera, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: medición de los ODS en Ecuador*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF (INEC-UNICEF).

Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Agua limpia y Saneamiento*.  
Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

ODS Territorio Ecuador. (s.f.). *ODS Territorio Ecuador: Agua Potable y Saneamiento en Ecuador*. Obtenido de <https://odsterritorioecuador.ec/objetivo-6-agua-limpia-y-saneamiento/>

ONU-Aguas. (2017). *Aguas Residuales, El recurso desaprovechado*. Paris: UNESCO.

Organización Mundial de la Salud. (14 de Junio de 2019). *Organización Mundial de la Salud: Saneamiento*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>

Organización Panamericana de la Salud. (2017). *Organización Panamericana de la Salud: Agua y Saneamiento*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>

PCA. (2003). *GUÍA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS APOYADOS*. Lima: Organización panamericana de la salud.

Rodriguez, C. H. (2007). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRIA*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colo.

Suarez, J. (2012). *DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO Y POBLACIÓN EN LA SUBCUENCA DEL RÍO ZAHUAPAN, TLAXCALA, MÉXICO*. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Torres, P. (2021). *Estandares y normas GEO5*. República Checa : FINE.

TULSMA. (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*.

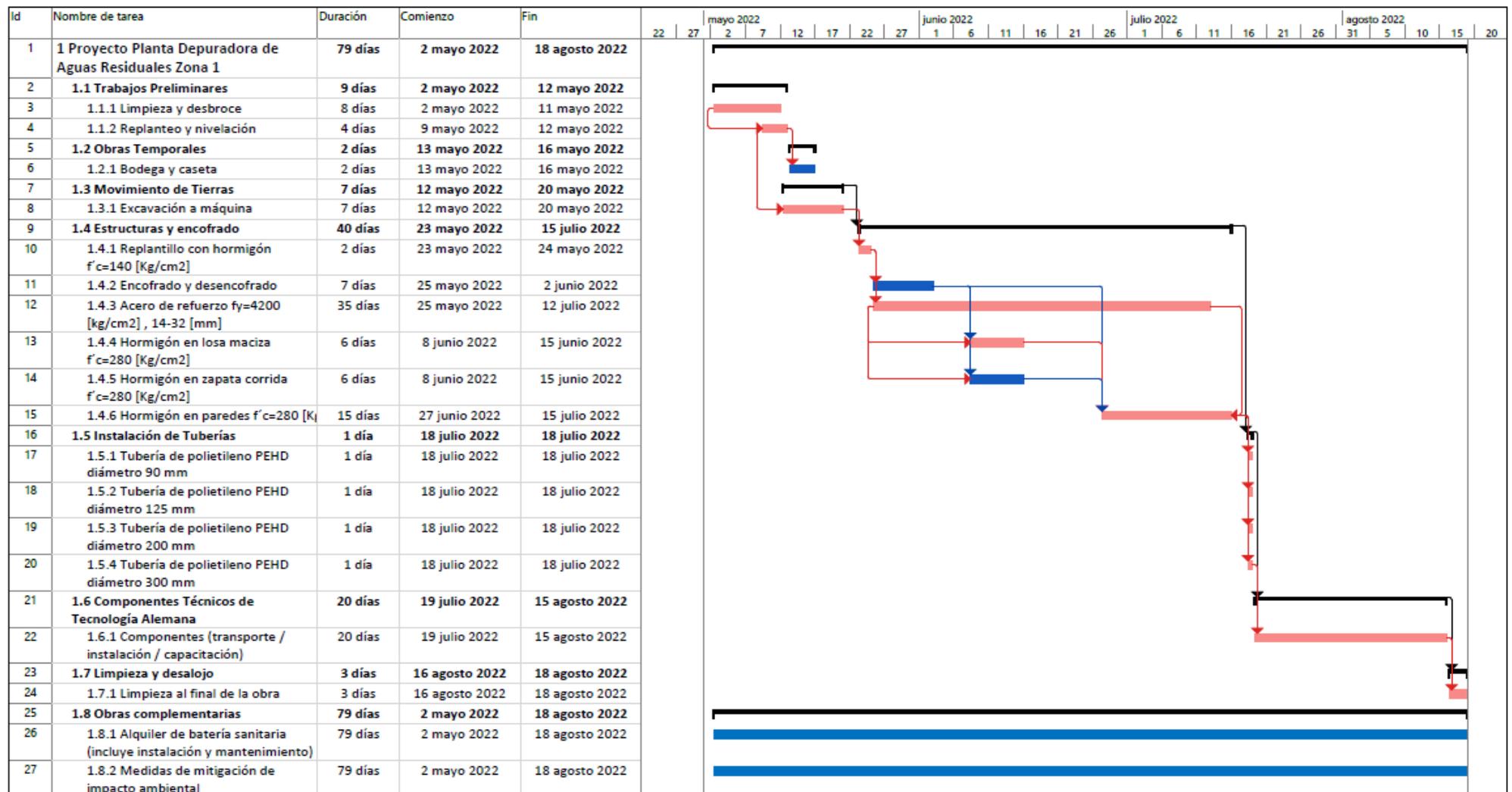
UNICEF. (2020). *Estado mundial del Saneamiento- Un llamamiento urgente a transformar el saneamiento para mejorar la salud, los entornos, las economías y las sociedades*. Nueva York: UNICEF y la OMS.

Valdivieso, A. M. (2013). *Análisis de la interacción fluido – estructura en el diseño sísmico de anques cilíndricos de acero según las normas: americana, neozelandesa, ecuatoriana y métodos simplificados*. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO.

Vásconez, G. (2017). *Propuesta de fitorremediación de coliformes totales en aguas en un tramo del estero Caluma en el cantón Caluma (Provincia de Bolívar)*. Guayaquil.

WWF. (5 de Mayo de 2017). *WWF: 20 mil litros de agua limpia en Galápagos*. Obtenido de <https://www.wwf.org.ec/?299530/20-mil-litros-de-agua-limpia-en-Galapagos>

# **APENDICE A**



Proyecto: Diseño de una alternativa ecológica para el manejo de las aguas servidas en la ciudad de Caluma, Prov. Bolívar.  
Fecha: 26/01/2022

|                      |  |                           |  |                  |  |                  |  |
|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|------------------|--|
| Tarea                |  | Hito inactivo             |  | solo el comienzo |  | División crítica |  |
| División             |  | Resumen inactivo          |  | solo fin         |  | Progreso         |  |
| Hito                 |  | Tarea manual              |  | Tareas externas  |  | Progreso manual  |  |
| Resumen              |  | solo duración             |  | Hito externo     |  |                  |  |
| Resumen del proyecto |  | Informe de resumen manual |  | Fecha límite     |  |                  |  |
| Tarea inactiva       |  | Resumen manual            |  | Tareas críticas  |  |                  |  |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 1 de  
17

Rubro: 1.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza y desbroce

Código:

| <b>EQUIPOS</b>            |          |                               |              |                 |             |
|---------------------------|----------|-------------------------------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN               | CANTIDAD | TARIFA                        | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO) |          |                               |              |                 | 0.02        |
| Subtotal M                |          |                               |              |                 | 0.02        |
| <b>MANO DE OBRA</b>       |          |                               |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN               | CANTIDAD | JORNAL/HR                     | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                      | 3        | 3.83                          | 11.49        | 0.04            | 0.46        |
| Subtotal N                |          |                               |              |                 | 0.46        |
| <b>MATERIALES</b>         |          |                               |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN               | UNIDAD   | CANTIDAD                      | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                |          |                               |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>         |          |                               |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN               | UNIDAD   | CANTIDAD                      | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                |          |                               |              |                 | 0.00        |
|                           |          | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |              |                 | 0.48        |
|                           |          | INDIRECTOS 15 %               |              |                 | 0.07        |
|                           |          | UTILIDAD 0 %                  |              |                 | 0.00        |
|                           |          | COSTO TOTAL DEL RUBRO         |              |                 | 0.55        |
|                           |          | <b>VALOR OFERTADO</b>         |              |                 | <b>0.55</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 2  
de 17  
Unidad:  
m2  
Código:

Rubro: 1.02

Detalle: Replanteo y nivelación

| <b>EQUIPOS</b>  |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                               |          |           |              |                 | 0.01        |
| Equipo de Topografía                                    | 1        | 19.38     | 19.38        | 0.02            | 0.39        |
| Subtotal M  |          |           |              |                 | 0.40        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                     |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.02            | 0.08        |
| Cadenero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.02            | 0.08        |
| TOPOGRAFO 2: título exper mayor a 5 años (Estr. Oc. C1) | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.02            | 0.09        |
| Subtotal N  |          |           |              |                 | 0.24        |
| <b>MATERIALES</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Clavos 2 1/2"   | Kg       | 0.01      | 2.51         | 0.03            |             |
| ESTACAS, PIOLAS   | Glb      | 0.03      | 13.56        | 0.41            |             |
| Subtotal O  |          |           |              |                 | 0.43        |
| <b>TRANSPORTE</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                           |          |           |              |                 | 1.07        |
| INDIRECTOS 15 %   |          |           |              |                 | 0.16        |
| UTILIDAD 0 %  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                   |          |           |              |                 | 1.23        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                                   |          |           |              |                 | <b>1.23</b> |

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de  
17

Unidad:  
m2

Rubro: 2.01

Detalle: Bodega, caseta

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |              |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.65         |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.65         |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de albañil                         | 2        | 3.83      | 7.66         | 1               | 7.66         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1               | 3.87         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.5      | 4.29      | 2.15         | 1               | 2.15         |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 13.68        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tabla dura de encofrado de 0.20 m           | u        | 5.00      | 4.72         | 23.60           |              |
| Cuartón 4 x 2                               | u        | 2.00      | 1.50         | 3.00            |              |
| Estilpanel/paredes galvalume AR-5, e=0.40mm | m2       | 1.10      | 10.98        | 12.08           |              |
| Clavos                                      | Kg       | 0.40      | 0.82         | 0.33            |              |
| Tiras 2.5x2.5x250                           | u        | 2.00      | 0.38         | 0.76            |              |
| Viga de madera tratada 15x15 cm             | m        | 0.50      | 3.00         | 1.50            |              |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 41.27        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 55.59        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 8.34         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 63.93        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>63.93</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 4 de  
17  
Unidad:  
m3

Rubro: 3.01

Detalle: Excavación de suelo a máquina

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.09        |
| Retroexcavadora                             | 0.999    | 20        | 19.98        | 0.11            | 2.20        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 2.29        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.11            | 0.42        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Ayudante de maquinaria                      | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.11            | 0.43        |
| Operador de Retroexcavadora                 | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 1.79        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 4.08        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.61        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 4.69        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>4.69</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 5 de 17

Unidad: m3

Rubro: 4.01  
Detalle: Replanteo con hormigon f'c=140 kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |               |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 3.40          |
| Concretera 1 saco                           | 1        | 3.12      | 3.12         | 1.6             | 4.99          |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 8.39          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón  | 8        | 3.83      | 30.64        | 1.6             | 49.02         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1.6             | 6.19          |
| Operador de equipo liviano                  | 1        | 3.65      | 3.65         | 1.6             | 5.84          |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 1.6             | 6.86          |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 67.91         |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Arena gruesa                                | m3       | 0.65      | 15           | 9.75            |               |
| Grava                                       | m3       | 0.95      | 15           | 14.25           |               |
| Cemento                                     | kg       | 309       | 0.16         | 49.44           |               |
| Agua  | m3       | 0.24      | 0.66         | 0.16            |               |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 73.60         |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 149.90        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 22.49         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 172.39        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>172.39</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 6 de  
17

Rubro: 4.02

Unidad: m2

Detalle: Encofrado/Desencofrado

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |              |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 1.29         |
| Elevador                      | 1        | 5         | 5            | 0.667           | 3.33         |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 4.62         |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Peón                          | 4        | 3.83      | 15.32        | 0.667           | 10.22        |
| Carpintero                    | 2        | 3.87      | 7.74         | 0.667           | 5.16         |
| Albañil                       | 4        | 3.87      | 15.48        | 0.667           | 10.33        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 25.71        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Clavos                        | Kg       | 0.25      | 4.65         | 1.16            |              |
| Liston encofrado 4x4 3 usos   | u        | 0.5       | 1.5          | 0.75            |              |
| Tabla de encofrado            | u        | 1.2       | 2.6          | 3.12            |              |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 5.03         |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 35.35        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 5.30         |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 40.65        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>40.65</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 7 de  
17  
Unidad:  
kg

Rubro: 4.03  
Detalle: Acero de Refuerzo fy:4200  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.01        |
| Cizalla                                     | 1        | 1         | 1            | 0.017           | 0.02        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.03        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.017           | 0.13        |
| Fierrero                                    | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.017           | 0.07        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1      | 4.29      | 0.429        | 0.017           | 0.01        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 0.20        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Alambre de amarre                           | kg       | 0.05      | 1.6          | 0.08            |             |
| Acero de refuerzo Fy= 4200Kg/cm2            | kg       | 1.03      | 0.97         | 1.00            |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 1.08        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 1.31        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.20        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 1.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>1.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 8 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.04  
Detalle: Hormigón para losa de fondo f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concretera 1 saco                                  | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 9 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.05  
Detalle: Hormigón para zapata corrida f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.32          |
| Concreteira 1 saco                                 | 0.57     | 5         | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Vibrador de manguera                               | 1.14     | 2.5       | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 1.03          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 7        | 3.83      | 26.81        | 0.125           | 3.35          |
| Albañil  | 3        | 3.87      | 11.61        | 0.125           | 1.45          |
| Maestro de obra                                    | 3        | 4.09      | 12.27        | 0.125           | 1.53          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 6.34          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.71      | 18.00        | 12.78           |               |
| Agua   | m3       | 0.26      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.06         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 99.43         |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 14.91         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 114.34        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>114.34</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 10 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.06  
Detalle: Hormigón para muros f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concreteira 1 saco                                 | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 11 de  
17

Rubro: 5.01  
Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm y 5.4 mm de  
espesor

Unidad: m

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |              |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 90 mm de diámetro exterior y 5,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm | ml       | 1         | 12.21        | 12.21           |              |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 12.21        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 16.44        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 2.47         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 18.91        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>18.91</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 12  
de 17  
Unidad:  
m

Rubro: 5.02

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm y 5.4 mm de espesor

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |              |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1         | 22.48        | 22.48           |              |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 22.48        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 26.71        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 4.01         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 30.72        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>30.72</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 13  
de 17  
Unidad:  
ml

Rubro: 5.03

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm y 5.4 mm de espesor

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |              |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1         | 57.51        | 57.51           |              |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 57.51        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 61.74        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 9.26         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 71.00        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>71.00</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 14  
de 17  
Unidad:  
ml  
Código:

Rubro: 5.04

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm y 5.4 mm de espesor

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08          |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28          |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92          |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97          |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96          |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1         | 142.2        | 142.2           |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 142.2         |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 146.43        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 21.96         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 168.40        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>168.40</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 15 de  
17

Unidad:  
Global

Rubro: 6.01  
Detalle: Componentes/ transporte/  
instalación

Código:

| <b>EQUIPOS</b>  |          |           |              |                               |                          |
|---|----------|-----------|--------------|-------------------------------|--------------------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U               | COSTO                    |
| Componentes tecnológicos en Alemania                                |          |           |              |                               | \$ 402<br>500.00         |
| Subtotal M  |          |           |              |                               | \$ 402<br>500.00         |
| <b>MANO DE OBRA</b>   |          |           |              |                               |                          |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U               | COSTO                    |
| Técnico encargado de la instalación de los equipos y capacitaciones |          |           |              |                               | \$ 17<br>535.00          |
| Subtotal N  |          |           |              |                               | \$ 17<br>535.00          |
| <b>MATERIALES</b>   |          |           |              |                               |                          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO                         |                          |
| Conexiones del sistema y cableado                                   |          |           |              | \$ 5<br>720.00                |                          |
| Subtotal O  |          |           |              |                               | 5720.00                  |
| <b>TRANSPORTE</b>   |          |           |              |                               |                          |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO                         |                          |
| Transporte de los equipos de Alemania al destino                    |          |           |              | \$ 18<br>000.00               |                          |
| Subtotal P  |          |           |              |                               | \$ 18<br>000.00          |
|   |          |           |              | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | \$ 838<br>125.50         |
|   |          |           |              | INDIRECTOS 15 %               | \$ 125<br>718.83         |
|   |          |           |              | UTILIDAD 0 %                  | 0.00                     |
|   |          |           |              | COSTO TOTAL DEL RUBRO         | \$ 963<br>844.33         |
|   |          |           |              | <b>VALOR OFERTADO</b>         | <b>\$ 963<br/>844.33</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 16 de 17

Rubro: 7.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza al final de la obra

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |             |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.11        |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.11        |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                          | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.55            | 2.11        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 2.11        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 2.22        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 0.33        |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 2.55        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>2.55</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 17 de  
17

Unidad:  
mes

Rubro: 8.01

Detalle: Alquiler de batería sanitaria

Código:

| <b>EQUIPOS</b>            |          |                               |              |                 |               |
|---------------------------|----------|-------------------------------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN               | CANTIDAD | TARIFA                        | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO) |          |                               |              |                 | 0.00          |
| Subtotal M                |          |                               |              |                 | 0.00          |
| <b>MANO DE OBRA</b>       |          |                               |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN               | CANTIDAD | JORNAL/HR                     | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
|                           |          |                               |              |                 |               |
| Subtotal N                |          |                               |              |                 | 0.00          |
| <b>MATERIALES</b>         |          |                               |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN               | UNIDAD   | CANTIDAD                      | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Batería Sanitaria         | u        | 1.00                          | 301.39       | 301.39          |               |
|                           |          |                               |              |                 |               |
| Subtotal O                |          |                               |              |                 | 301.39        |
| <b>TRANSPORTE</b>         |          |                               |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN               | UNIDAD   | CANTIDAD                      | TARIFA       | COSTO           |               |
|                           |          |                               |              |                 |               |
| Subtotal P                |          |                               |              |                 | 0.00          |
|                           |          | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |              |                 | 301.39        |
|                           |          | INDIRECTOS 15 %               |              |                 | 45.21         |
|                           |          | UTILIDAD 0 %                  |              |                 | 0.00          |
|                           |          | COSTO TOTAL DEL RUBRO         |              |                 | 346.60        |
|                           |          | <b>VALOR OFERTADO</b>         |              |                 | <b>346.60</b> |

# **APENDICE B**

| Id | Nombre de tarea   | Duración | Comienzo          | Fin                | mayo 2022 |    | junio 2022 |   |    |    |    | julio 2022 |   |   |    |    | agosto 2022 |    |   |   |    | septiembre 2022 |    |    |    |   | octubre 2022 |    |    |    |    |   |   |    |
|----|---|----------|-------------------|--------------------|-----------|----|------------|---|----|----|----|------------|---|---|----|----|-------------|----|---|---|----|-----------------|----|----|----|---|--------------|----|----|----|----|---|---|----|
|    |   |          |                   |                    | 22        | 27 | 2          | 7 | 12 | 17 | 22 | 27         | 1 | 6 | 11 | 16 | 21          | 26 | 1 | 6 | 11 | 16              | 21 | 26 | 31 | 5 | 10           | 15 | 20 | 25 | 30 | 4 | 9 | 14 |
| 1  | 1 Proyecto Planta Depuradora de Aguas Residuales Zona 2                   | 115 días | 2 mayo 2022       | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 2  | 1.1 Trabajos Preliminares   | 12 días  | 2 mayo 2022       | 17 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 3  | 1.1.1 Limpieza y desbroce   | 12 días  | 2 mayo 2022       | 17 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 4  | 1.1.2 Replanteo y nivelación  | 7 días   | 9 mayo 2022       | 17 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 5  | 1.2 Obras Temporales  | 2 días   | 18 mayo 2022      | 19 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 6  | 1.2.1 Bodega y caseta   | 2 días   | 18 mayo 2022      | 19 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 7  | 1.3 Movimiento de Tierras   | 14 días  | 12 mayo 2022      | 31 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 8  | 1.3.1 Excavación a máquina  | 14 días  | 12 mayo 2022      | 31 mayo 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 9  | 1.4 Estructuras y encofrado   | 66 días  | 1 junio 2022      | 31 agosto 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 10 | 1.4.1 Replanteo con hormigón f'c=140 [Kg/cm2]                             | 3 días   | 1 junio 2022      | 3 junio 2022       |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 11 | 1.4.2 Encofrado y desencofrado  | 13 días  | 6 junio 2022      | 22 junio 2022      |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 12 | 1.4.3 Acero de refuerzo fy=4200 [kg/cm2] , 14-32 [mm]                     | 60 días  | 6 junio 2022      | 26 agosto 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 13 | 1.4.4 Hormigón en losa maciza f'c=280 [Kg/cm2]                            | 12 días  | 30 junio 2022     | 15 julio 2022      |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 14 | 1.4.5 Hormigón en zapata corrida f'c=280 [Kg/cm2]                         | 12 días  | 30 junio 2022     | 15 julio 2022      |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 15 | 1.4.6 Hormigón en paredes f'c=280 [Kg/cm2]                                | 26 días  | 27 julio 2022     | 31 agosto 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 16 | 1.5 Instalación de Tuberías   | 2 días   | 1 septiembre 2022 | 2 septiembre 2022  |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 17 | 1.5.1 Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm                          | 1 día    | 1 septiembre 2022 | 1 septiembre 2022  |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 18 | 1.5.2 Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm                         | 2 días   | 1 septiembre 2022 | 2 septiembre 2022  |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 19 | 1.5.3 Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm                         | 1 día    | 1 septiembre 2022 | 1 septiembre 2022  |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 20 | 1.5.4 Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm                         | 2 días   | 1 septiembre 2022 | 2 septiembre 2022  |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 21 | 1.6 Componentes Técnicos de Tecnología Alemana                            | 20 días  | 5 septiembre 2022 | 30 septiembre 2022 |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 22 | 1.6.1 Componentes (transporte / instalación / capacitación)               | 20 días  | 5 septiembre 2022 | 30 septiembre 2022 |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 23 | 1.7 Limpieza y desalojo   | 5 días   | 3 octubre 2022    | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 24 | 1.7.1 Limpieza al final de la obra  | 5 días   | 3 octubre 2022    | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 25 | 1.8 Obras complementarias   | 115 días | 2 mayo 2022       | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 26 | 1.8.1 Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación y mantenimiento) | 115 días | 2 mayo 2022       | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |
| 27 | 1.8.2 Medidas de mitigación de impacto ambiental                          | 115 días | 2 mayo 2022       | 7 octubre 2022     |           |    |            |   |    |    |    |            |   |   |    |    |             |    |   |   |    |                 |    |    |    |   |              |    |    |    |    |   |   |    |

Proyecto: Diseño de una alternativa ecológica para el manejo de las aguas servidas en la ciudad de Caluma, Prov. Bolívar.  
Fecha: 26/01/2022

|                      |  |                           |  |                  |  |                  |  |
|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|------------------|--|
| Tarea                |  | Hito inactivo             |  | solo el comienzo |  | División crítica |  |
| División             |  | Resumen inactivo          |  | solo fin         |  | Progreso         |  |
| Hito                 |  | Tarea manual              |  | Tareas externas  |  | Progreso manual  |  |
| Resumen              |  | solo duración             |  | Hito externo     |  |                  |  |
| Resumen del proyecto |  | Informe de resumen manual |  | Fecha limite     |  |                  |  |
| Tarea inactiva       |  | Resumen manual            |  | Tareas críticas  |  |                  |  |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 1 de  
17

Rubro: 1.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza y desbroce

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |             |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.02        |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.02        |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                          | 3        | 3.83      | 11.49        | 0.04            | 0.46        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 0.46        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
|                               |          |           |              |                 |             |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
|                               |          |           |              |                 |             |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 0.48        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 0.07        |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 0.55        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>0.55</b> |

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2  
de 17  
Unidad:  
m2

Rubro: 1.02

Detalle: Replanteo y nivelación

Código:

| <b>EQUIPOS</b>  |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                               |          |           |              |                 | 0.01        |
| Equipo de Topografía                                    | 1        | 19.38     | 19.38        | 0.02            | 0.39        |
| Subtotal M  |          |           |              |                 | 0.40        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                     |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.02            | 0.08        |
| Cadenero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.02            | 0.08        |
| TOPOGRAFO 2: título exper mayor a 5 años (Estr. Oc. C1) | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.02            | 0.09        |
| Subtotal N  |          |           |              |                 | 0.24        |
| <b>MATERIALES</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Clavos 2 1/2"   | Kg       | 0.01      | 2.51         | 0.03            |             |
| ESTACAS, PIOLAS   | Glb      | 0.03      | 13.56        | 0.41            |             |
| Subtotal O  |          |           |              |                 | 0.43        |
| <b>TRANSPORTE</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                           |          |           |              |                 | 1.07        |
| INDIRECTOS 15 %   |          |           |              |                 | 0.16        |
| UTILIDAD 0 %  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                   |          |           |              |                 | 1.23        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                                   |          |           |              |                 | <b>1.23</b> |

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de  
17

Unidad:  
m2

Rubro: 2.01

Detalle: Bodega, caseta

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |              |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.65         |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.65         |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de albañil                         | 2        | 3.83      | 7.66         | 1               | 7.66         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1               | 3.87         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.5      | 4.29      | 2.15         | 1               | 2.15         |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 13.68        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tabla dura de encofrado de 0.20 m           | u        | 5.00      | 4.72         | 23.60           |              |
| Cuartón 4 x 2                               | u        | 2.00      | 1.50         | 3.00            |              |
| Estilpanel/paredes galvalume AR-5, e=0.40mm | m2       | 1.10      | 10.98        | 12.08           |              |
| Clavos                                      | Kg       | 0.40      | 0.82         | 0.33            |              |
| Tiras 2.5x2.5x250                           | u        | 2.00      | 0.38         | 0.76            |              |
| Viga de madera tratada 15x15 cm             | m        | 0.50      | 3.00         | 1.50            |              |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 41.27        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 55.59        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 8.34         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 63.93        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>63.93</b> |

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de  
17  
Unidad:  
m3

Rubro: 3.01

Detalle: Excavación de suelo a máquina

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.09        |
| Retroexcavadora                             | 0.999    | 20        | 19.98        | 0.11            | 2.20        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 2.29        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.11            | 0.42        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Ayudante de maquinaria                      | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.11            | 0.43        |
| Operador de Retroexcavadora                 | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 1.79        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 4.08        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.61        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 4.69        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>4.69</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 5 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.01  
Detalle: Replanteo con hormigon f'c=140  
kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |               |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 3.40          |
| Concretera 1 saco                           | 1        | 3.12      | 3.12         | 1.6             | 4.99          |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 8.39          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón  | 8        | 3.83      | 30.64        | 1.6             | 49.02         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1.6             | 6.19          |
| Operador de equipo liviano                  | 1        | 3.65      | 3.65         | 1.6             | 5.84          |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 1.6             | 6.86          |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 67.91         |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Arena gruesa                                | m3       | 0.65      | 15           | 9.75            |               |
| Grava                                       | m3       | 0.95      | 15           | 14.25           |               |
| Cemento                                     | kg       | 309       | 0.16         | 49.44           |               |
| Agua  | m3       | 0.24      | 0.66         | 0.16            |               |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 73.60         |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 149.90        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 22.49         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 172.39        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>172.39</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 6 de  
17

Rubro: 4.02

Unidad: m2

Detalle: Encofrado/Desencofrado

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |              |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 1.29         |
| Elevador                      | 1        | 5         | 5            | 0.667           | 3.33         |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 4.62         |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Peón                          | 4        | 3.83      | 15.32        | 0.667           | 10.22        |
| Carpintero                    | 2        | 3.87      | 7.74         | 0.667           | 5.16         |
| Albañil                       | 4        | 3.87      | 15.48        | 0.667           | 10.33        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 25.71        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Clavos                        | Kg       | 0.25      | 4.65         | 1.16            |              |
| Liston encofrado 4x4 3 usos   | u        | 0.5       | 1.5          | 0.75            |              |
| Tabla de encofrado            | u        | 1.2       | 2.6          | 3.12            |              |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 5.03         |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 35.35        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 5.30         |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 40.65        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>40.65</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 7 de  
17

Unidad:  
kg

Rubro: 4.03  
Detalle: Acero de Refuerzo fy:4200  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.01        |
| Cizalla                                     | 1        | 1         | 1            | 0.017           | 0.02        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.03        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.017           | 0.13        |
| Fierrero                                    | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.017           | 0.07        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1      | 4.29      | 0.429        | 0.017           | 0.01        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 0.20        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Alambre de amarre                           | kg       | 0.05      | 1.6          | 0.08            |             |
| Acero de refuerzo Fy= 4200Kg/cm2            | kg       | 1.03      | 0.97         | 1.00            |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 1.08        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 1.31        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.20        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 1.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>1.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 8 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.04  
Detalle: Hormigón para losa de fondo f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concretera 1 saco                                  | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 9 de  
17

Unidad:  
m3

Rubro: 4.05  
Detalle: Hormigón para zapata corrida f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.32          |
| Concreteira 1 saco                                 | 0.57     | 5         | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Vibrador de manguera                               | 1.14     | 2.5       | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 1.03          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 7        | 3.83      | 26.81        | 0.125           | 3.35          |
| Albañil  | 3        | 3.87      | 11.61        | 0.125           | 1.45          |
| Maestro de obra                                    | 3        | 4.09      | 12.27        | 0.125           | 1.53          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 6.34          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.71      | 18.00        | 12.78           |               |
| Agua   | m3       | 0.26      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.06         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 99.43         |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 14.91         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 114.34        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>114.34</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 10 de 17

Unidad: m3

Rubro: 4.06  
Detalle: Hormigón para muros f'c=280 Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concreteira 1 saco                                 | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 11 de  
17

Rubro: 5.01  
Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 90 mm y 5.4 mm de  
espesor

Unidad: m

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |              |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 90 mm de diámetro exterior y 5,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm | ml       | 1         | 12.21        | 12.21           |              |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 12.21        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 16.44        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 2.47         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 18.91        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>18.91</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 12  
de 17  
Unidad:  
m

Rubro: 5.02

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 125 mm y 5.4 mm de espesor

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |                               |              |                 |              |
|--|----------|-------------------------------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA                        | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |                               |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |                               |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |                               |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |                               |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR                     | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83                          | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87                          | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29                          | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |                               |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |                               |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD                      | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1                             | 22.48        | 22.48           |              |
| Subtotal O   |          |                               |              |                 | 22.48        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |                               |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD                      | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |                               |              |                 | 0.00         |
|  |          | TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |              |                 | 26.71        |
|  |          | INDIRECTOS 15 %               |              |                 | 4.01         |
|  |          | UTILIDAD 0 %                  |              |                 | 0.00         |
|  |          | COSTO TOTAL DEL RUBRO         |              |                 | 30.72        |
|  |          | <b>VALOR OFERTADO</b>         |              |                 | <b>30.72</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 13  
de 17  
Unidad:  
ml

Rubro: 5.03

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 200 mm y 5.4 mm de espesor

Código:

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |              |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08         |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20         |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28         |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92         |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07         |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96         |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1         | 57.51        | 57.51           |              |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 57.51        |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 61.74        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 9.26         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 71.00        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>71.00</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 14  
de 17  
Unidad:  
ml  
Código:

Rubro: 5.04

Detalle: Tubería de polietileno PEHD diámetro 300 mm y 5.4 mm de espesor

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Seguridad Industrial (2% MO)   |          |           |              |                 | 0.08          |
| Herramienta menor (5% MO)  |          |           |              |                 | 0.20          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 0.28          |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Ayudante de plomero  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.25            | 1.92          |
| Plomero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.25            | 0.97          |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles  | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.25            | 1.07          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 3.96          |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Tubo de polietileno PE 100, de color negro con bandas de color azul, de 125 mm de diámetro exterior y 7,4 mm de espesor, SDR17, PN=10 atm. | ml       | 1         | 142.2        | 142.2           |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 142.2         |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)  |          |           |              |                 | 146.43        |
| INDIRECTOS 15 %  |          |           |              |                 | 21.96         |
| UTILIDAD 0 %   |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO  |          |           |              |                 | 168.40        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>  |          |           |              |                 | <b>168.40</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 15 de 17

Unidad:  
Global

Rubro: 6.01  
Detalle: Componentes/ transporte/ instalación/  
instalación

Código:

| <b>EQUIPOS</b>  |                 |                  |                     |                        |                            |
|---|-----------------|------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO H/U</b> | <b>COSTO</b>               |
| Componentes tecnológicos en Alemania                                |                 |                  |                     |                        | \$ 1 074<br>654.00         |
| Subtotal M  |                 |                  |                     |                        | \$ 1 074<br>654.00         |
| <b>MANO DE OBRA</b>   |                 |                  |                     |                        |                            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>CANTIDAD</b> | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO H/U</b> | <b>COSTO</b>               |
| Técnico encargado de la instalación de los equipos y capacitaciones |                 |                  |                     |                        | \$ 35<br>535.00            |
| Subtotal N  |                 |                  |                     |                        | \$ 35<br>535.00            |
| <b>MATERIALES</b>   |                 |                  |                     |                        |                            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>           |                            |
| Conexiones del sistema y cableado                                   |                 |                  |                     | \$ 11<br>440.00        |                            |
| Subtotal O  |                 |                  |                     |                        | 11440.00                   |
| <b>TRANSPORTE</b>   |                 |                  |                     |                        |                            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>           |                            |
| Transporte de los equipos de Alemania al destino                    |                 |                  |                     | \$ 74<br>000.00        |                            |
| Subtotal P  |                 |                  |                     |                        | \$ 74<br>000.00            |
|   |                 |                  |                     |                        | \$ 1 195<br>629.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                       |                 |                  |                     |                        | \$ 179<br>344.35           |
| INDIRECTOS 15 %   |                 |                  |                     |                        | 0.00                       |
| UTILIDAD 0 %  |                 |                  |                     |                        | \$ 1 374<br>973.35         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO   |                 |                  |                     |                        | \$ 1 374<br>973.35         |
| <b>VALOR OFERTADO</b>   |                 |                  |                     |                        | <b>\$ 1 374<br/>973.35</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 16 de 17

Rubro: 7.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza al final de la obra

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |             |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.11        |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.11        |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                          | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.55            | 2.11        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 2.11        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 2.22        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 0.33        |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 2.55        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>2.55</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

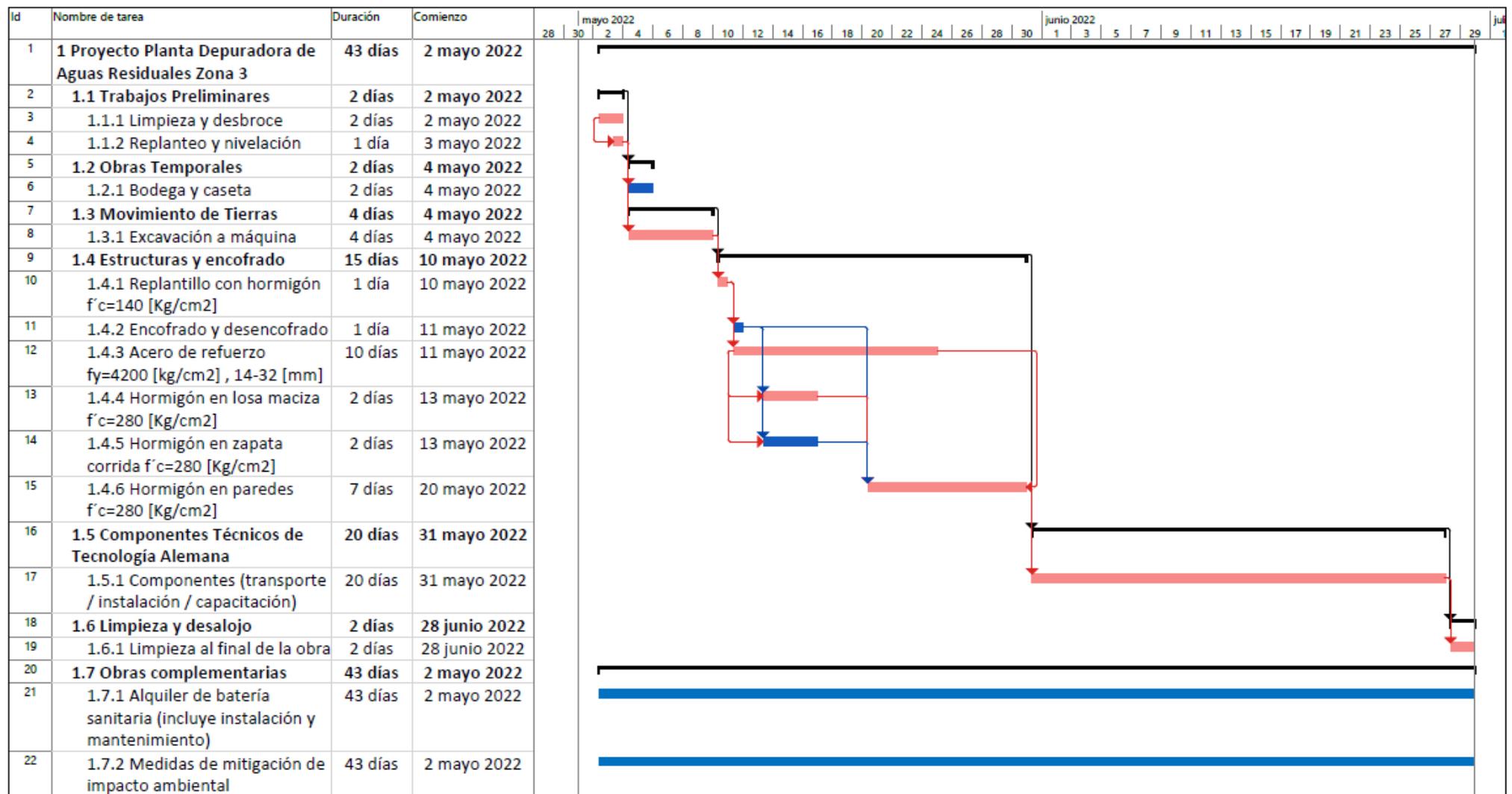
Hoja 17 de  
17  
Unidad:  
mes  
Código:

Rubro: 8.01

Detalle: Alquiler de batería sanitaria

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |               |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.00          |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Batería Sanitaria             | u        | 1.00      | 301.39       | 301.39          |               |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 301.39        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 301.39        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 45.21         |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 346.60        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>346.60</b> |

# **APENDICE C**



*Proyecto: Diseño de una alternativa ecológica para el manejo de las aguas servidas en la ciudad de Caluma, Prov. Bolívar. Fecha: 26/01/2022*

|                      |  |                           |  |                  |  |                  |  |
|----------------------|--|---------------------------|--|------------------|--|------------------|--|
| Tarea                |  | Hito inactivo             |  | solo el comienzo |  | División crítica |  |
| División             |  | Resumen inactivo          |  | solo fin         |  | Progreso         |  |
| Hito                 |  | Tarea manual              |  | Tareas externas  |  | Progreso manual  |  |
| Resumen              |  | solo duración             |  | Hito externo     |  |                  |  |
| Resumen del proyecto |  | Informe de resumen manual |  | Fecha limite     |  |                  |  |
| Tarea inactiva       |  | Resumen manual            |  | Tareas críticas  |  |                  |  |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 1 de  
13

Rubro: 1.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza y desbroce

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |             |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.02        |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.02        |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                          | 3        | 3.83      | 11.49        | 0.04            | 0.46        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 0.46        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
|                               |          |           |              |                 |             |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
|                               |          |           |              |                 |             |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 0.48        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 0.07        |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 0.55        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>0.55</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 2  
de 13  
Unidad:  
m2  
Código:

Rubro: 1.02

Detalle: Replanteo y nivelación

| <b>EQUIPOS</b>  |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                               |          |           |              |                 | 0.01        |
| Equipo de Topografía                                    | 1        | 19.38     | 19.38        | 0.02            | 0.39        |
| Subtotal M  |          |           |              |                 | 0.40        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                     |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.02            | 0.08        |
| Cadenero  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.02            | 0.08        |
| TOPOGRAFO 2: título exper mayor a 5 años (Estr. Oc. C1) | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.02            | 0.09        |
| Subtotal N  |          |           |              |                 | 0.24        |
| <b>MATERIALES</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Clavos 2 1/2"   | Kg       | 0.01      | 2.51         | 0.03            |             |
| ESTACAS, PIOLAS   | Glb      | 0.03      | 13.56        | 0.41            |             |
| Subtotal O  |          |           |              |                 | 0.43        |
| <b>TRANSPORTE</b>                                       |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                           |          |           |              |                 | 1.07        |
| INDIRECTOS 15 %   |          |           |              |                 | 0.16        |
| UTILIDAD 0 %  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                                   |          |           |              |                 | 1.23        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                                   |          |           |              |                 | <b>1.23</b> |

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de  
13

Unidad:  
m2

Rubro: 2.01

Detalle: Bodega, caseta

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |              |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.65         |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.65         |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Ayudante de albañil                         | 2        | 3.83      | 7.66         | 1               | 7.66         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1               | 3.87         |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.5      | 4.29      | 2.15         | 1               | 2.15         |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 13.68        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Tabla dura de encofrado de 0.20 m           | u        | 5.00      | 4.72         | 23.60           |              |
| Cuartón 4 x 2                               | u        | 2.00      | 1.50         | 3.00            |              |
| Estilpanel/paredes galvalume AR-5, e=0.40mm | m2       | 1.10      | 10.98        | 12.08           |              |
| Clavos                                      | Kg       | 0.40      | 0.82         | 0.33            |              |
| Tiras 2.5x2.5x250                           | u        | 2.00      | 0.38         | 0.76            |              |
| Viga de madera tratada 15x15 cm             | m        | 0.50      | 3.00         | 1.50            |              |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 41.27        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 55.59        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 8.34         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 63.93        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>63.93</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 4 de  
13  
Unidad:  
m3

Rubro: 3.01

Detalle: Excavación de suelo a máquina

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.09        |
| Retroexcavadora                             | 0.999    | 20        | 19.98        | 0.11            | 2.20        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 2.29        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.11            | 0.42        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Ayudante de maquinaria                      | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.11            | 0.43        |
| Operador de Retroexcavadora                 | 1        | 4.29      | 4.29         | 0.11            | 0.47        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 1.79        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
|   |          |           |              |                 |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
|   |          |           |              |                 |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 4.08        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.61        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 4.69        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>4.69</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 5 de  
13

Unidad:  
m3

Rubro: 4.01  
Detalle: Replanteo con hormigon f'c=140  
kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |               |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 3.40          |
| Concretera 1 saco                           | 1        | 3.12      | 3.12         | 1.6             | 4.99          |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 8.39          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón  | 8        | 3.83      | 30.64        | 1.6             | 49.02         |
| Albañil                                     | 1        | 3.87      | 3.87         | 1.6             | 6.19          |
| Operador de equipo liviano                  | 1        | 3.65      | 3.65         | 1.6             | 5.84          |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 1        | 4.29      | 4.29         | 1.6             | 6.86          |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 67.91         |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Arena gruesa                                | m3       | 0.65      | 15           | 9.75            |               |
| Grava                                       | m3       | 0.95      | 15           | 14.25           |               |
| Cemento                                     | kg       | 309       | 0.16         | 49.44           |               |
| Agua  | m3       | 0.24      | 0.66         | 0.16            |               |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 73.60         |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 149.90        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 22.49         |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 172.39        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>172.39</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 6 de  
13

Rubro: 4.02

Unidad: m2

Detalle: Encofrado/Desencofrado

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |              |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 1.29         |
| Elevador                      | 1        | 5         | 5            | 0.667           | 3.33         |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 4.62         |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO        |
| Peón                          | 4        | 3.83      | 15.32        | 0.667           | 10.22        |
| Carpintero                    | 2        | 3.87      | 7.74         | 0.667           | 5.16         |
| Albañil                       | 4        | 3.87      | 15.48        | 0.667           | 10.33        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 25.71        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |              |
| Clavos                        | Kg       | 0.25      | 4.65         | 1.16            |              |
| Liston encofrado 4x4 3 usos   | u        | 0.5       | 1.5          | 0.75            |              |
| Tabla de encofrado            | u        | 1.2       | 2.6          | 3.12            |              |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 5.03         |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |              |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |              |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 35.35        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 5.30         |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00         |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 40.65        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>40.65</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 7 de  
13  
Unidad:  
kg

Rubro: 4.03  
Detalle: Acero de Refuerzo fy:4200  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                              |          |           |              |                 |             |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)                   |          |           |              |                 | 0.01        |
| Cizalla                                     | 1        | 1         | 1            | 0.017           | 0.02        |
| Subtotal M                                  |          |           |              |                 | 0.03        |
| <b>MANO DE OBRA</b>                         |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón  | 2        | 3.83      | 7.66         | 0.017           | 0.13        |
| Fierrero                                    | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.017           | 0.07        |
| Maestro mayor en ejecución de obras civiles | 0.1      | 4.29      | 0.429        | 0.017           | 0.01        |
| Subtotal N                                  |          |           |              |                 | 0.20        |
| <b>MATERIALES</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Alambre de amarre                           | kg       | 0.05      | 1.6          | 0.08            |             |
| Acero de refuerzo Fy= 4200Kg/cm2            | kg       | 1.03      | 0.97         | 1.00            |             |
| Subtotal O                                  |          |           |              |                 | 1.08        |
| <b>TRANSPORTE</b>                           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                                 | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)               |          |           |              |                 | 1.31        |
| INDIRECTOS 15 %                             |          |           |              |                 | 0.20        |
| UTILIDAD 0 %                                |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                       |          |           |              |                 | 1.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                       |          |           |              |                 | <b>1.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 8 de  
13  
Unidad:  
m3

Rubro: 4.04  
Detalle: Hormigón para losa de fondo f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concretera 1 saco                                  | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 9 de  
13

Unidad:  
m3

Rubro: 4.05  
Detalle: Hormigón para zapata corrida f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.32          |
| Concretera 1 saco                                  | 0.57     | 5         | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Vibrador de manguera                               | 1.14     | 2.5       | 2.85         | 0.125           | 0.36          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 1.03          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 7        | 3.83      | 26.81        | 0.125           | 3.35          |
| Albañil  | 3        | 3.87      | 11.61        | 0.125           | 1.45          |
| Maestro de obra                                    | 3        | 4.09      | 12.27        | 0.125           | 1.53          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 6.34          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.71      | 18.00        | 12.78           |               |
| Agua   | m3       | 0.26      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.06         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 99.43         |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 14.91         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 114.34        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>114.34</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 10 de  
13  
Unidad:  
m3

Rubro: 4.06  
Detalle: Hormigón para muros f'c=280  
Kg/cm2

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                                     |          |           |              |                 |               |
|--|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)                          |          |           |              |                 | 0.27          |
| Concreteira 1 saco                                 | 2.62     | 5         | 13.10        | 0.125           | 1.64          |
| Vibrador de manguera                               | 2.62     | 2.5       | 6.55         | 0.125           | 0.82          |
| Subtotal M   |          |           |              |                 | 2.72          |
| <b>MANO DE OBRA</b>                                |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Peón   | 9        | 3.83      | 34.47        | 0.125           | 4.31          |
| Albañil  | 1        | 3.87      | 3.87         | 0.125           | 0.48          |
| Maestro de obra                                    | 1        | 4.09      | 4.09         | 0.125           | 0.51          |
| Subtotal N   |          |           |              |                 | 5.30          |
| <b>MATERIALES</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Cemento Fuerte Tipo GU Saco 50 Kg - Holcim DISENSA | saco     | 9.00      | 8.10         | 72.90           |               |
| Arena  | m3       | 0.58      | 11.00        | 6.38            |               |
| Ripio  | m3       | 0.73      | 18.00        | 13.14           |               |
| Agua   | m3       | 0.25      | 0.66         | 0.17            |               |
| Aditivo Plastiment BV-40 10Kg - Sika DISENSA       | u        | 0.02      | 22.60        | 0.45            |               |
| Subtotal O   |          |           |              |                 | 92.42         |
| <b>TRANSPORTE</b>                                  |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
| Subtotal P   |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                      |          |           |              |                 | 100.45        |
| INDIRECTOS 15 %                                    |          |           |              |                 | 15.07         |
| UTILIDAD 0 %                                       |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO                              |          |           |              |                 | 115.51        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                              |          |           |              |                 | <b>115.51</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 11 de  
13

Unidad:  
Global

Rubro: 5.01  
Detalle: Componentes/ transporte/  
instalación

Código:

| <b>EQUIPOS</b>  |          |           |              |                 |                         |
|---|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO                   |
| Componentes tecnológicos en Alemania                                |          |           |              |                 | \$ 30<br>000.00         |
| Subtotal M  |          |           |              |                 | \$ 30<br>000.00         |
| <b>MANO DE OBRA</b>   |          |           |              |                 |                         |
| DESCRIPCIÓN   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO                   |
| Técnico encargado de la instalación de los equipos y capacitaciones |          |           |              |                 | \$ 17<br>535.00         |
| Subtotal N  |          |           |              |                 | \$ 17<br>535.00         |
| <b>MATERIALES</b>   |          |           |              |                 |                         |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |                         |
| Conexiones del sistema y cableado                                   |          |           |              | \$ 5<br>720.00  |                         |
| Subtotal O  |          |           |              |                 | 5720.00                 |
| <b>TRANSPORTE</b>   |          |           |              |                 |                         |
| DESCRIPCIÓN   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |                         |
| Transporte de los equipos de Alemania al destino                    |          |           |              | \$ 18<br>000.00 |                         |
| Subtotal P  |          |           |              |                 | \$ 18<br>000.00         |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)                                       |          |           |              |                 | \$ 71<br>255.00         |
| INDIRECTOS 15 %   |          |           |              |                 | \$ 10<br>688.25         |
| UTILIDAD 0 %  |          |           |              |                 | 0.00                    |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO   |          |           |              |                 | \$ 81<br>943.25         |
| <b>VALOR OFERTADO</b>   |          |           |              |                 | <b>\$ 81<br/>943.25</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 12 de  
13

Rubro: 6.01

Unidad: m2

Detalle: Limpieza al final de la obra

Código:

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |             |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.11        |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.11        |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO       |
| Peón                          | 1        | 3.83      | 3.83         | 0.55            | 2.11        |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 2.11        |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |             |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |             |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |             |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00        |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 2.22        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 0.33        |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00        |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 2.55        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>2.55</b> |

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

Hoja 13 de  
13  
Unidad:  
mes  
Código:

Rubro: 7.01

Detalle: Alquiler de batería sanitaria

| <b>EQUIPOS</b>                |          |           |              |                 |               |
|-------------------------------|----------|-----------|--------------|-----------------|---------------|
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
| Herramienta menor (5% MO)     |          |           |              |                 | 0.00          |
| Subtotal M                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| <b>MANO DE OBRA</b>           |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO H/U | COSTO         |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal N                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| <b>MATERIALES</b>             |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO           |               |
| Batería Sanitaria             | u        | 1.00      | 301.39       | 301.39          |               |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal O                    |          |           |              |                 | 301.39        |
| <b>TRANSPORTE</b>             |          |           |              |                 |               |
| DESCRIPCIÓN                   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO           |               |
|                               |          |           |              |                 |               |
| Subtotal P                    |          |           |              |                 | 0.00          |
| TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P) |          |           |              |                 | 301.39        |
| INDIRECTOS 15 %               |          |           |              |                 | 45.21         |
| UTILIDAD 0 %                  |          |           |              |                 | 0.00          |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO         |          |           |              |                 | 346.60        |
| <b>VALOR OFERTADO</b>         |          |           |              |                 | <b>346.60</b> |

# **APENDICE D**

| Planta depuradora para 500 personas   |  |   |          |
|---------------------------------------|--|---|----------|
| Componente                            | Características  | Imagen  | Cantidad |
| Aireador ATB "AQUA 8-D"               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dimensiones (Ancho x Alto x Profundidad.) 108x128x154 mm,</li> <li>---Peso 1,80 kg</li> <li>- Motor en conexión <math>\Delta</math>, P1/P2=2.0/1.5kW, IN=6.6A, n=1385min-1, 230V 3~, 50Hz, IP68</li> </ul>                         |    | 4        |
| Conjunto de bomba de aguas residuales | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo motobomba</li> <li>- Volumen de suministro aprox. 13 m³/h a 4 m de altura de suministro.</li> <li>-altura de la Bomba 349mm</li> <li>-peso 7 kg</li> <li>- P1/P2=0,7/0,5 kW, IN=3,1A, tensión 230V, 60Hz, IP68,</li> </ul>   |   | 4        |
| Conjunto de bombas agua clara         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo motobomba</li> <li>- Volumen de suministro aprox. 13 m³/h a 4 m de altura de suministro</li> <li>- altura de la Bomba 349mm</li> <li>- peso 7 kg.</li> <li>- P1/P2=0.7/0.5 kW, IN=3.1A, tensión 230V, 60Hz, IP68</li> </ul> |  | 2        |
| Manguera espiral PVC                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diámetro 40 mm</li> <li>- Rango de temperatura -10 °C a +60 °C</li> <li>- longitud del rollo 50 m</li> <li>-espesor de pared 3.0 mm</li> <li>-Peso 25,3 kg/rollo</li> <li>-Diámetro exterior 46 mm</li> </ul>                      |   | 50       |

|   |   |   |          |
|---|---|---|----------|
| <p>AQUAMAX® PRO-CONTROL XL2A</p>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 disyuntor de corriente residual central por Línea de tratamiento instalada en placa de montaje.</li> <li>- Un máximo de 8 entradas para detección de nivel</li> <li>-18 salidas de conmutación</li> <li>- tensión de alimentación 400V 50/60Hz</li> <li>-clase de protección IP54</li> </ul>                             |     | <p>1</p> |
| <p>Juego de accesorios AQUAMAX® PRO XL2</p>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>-6 interruptores de flotador con cable de 10 m</li> <li>-10 pesos de flotador</li> <li>-3 abrazaderas de cable</li> <li>-10 abrazaderas de tubo del PP</li> <li>- tapones de sellado de tubo vacío DN125</li> <li>-material de fijación como Bridas, tornillos, arandelas y tacos de acero inoxidable y plástico.</li> </ul> |    | <p>1</p> |
| <p>Botella de muestreo AQUAMAX® PRO-XL</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Frasco de muestreo completo con tapa roja</li> <li>Bomba de agua clara 2 x 40 mm y botella de muestreo 2 x 25 mm.</li> <li>-válvula de compensación de presión</li> <li>- Manguera espiral 25mm y material de fijación</li> </ul>   |  | <p>1</p> |
| <p>Juego de luces estroboscópicas AQUAMAX® PRO-XL</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luz de alarma roja 230V para montar en el armario de control para óptica</li> <li>-mensaje de alarma Incluyendo material de fijación, así como montaje y cableado</li> </ul>   |  | <p>1</p> |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
| Calentamiento de armario de control AQUAMAX® PRO-XL | <p>-Calefacción del armario de control 230V/50Hz, 400 W con ventilador, termostato y material de sujeción.</p> <p>-Incluyendo montaje y cableado en el armario de control.</p>  |  | 1 |
| Columna exterior 106x80 AQUAMAX® PRO XL2            | <p>- Con base para instalación subterránea</p> <p>-Poliéster reforzado con fibra de vidrio con superficie acanalada.</p> <p>-Incluye cilindro de cerradura con dos llaves.</p> <p>-Dimensiones exteriores con base:<br/>1058 x 1700 x 245 mm ancho x alto x profundidad</p> |  | 1 |

| <b>Planta depuradora para 3000 personas</b> |   |  |                 |
|---|---|--|-----------------|
| <b>Componente</b>                           | <b>Características</b>  | <b>Imagen</b>  | <b>Cantidad</b> |
| Aireador ATB "ER-AS"                        | <p>- Capacidad de entrada de oxígeno: min. 1,5 kg O<sub>2</sub> / kWh</p> <p>-45 kg O<sub>2</sub>/h</p> <p>-Potencia: 30 KW. O</p> <p>- Mezclador tipo MIX-SL De 4 KW</p> |  | 1               |

|   |   |  |           |
|---|---|--|-----------|
| <p>Motobomba sumergible<br/>DE 100 57 378</p> | <p>-1,95 KW<br/>-40,0 mc/h</p>  |    | <p>4</p>  |
| <p>Conjunto de bombas<br/>agua clara</p>      | <p>- Grupo motobomba<br/>- Volumen de suministro<br/>aprox. 13 m<sup>3</sup>/h a 4 m de altura<br/>de suministro<br/>- altura de la<br/>Bomba 349mm<br/>- peso 7 kg.<br/>- P1/P2=0.7/0.5 kW, IN=3.1A,<br/>tensión 230V, 60Hz, IP68</p>  |    | <p>2</p>  |
| <p>Conjunto de instalación</p>                | <p>- Incluye la instalación<br/>necesaria como tubos de guía<br/>y los componentes de<br/>montaje superiores e<br/>inferiores y las tuberías de<br/>presión con todos los<br/>accesorios necesarios,<br/>accesorios y material de<br/>fijación en el tanque hasta la<br/>abertura de la pared</p> |  | <p>50</p> |
| <p>Válvulas eléctricas</p>                    | <p>- Potencia: 0.4 KW<br/>- 250 ND</p>  |  | <p>1</p>  |

|  |  |  |          |
|--|--|--|----------|
| <p>Agitador de motor sumergible</p>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para el mezclado del contenido del tanque.</li> <li>- 5,5 KW</li> <li>-350 mc/h</li> </ul>  |    | <p>1</p> |
| <p>Unidad combinada para la medición de oxígeno y turbidez</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Los sensores de oxígeno y de turbidez están montados dentro del tanque SBR.</li> <li>-Dependiendo de los valores preestablecidos en el convertidor de medición entregado el aireador se enciende y se apaga.</li> <li>- Una operación económica del sistema de aireación puede estar realizad.</li> <li>-El sensor de turbidez controla la evacuación de agua purificado.</li> </ul> |    | <p>1</p> |
| <p>Sistema flotante de trasvase (AISI 304)</p>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- para la descarga de agua limpia del tanque SBR.</li> <li>-200 mc/h</li> </ul>   |  | <p>1</p> |
| <p>Juego de accesorios AQUAMAX® PRO XL2</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>-6 interruptores de flotador con cable de 10 m</li> <li>-10 pesos de flotador</li> <li>-3 abrazaderas de cable</li> <li>-10 abrazaderas de tubo del PP</li> <li>- tapones de sellado de tubo vacío DN125</li> <li>-material de fijación como Bridas, tornillos, arandelas y tacos de acero inoxidable y plástico.</li> </ul>  |  | <p>1</p> |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
|  |   |   |   |
| Botella de muestreo<br>AQUAMAX® PRO-XL                 | <p>-Frasco de muestreo completo con tapa roja</p> <p>Bomba de agua clara 2 x 40 mm y botella de muestreo 2 x 25 mm.</p> <p>-válvula de compensación de presión</p> <p>- Manguera espiral 25mm y material de fijación</p>  |    | 1 |
| Juego de luces estroboscópicas<br>AQUAMAX® PRO-XL      | <p>- Luz de alarma roja 230V para montar en el armario de control para óptica</p> <p>-mensaje de alarma</p> <p>Incluyendo material de fijación, así como montaje y cableado</p>   |   | 1 |
| Calentamiento de armario de control<br>AQUAMAX® PRO-XL | <p>-Calefacción del armario de control 230V/50Hz, 400 W con ventilador, termostato y material de sujeción.</p> <p>-Incluyendo montaje y cableado en el armario de control.</p>  |  | 1 |
| Columna exterior<br>106x80 AQUAMAX®<br>PRO XL2         | <p>- Con base para instalación subterránea</p> <p>-Poliéster reforzado con fibra de vidrio con superficie acanalada.</p> <p>-Incluye cilindro de cerradura con dos llaves.</p> <p>-Dimensiones exteriores con base:<br/>1058 x 1700 x 245 mm ancho x alto x profundidad</p> |  | 1 |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|

| Planta depuradora para 5000 personas |   |  |          |
|--------------------------------------|---|--|----------|
| Componente                           | Características   | Imagen   | Cantidad |
| Aireador ATB "ER-AS"                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad de entrada de oxígeno: min. 1,5 kg O<sub>2</sub> / kWh</li> <li>-45 kg O<sub>2</sub>/h</li> <li>-Potencia: 30 KW. O</li> <li>- Mezclador tipo MIX-SL De 4 KW</li> </ul>  |    | 1        |
| Motobomba sumergible DE 100 57 378   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-1,95 KW</li> <li>-40,0 mc/h</li> </ul>  |   | 4        |
| Conjunto de bombas agua clara        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grupo motobomba</li> <li>- Volumen de suministro aprox. 13 m<sup>3</sup>/h a 4 m de altura de suministro</li> <li>- altura de la Bomba 349mm</li> <li>- peso 7 kg.</li> <li>- P1/P2=0.7/0.5 kW, IN=3.1A, tensión 230V, 60Hz, IP68</li> </ul> |  | 2        |
| Conjunto de instalación              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incluye la instalación necesaria como tubos de guía y los componentes de montaje superiores e inferiores y las tuberías de presión con todos los</li> </ul>  |  | 50       |

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|   | <p>accesorios necesarios, accesorios y material de fijación en el tanque hasta la abertura de la pared</p>  |  |   |
| Válvulas eléctricas                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potencia: 0.4 KW</li> <li>- 250 ND</li> </ul>  |    | 1 |
| Agitador de motor sumergible                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para el mezclado del contenido del tanque.</li> <li>- 5,5 KW</li> <li>-350 mc/h</li> </ul>   |    | 1 |
| Unidad combinada para la medición de oxígeno y turbidez | <p>-Los sensores de oxígeno y de turbidez están montados dentro del tanque SBR.</p> <p>-Dependiendo de los valores preestablecidos en el convertidor de medición entregado el aireador se enciende y se apaga.</p> <p>- Una operación económica del sistema de aireación puede estar realizad.</p> <p>-El sensor de turbidez controla la evacuación de agua purificado.</p> |  | 1 |
| Sistema flotante de trasvase (AISI 304)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- para la descarga de agua limpia del tanque SBR.</li> <li>-200 mc/h</li> </ul>  |  | 1 |

|   |   |   |          |
|---|---|---|----------|
| <p>Juego de accesorios<br/>AQUAMAX® PRO XL2</p>                         | <p>-6 interruptores de flotador con cable de 10 m<br/>-10 pesos de flotador<br/>-3 abrazaderas de cable<br/>-10 abrazaderas de tubo del PP<br/>- tapones de sellado de tubo vacío DN125<br/>-material de fijación como Bridas, tornillos, arandelas y tacos de acero inoxidable y plástico.</p> |     | <p>1</p> |
| <p>Botella de muestreo<br/>AQUAMAX® PRO-XL</p>                          | <p>-Frasco de muestreo completo con tapa roja<br/>Bomba de agua clara 2 x 40 mm y botella de muestreo 2 x 25 mm.<br/>-válvula de compensación de presión<br/>- Manguera espiral 25mm y material de fijación</p>   |   | <p>1</p> |
| <p>Juego de luces estroboscópicas<br/>AQUAMAX® PRO-XL</p>               | <p>- Luz de alarma roja 230V para montar en el armario de control para óptica<br/>-mensaje de alarma<br/>Incluyendo material de fijación, así como montaje y cableado</p>   |  | <p>1</p> |
| <p>Sistema de ventilación de armario de control<br/>AQUAMAX® PRO-XL</p> | <p>-Sistema de control de temperatura del armario de control 230V/50Hz, 400 W con ventilador, termostato y material de sujeción.<br/>-Incluye montaje y cableado en el armario de control.</p>  |  | <p>1</p> |

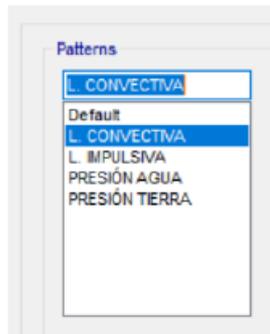
|  |  |   |          |
|--|--|---|----------|
|  |  |   |          |
| <p>Columna para exterior<br/>106x80 AQUAMAX®<br/>PRO XL2</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Con base para instalación subterránea</li> <li>-Poliéster reforzado con fibra de vidrio con superficie acanalada.</li> <li>-Incluye cilindro de cerradura con dos llaves.</li> <li>-Dimensiones exteriores con base:<br/>1058 x 1700 x 245 mm ancho x alto x profundidad</li> </ul> |  | <p>1</p> |

# APÉNDICE E

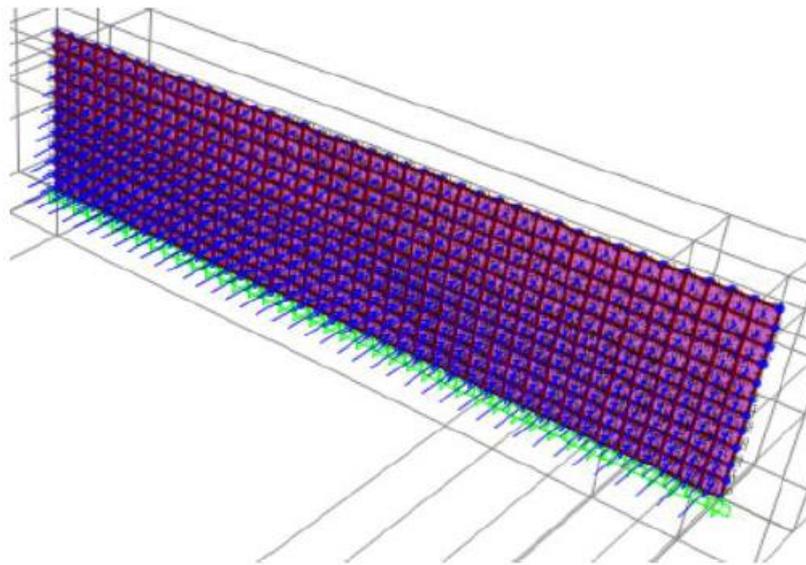
| Load Pattern Name | Type       | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load Pattern |
|-------------------|------------|------------------------|---------------------------|
| Pvy               | Quake      | 0                      | None                      |
| P. Lat. Agua      | Super Dead | 0                      |                           |
| Peso Agua         | Super Dead | 0                      |                           |
| Peso Pared        | Super Dead | 0                      |                           |
| Peso L. Fondo     | Super Dead | 0                      |                           |
| Peso Zapata       | Super Dead | 0                      |                           |
| Peso Tierra       | Live       | 0                      |                           |
| PI                | Quake      | 0                      | None                      |
| PC                | Quake      | 0                      | None                      |
| Pw                | Quake      | 0                      | None                      |
| Pvy               | Quake      | 0                      | None                      |

### Asignación de cargas calculadas [Baque & Zavala, 2021]

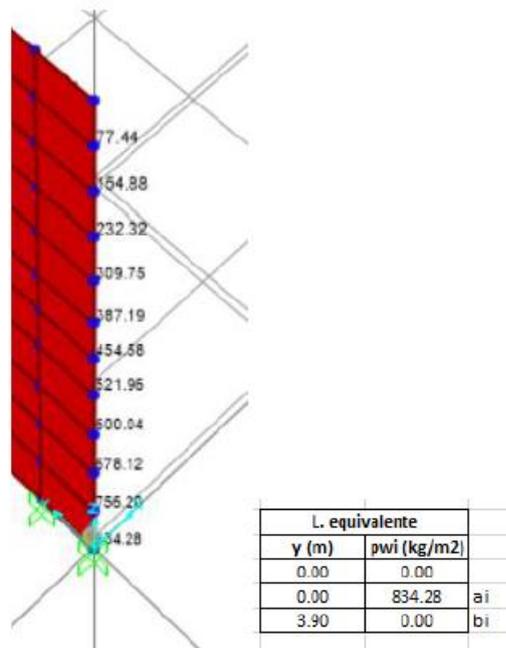
Define Pattern Names



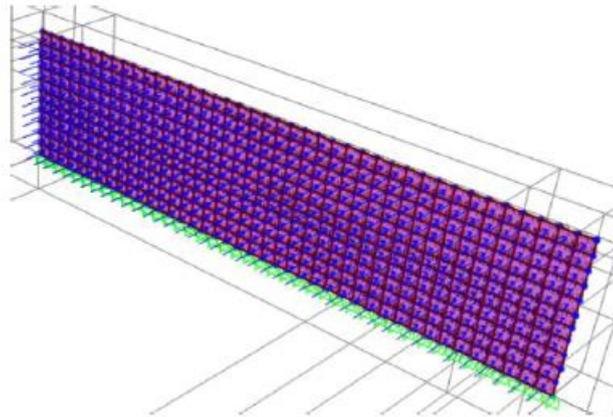
Se definen los patrones de cargas correspondientes a la linealización de componente impulsiva y convectiva [Baque & Zavala, 2021]



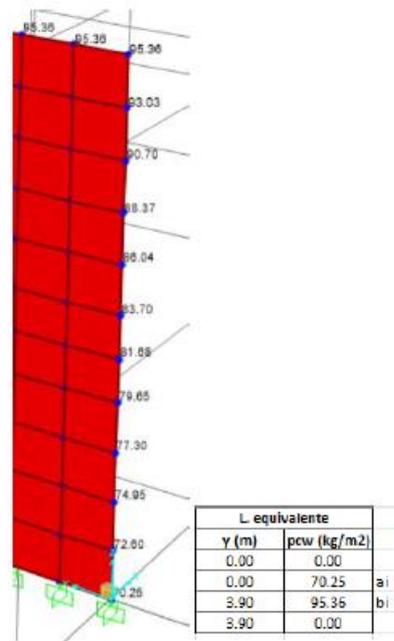
Se aplica la linealización de la presión y se verifica que coincida con lo calculado [Baque & Zavala, 2021].



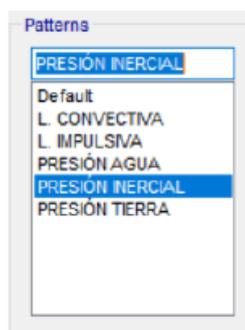
Cargas equivalentes [Baque & Zavala, 2021].



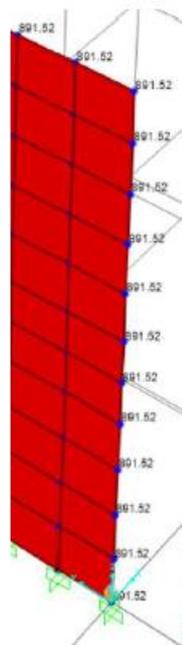
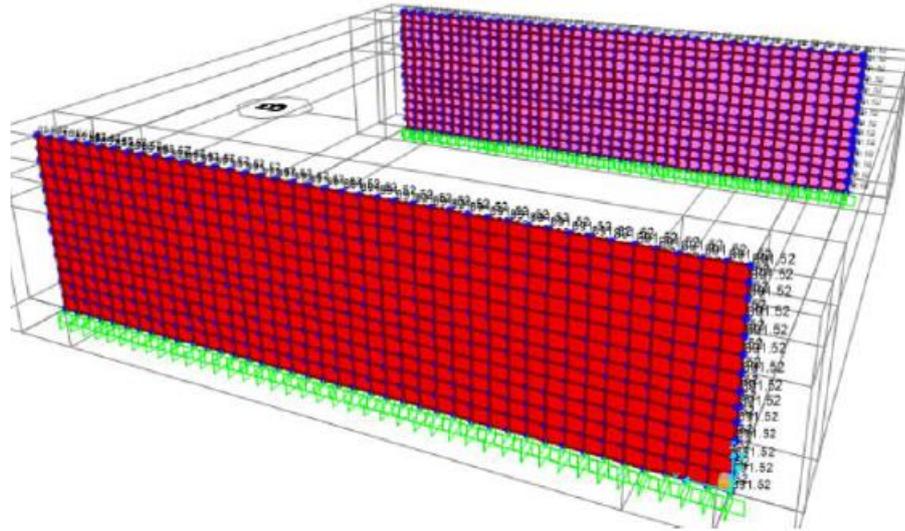
Linealización de presión convectiva [Baque & Zavala, 2021].



Cargas equivalentes convectiva [Baque & Zavala, 2021].



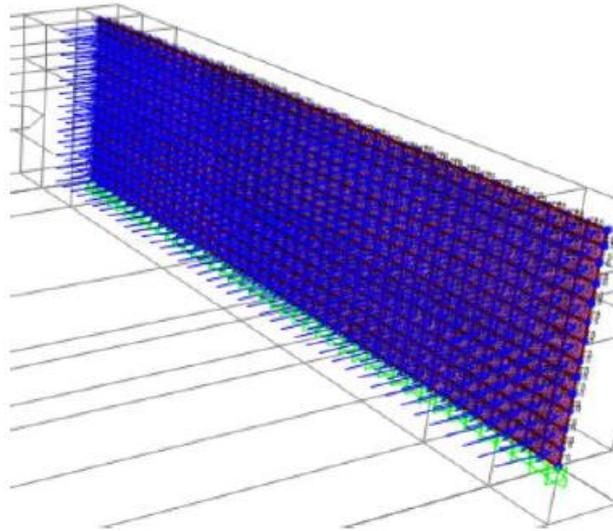
Se define el patrón de carga de la distribución de la presión inercial [Baque & Zavala, 2021].



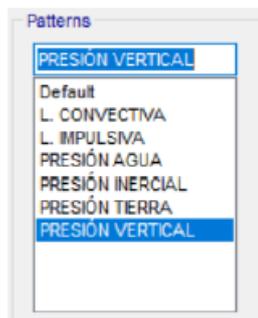
7. Presión de Inercia del muro sobre si mismo

|     |                                |
|-----|--------------------------------|
|     | $p_{ww} = (\rho_w) t \rho_w g$ |
| pww | 891.52 kg/m <sup>2</sup>       |

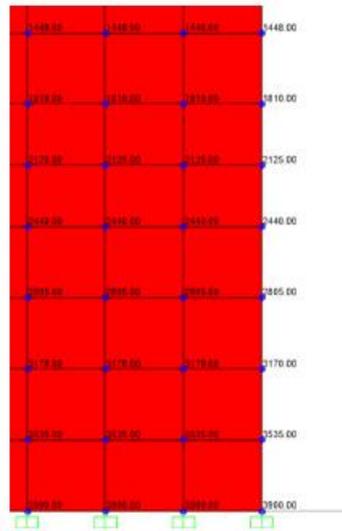
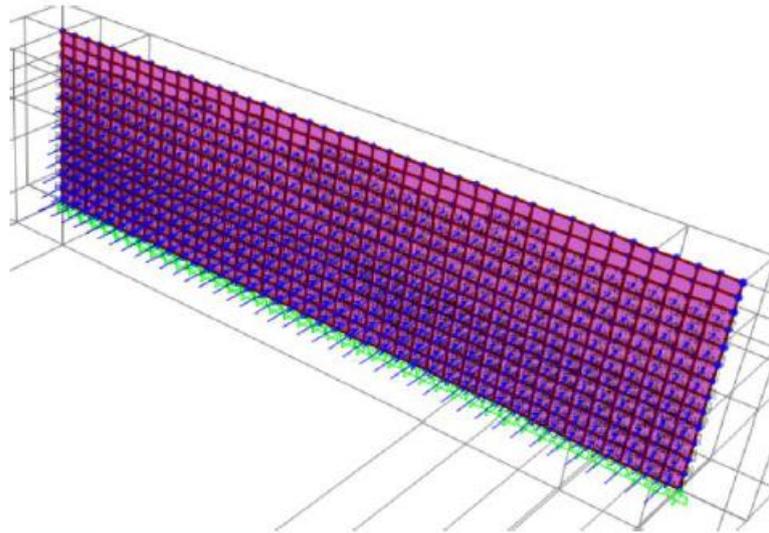
Se aplica la presión inercial y se verifica que coincida con lo calculado [Baque & Zavala, 2021].



Se incluye la presión inercial a la componente impulsiva [Baque & Zavala, 2021].



Se define el patrón de cargas para la presión vertical del agua [Baque & Zavala, 2021].



Se aplica y verifica que el mayor valor se encuentre en la base [Baque & Zavala, 2021].

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| PI             | Linear Static  | 1.           |
| Pw             | Linear Static  | 1.           |

Se establece la combinación lineal entre la presión impulsiva y el muro [Baque & Zavala, 2021].

Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type

Options

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| P Impulsiva    | Combination    | 1.           |
| P Impulsiva    | Combination    | 1.           |
| PC             | Linear Static  | 1.           |
| Pvy            | Linear Static  | 1.           |

Se combinan las presiones impulsivas, convectiva y vertical [Baque & Zavala, 2021].

**CODE**

$$U = 1.4(D + F) \quad (9-1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9-2)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W) \quad (9-3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9-4)$$

$$U = 1.2D + 1.2F + 1.0E + 1.6H + 1.0L + 0.2S \quad (9-5)$$

$$U = 0.9D + 1.2F + 1.6W + 1.6H \quad (9-6)$$

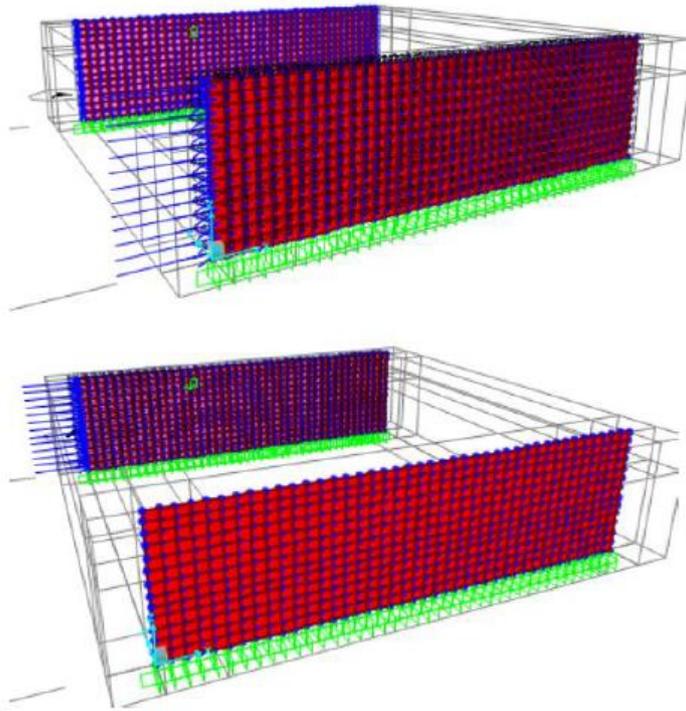
$$U = 0.9D + 1.2F + 1.0E + 1.6H \quad (9-7)$$

 Define Load Combinations

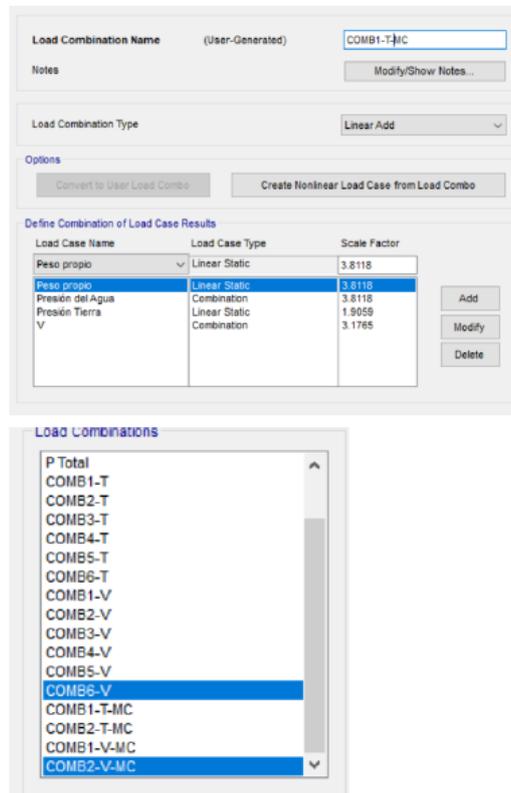
Load Combinations

- V
- Presión del Agua
- P Impulsiva**
- P Total
- COMB1-T
- COMB2-T
- COMB3-T
- COMB4-T
- COMB5-T
- COMB6-T
- COMB1-V
- COMB2-V
- COMB3-V
- COMB4-V
- COMB5-V
- COMB6-V

Se combinan las cargas establecidas para el diseño, considerando los factores de exposición ambiental [Baque & Zavala, 2021].



Se agregan las presiones inerciales a las laterales [Baque & Zavala, 2021].



Se definen las combinaciones de carga considerando la aplicación de las presiones en las paredes laterales [Baque & Zavala, 2021].

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

**Load Combination Type**

**Options**

**Define Combination of Load Case Results**

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| COMB1-T-MC     | Combination    | 1.           |
| COMB1-T-MC     | Combination    | 1.           |
| COMB2-T-MC     | Combination    | 1.           |

---

**Load Combination Name** (User-Generated)

Notes

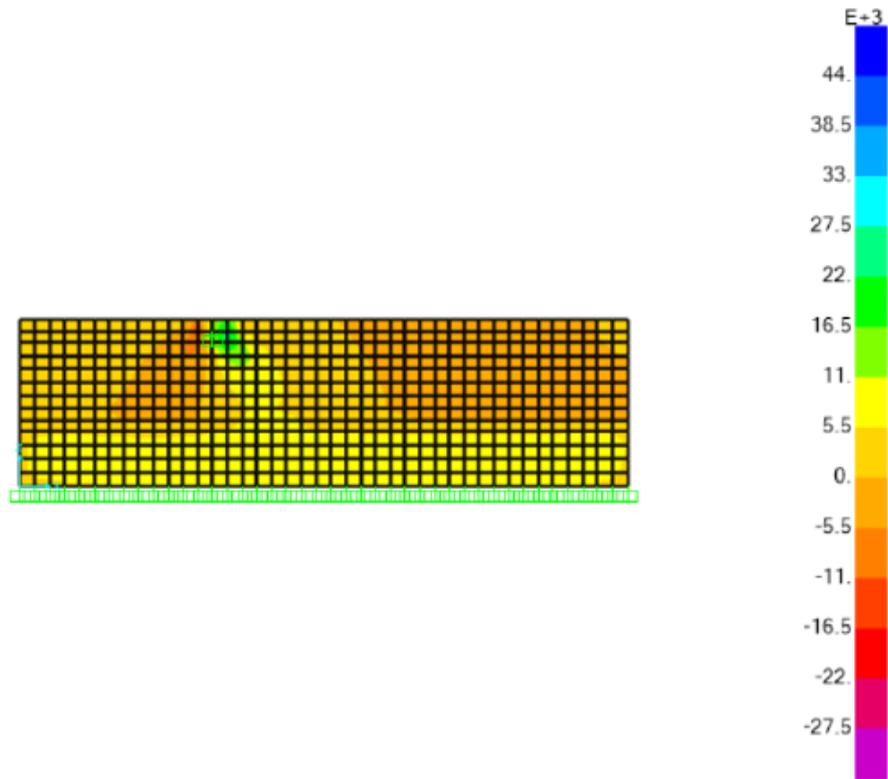
**Load Combination Type**

**Options**

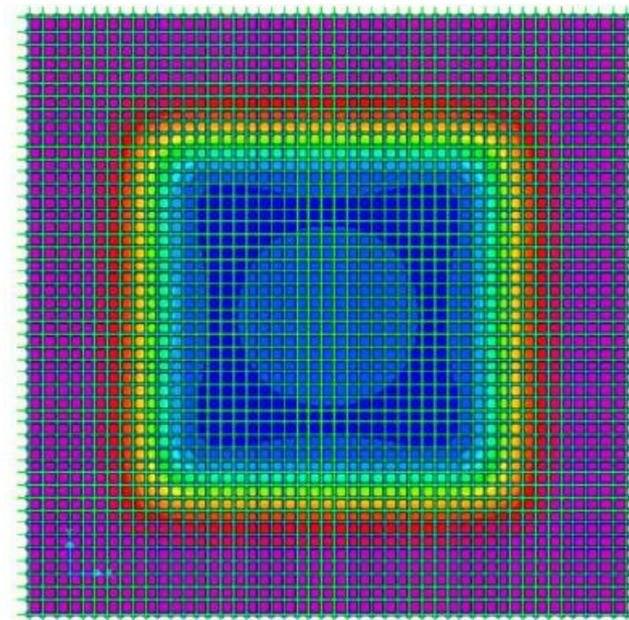
**Define Combination of Load Case Results**

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| COMB1-V-MC     | Combination    | 1.           |
| COMB1-V-MC     | Combination    | 1.           |
| COMB2-V-MC     | Combination    | 1.           |

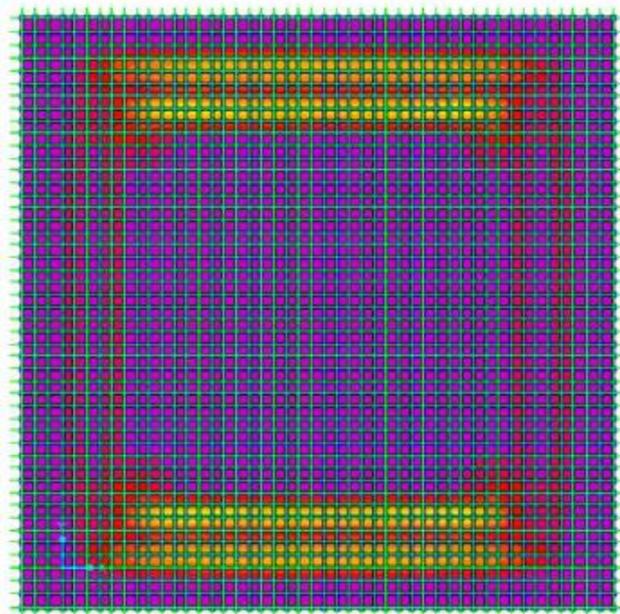
Se definen las envolventes para el análisis [Baque & Zavala, 2021].



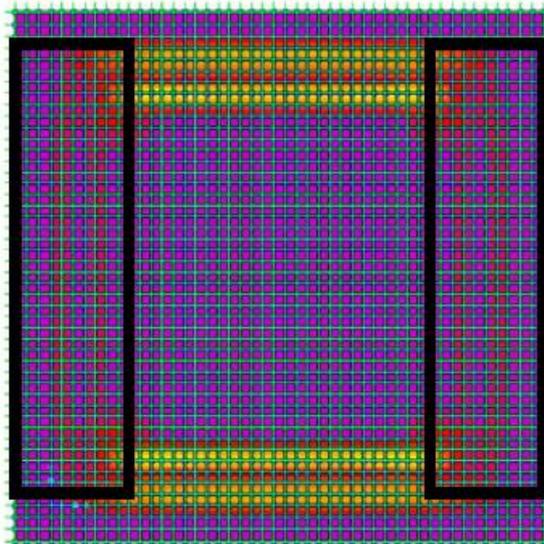
Se corre el programa y se observa el diagrama de la cortante [Baque & Zavala, 2021].



Se observan las cargas para el diseño de la losa de fondo y cimentación [Baque & Zavala, 2021].

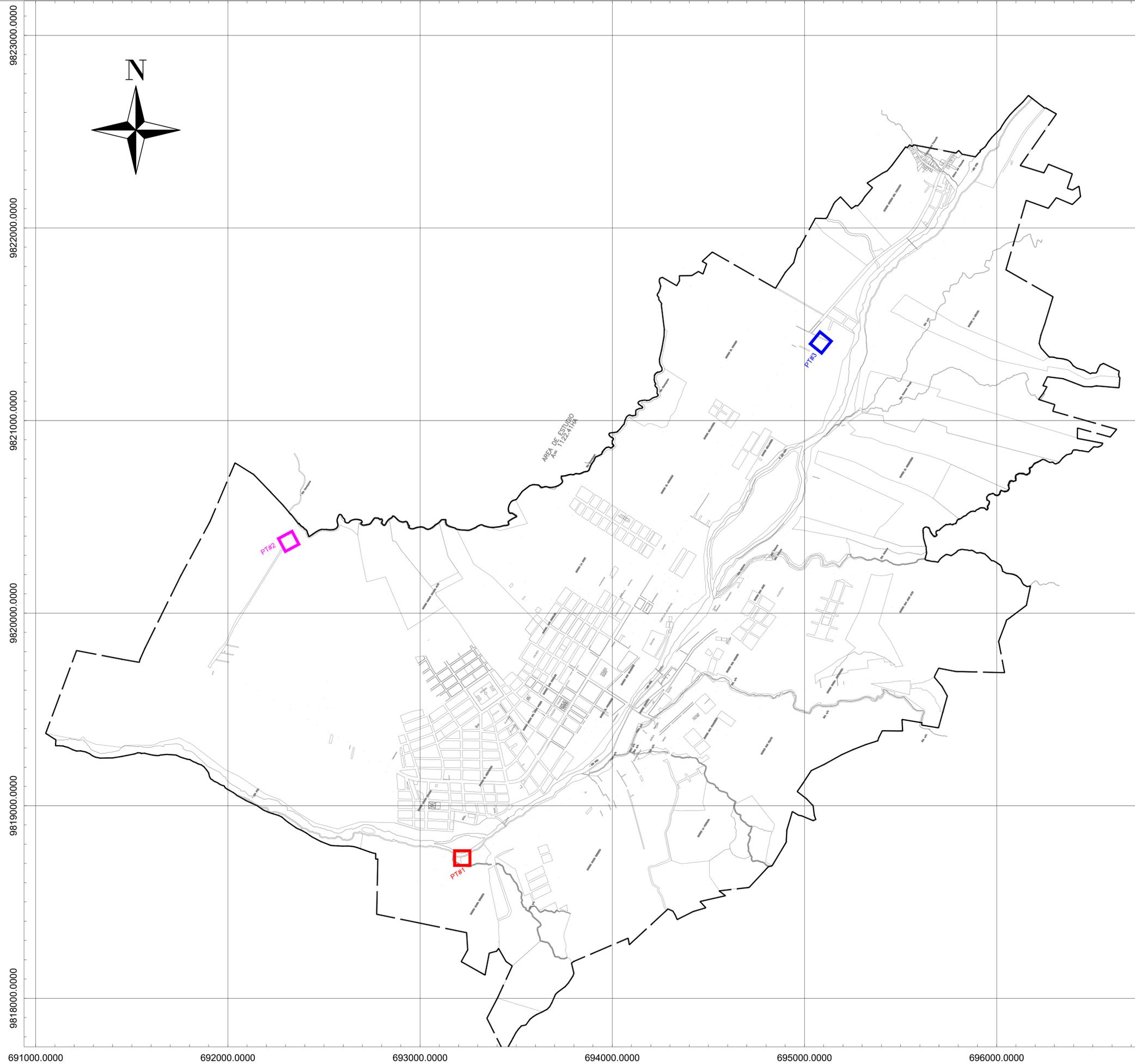


Se observa que los requerimientos de acero que otorga SAP 2000 son similares a los calculados [Baque & Zavala, 2021].



Debido a que análisis sísmico se consideró en sentido X, se diseña para estas solicitaciones y se replica en el otro sentido [Baque & Zavala, 2021].

# **APÉNDICE F**



### ÁREA DE UBICACIÓN

Cantón Caluma, Provincia de Bolívar,  
Ecuador.

Datum: UTM-WGS 1984, Zona 17S

### Simbología

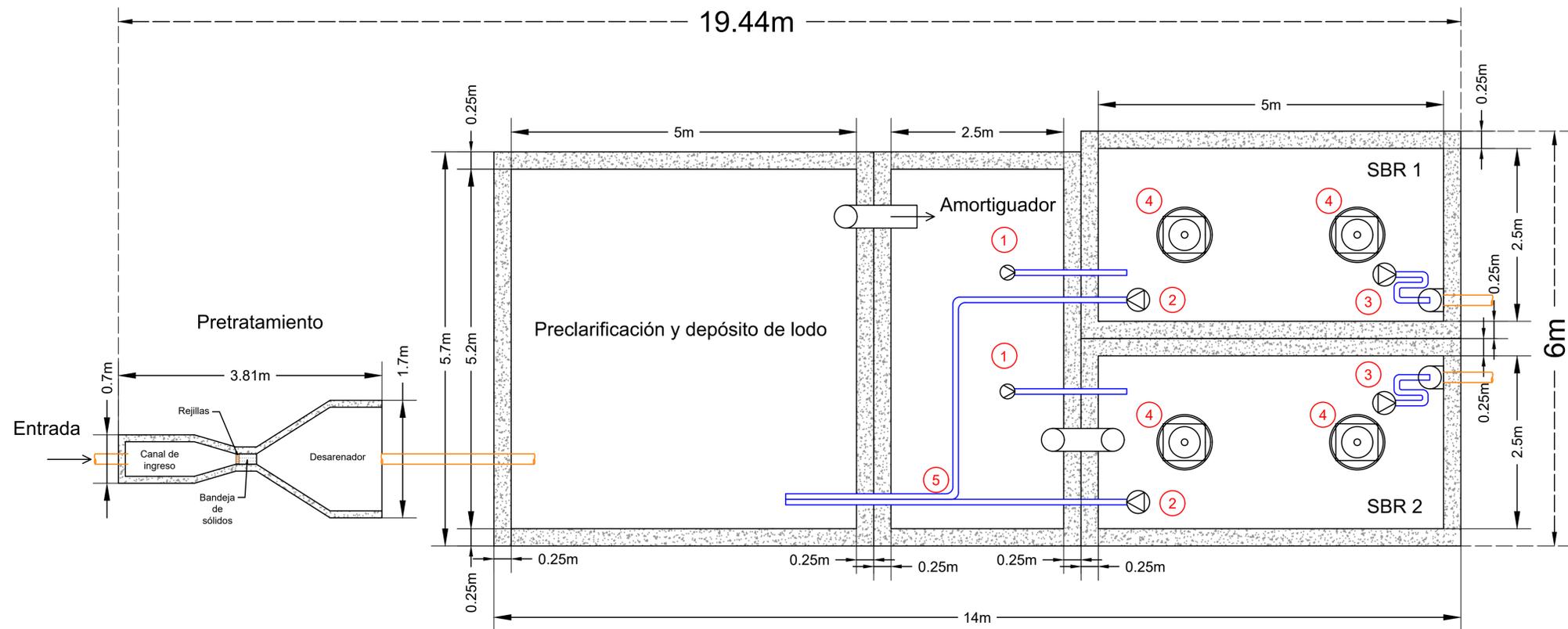
- Ubicación de la planta de tratamiento # 1 ◊ PT#1
- Ubicación de la planta de tratamiento # 2 ◊ PT#2
- Ubicación de la planta de tratamiento # 3 ◊ PT#3

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

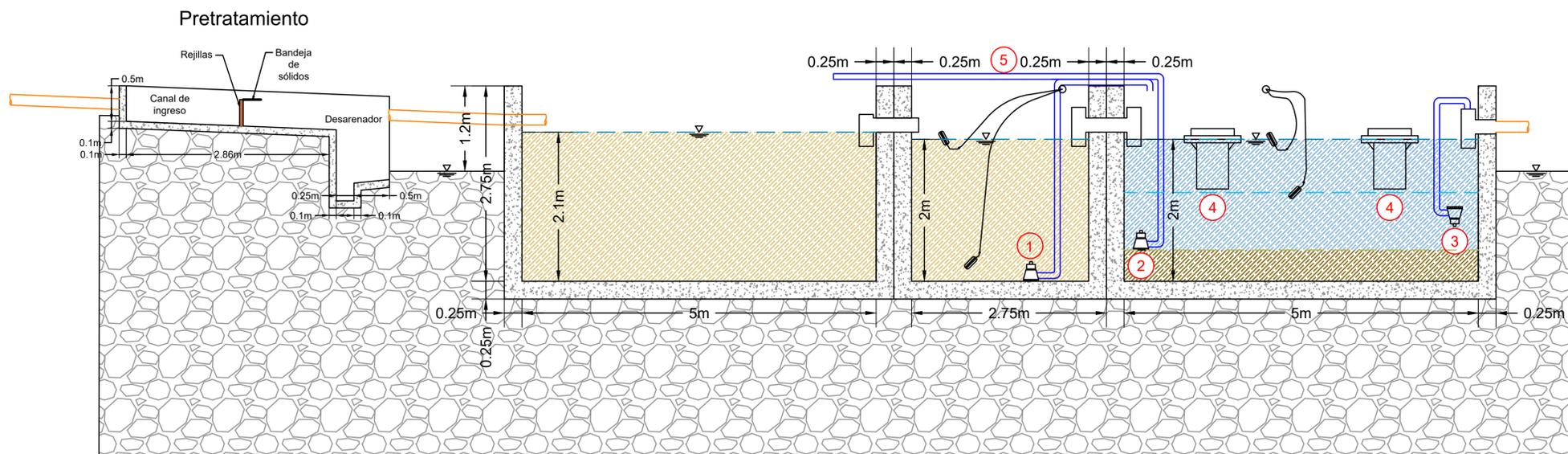
PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE  
LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

CONTENIDO:  
**MAPA DE UBICACIÓN DE LAS TRES PLANTAS DEPURADORAS  
DE AGUAS SERVIDAS**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   |   | Lámina: A 1/8<br>Escala: 1/10000       |



**VISTA EN PLANTA**  
ESCALA 1:40



**VISTA EN ELEVACIÓN**  
ESCALA 1:40

## Simbología

|   |     |
|---|-----|
| Bomba de alimentación con protección contra marcha en seco    | (1) |
| Bomba de lodo con abertura de succión                         | (2) |
| Bomba de agua clara   | (3) |
| Aireador de superficie de instalación flotante del tanque SBR | (4) |
| Reflujo del exceso de lodos                                   | (5) |
| Desbordamiento en el tanque SBR                               |     |
| Desbordamiento en el tanque de Preclarificación               |     |
| Tubería $\Phi$ 40mm   |     |
| Tubería $\Phi$ 150mm  |     |
| Sensores de nivel   |     |

**NOTA:**

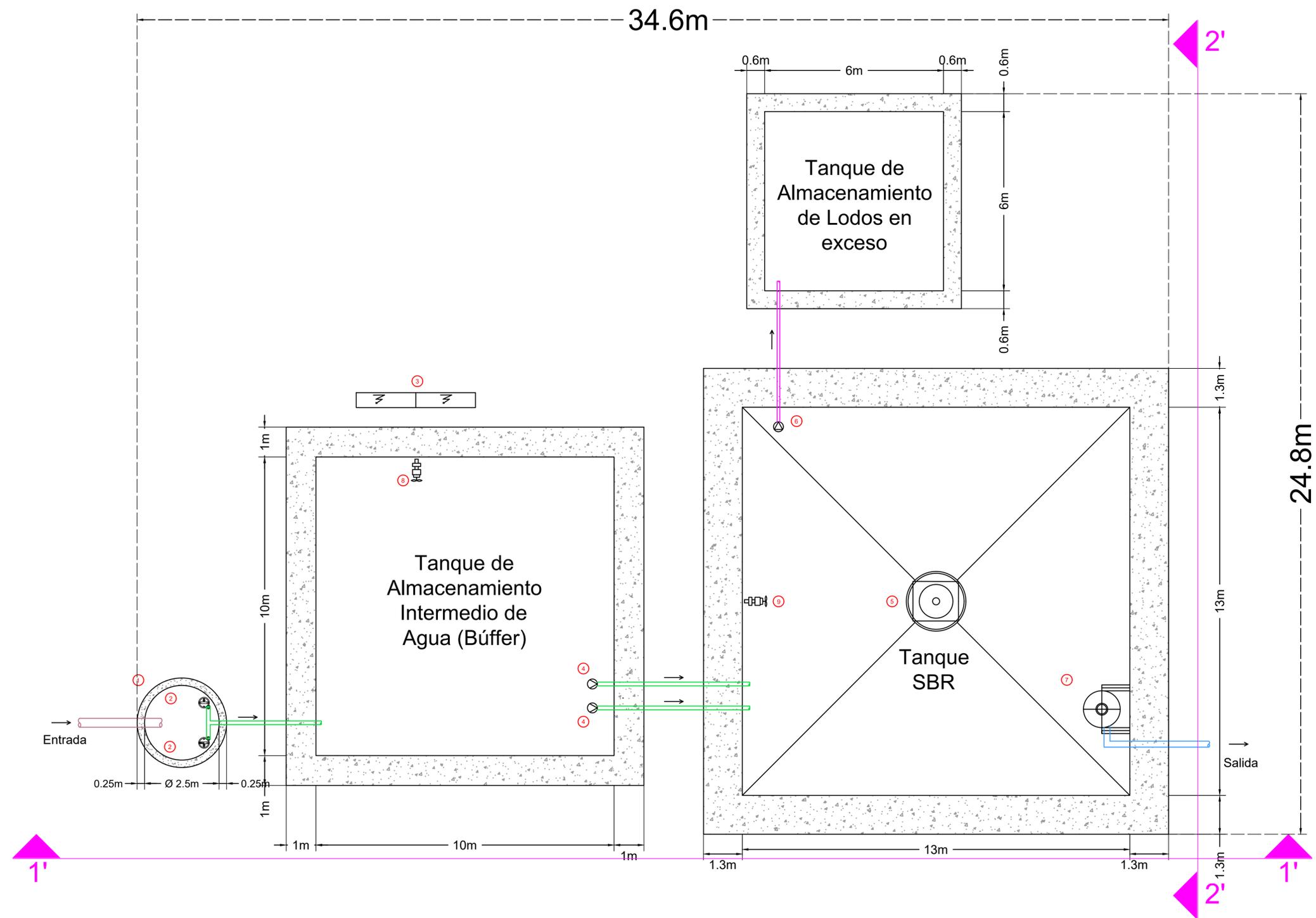
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 500 PERSONAS (ZONA 3) - VISTA EN PLANTA Y EN ELEVACIÓN**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   | Lámina:<br>A 2/8                                    | Escala:<br>Indicada                    |



### Simbología

|                                    |   |   |   |                  |  |
|------------------------------------|---|---|---|------------------|--|
| Estación de bombeo de entrada      | ① | Bomba de evacuación de lodos excedentes | ⑥ | Tubería Ø 200 mm |  |
| Bomba sumergible                   | ② | Sistema de decantación de agua limpia   | ⑦ | Tubería Ø 125 mm |  |
| Unidad de control                  | ③ | Mezclador Tanque Buffer                 | ⑧ | Tubería Ø 90 mm  |  |
| Bomba de alimentación Buffer - SBR | ④ | Mezclador Tanque SBR                    | ⑨ |                  |  |
| Aireador de superficie             | ⑤ | Tubería Ø 300 mm                        |   |                  |  |

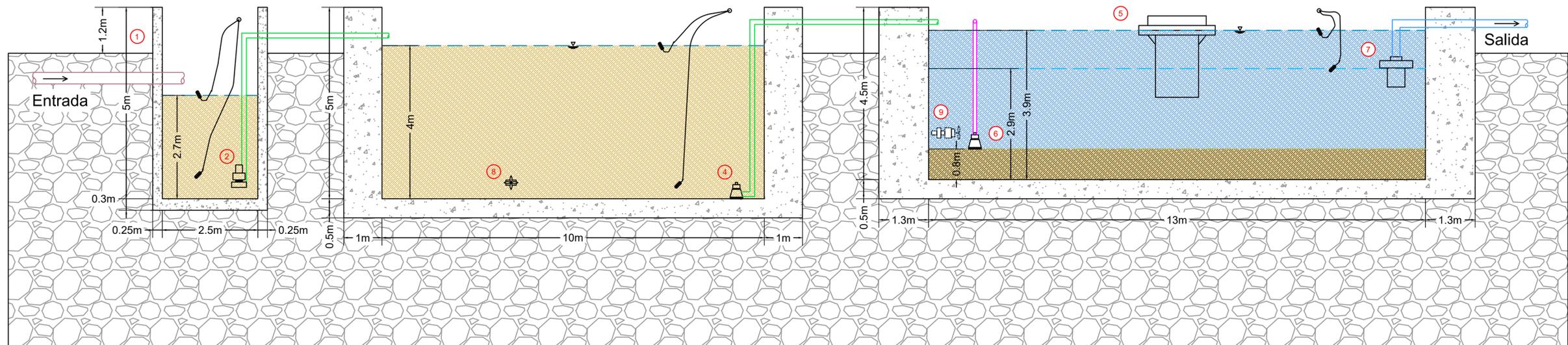
**NOTA:**  
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8  
Para observar la vista en elevación del sistema, véase la lámina A 4

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

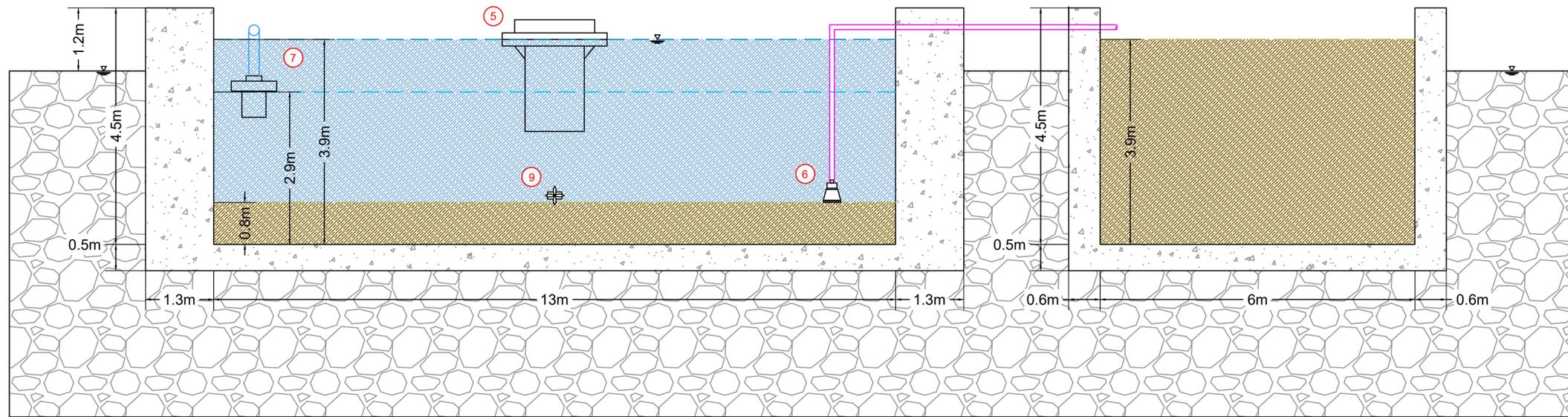
CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 3000 PERSONAS - VISTA EN PLANTA**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   | Lámina:<br>A 3/8                                    | Escala:<br>1:75                        |



**CORTE 1-1'**

ESCALA 1:60



**CORTE 2-2'**

ESCALA 1:50

**Simbología**

|                                    |   |   |   |                   |  |
|------------------------------------|---|---|---|-------------------|--|
| Estación de bombeo de entrada      | ① | Bomba de evacuación de lodos excedentes | ⑥ | Tubería Ø 200 mm  |  |
| Bomba sumergible                   | ② | Sistema de decantación de agualimpia    | ⑦ | Tubería Ø 125 mm  |  |
| Unidad de control                  | ③ | Mezclador Tanque Buffer                 | ⑧ | Tubería Ø 90 mm   |  |
| Bomba de alimentación Buffer - SBR | ④ | Mezclador Tanque SBR                    | ⑨ | Sensores de nivel |  |
| Aireador de superficie             | ⑤ | Tubería Ø 300 mm                        |   |                   |  |

**NOTA:**  
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8

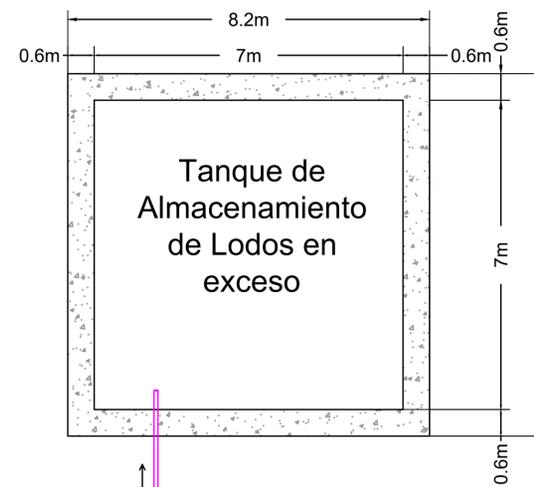
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 3000 PERSONAS - VISTA EN ELEVACIÓN**

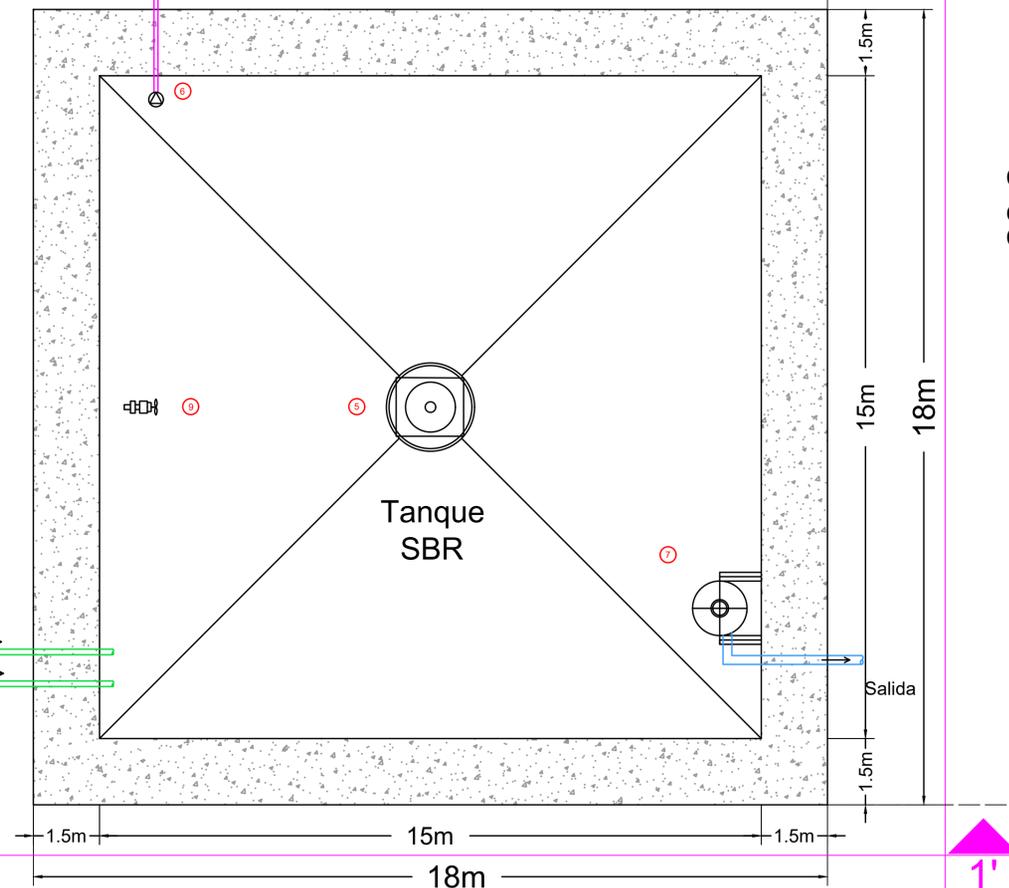
|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   |   | Lámina:<br>A 4/8                       |
|   |   |   | Escala:<br>Indicada                    |

46.9m

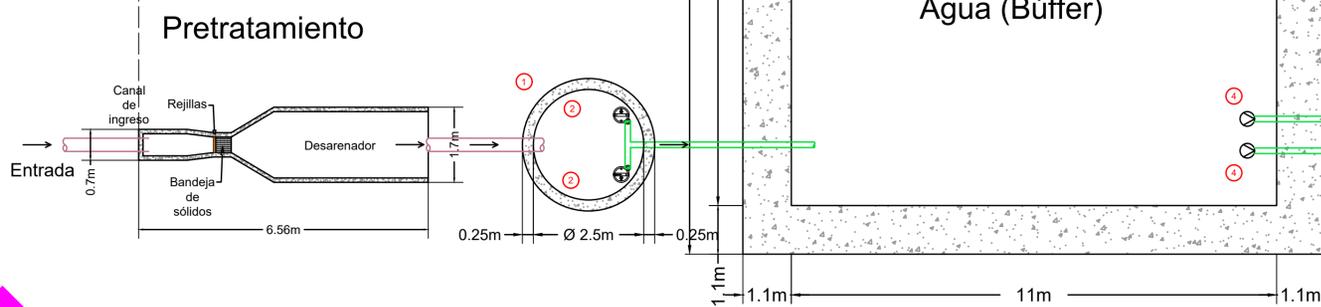


2'

28.2m



1'  
2'



### Simbología

|                                    |   |   |   |                  |  |
|------------------------------------|---|---|---|------------------|--|
| Estación de bombeo de entrada      | ① | Bomba de evacuación de lodos excedentes | ⑥ | Tubería Ø 200 mm |  |
| Bomba sumergible                   | ② | Sistema de decantación de agua limpia   | ⑦ | Tubería Ø 125 mm |  |
| Unidad de control                  | ③ | Mezclador Tanque Buffer                 | ⑧ | Tubería Ø 90 mm  |  |
| Bomba de alimentación Buffer - SBR | ④ | Mezclador Tanque SBR                    | ⑨ |                  |  |
| Aireador de superficie             | ⑤ | Tubería Ø 300 mm                        |   |                  |  |

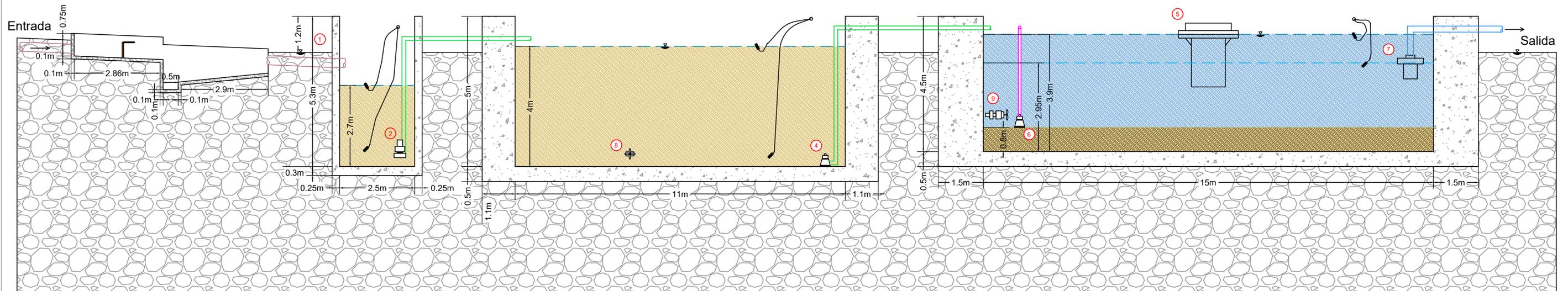
**NOTA:**  
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8  
Para observar la vista en elevación del sistema, véase la lámina A 6

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

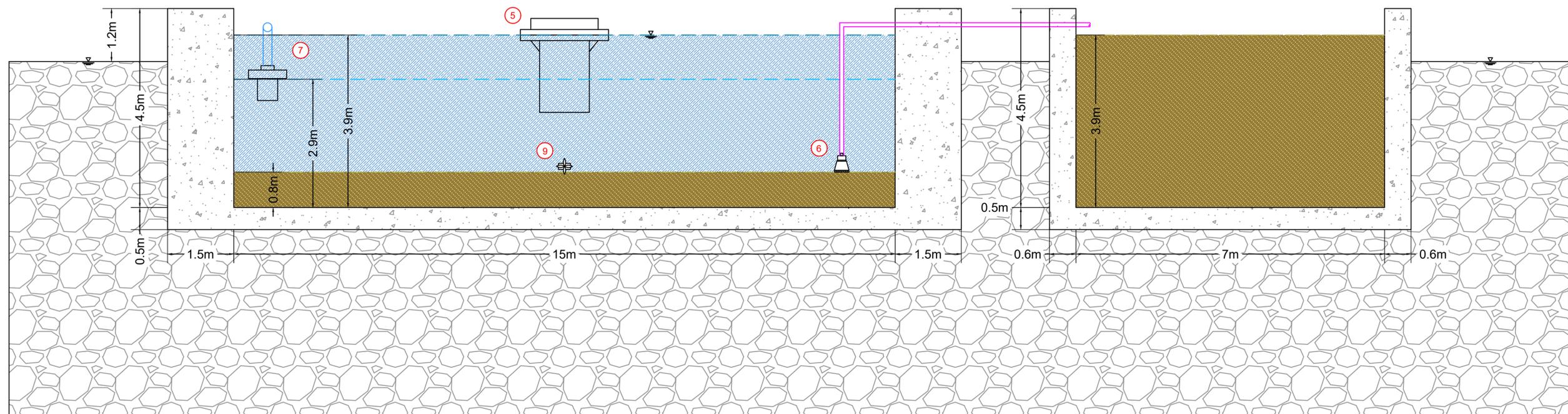
CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 5000 PERSONAS (ZONA 1) - VISTA EN PLANTA**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     | Lámina:<br>A 5/8  | Escala:<br>1:80                                     |  |



**CORTE 1-1'**

ESCALA 1:65



**CORTE 2-2'**

ESCALA 1:50

**Simbología**

Estación de bombeo de entrada



Bomba de evacuación de lodos excedentes



Tubería Ø 200 mm



Bomba sumergible



Sistema de decantación de agualimpia



Tubería Ø 125 mm



Unidad de control



Mezclador Tanque Buffer



Tubería Ø 90 mm



Bomba de alimentación Buffer - SBR



Mezclador Tanque SBR



Sensores de nivel



Aireador de superficie



Tubería Ø 300 mm



**NOTA:**

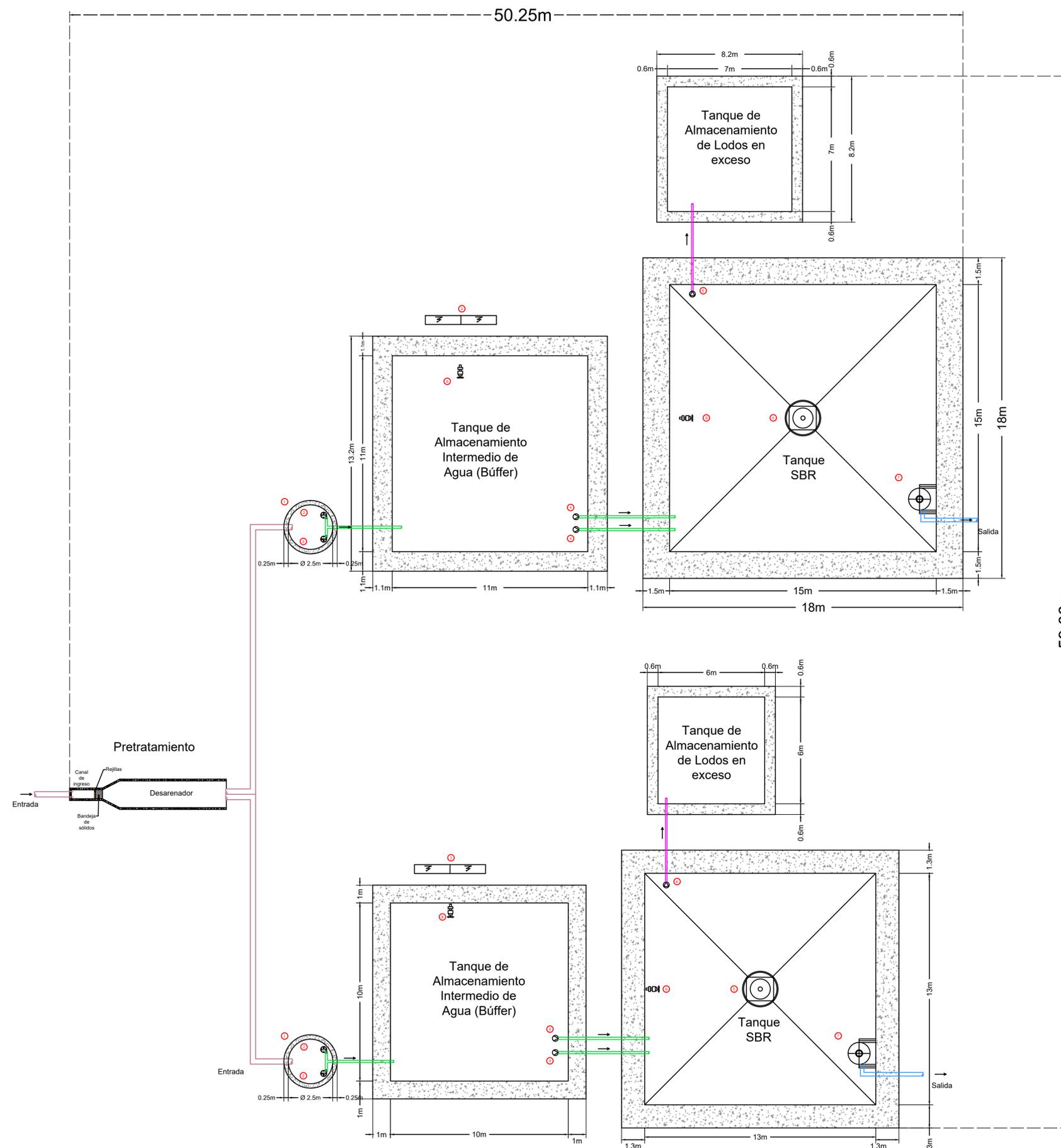
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 5000 PERSONAS (ZONA 1) - VISTA EN ELEVACIÓN**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   |   | Lámina:<br>A 6/8                       |
|   |   |   | Escala:<br>Indicada                    |



### Simbología

|   |   |
|---|---|
| Estación de bombeo de entrada           | 1 |
| Bomba sumergible                        | 2 |
| Unidad de control                       | 3 |
| Bomba de alimentación Buffer - SBR      | 4 |
| Aireador de superficie                  | 5 |
| Bomba de evacuación de lodos excedentes | 6 |
| Sistema de decantación de agua limpia   | 7 |
| Mezclador Tanque Buffer                 | 8 |
| Mezclador Tanque SBR                    | 9 |
| Tubería Ø 300 mm                        |   |
| Tubería Ø 200 mm                        |   |
| Tubería Ø 125 mm                        |   |
| Tubería Ø 90 mm                         |   |

**NOTA:**  
Véase el sistema de pretratamiento a detalle en la lámina A 8

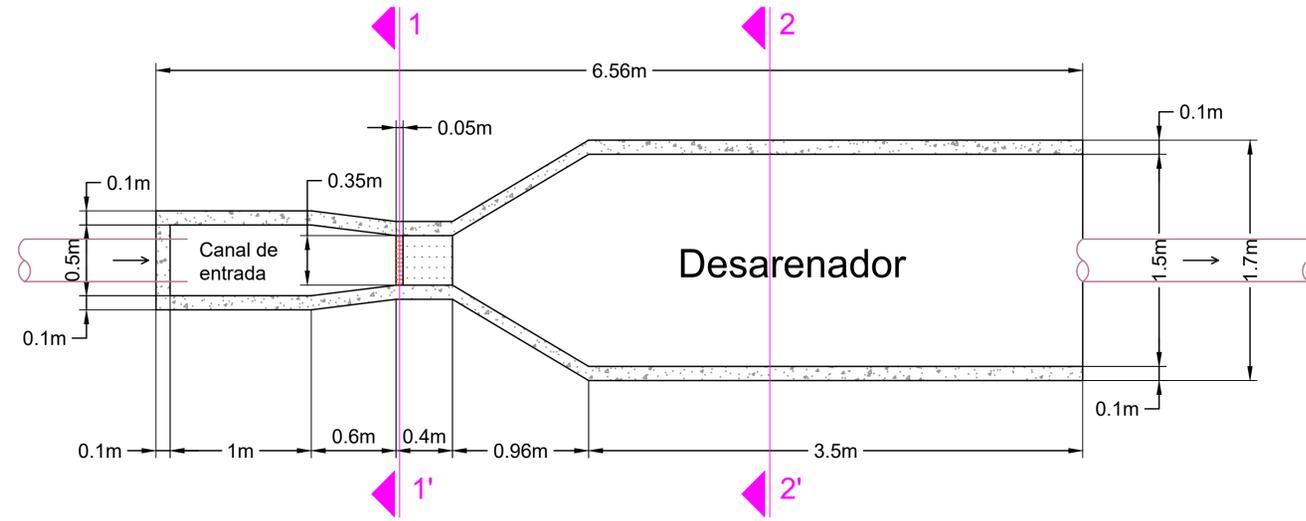
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

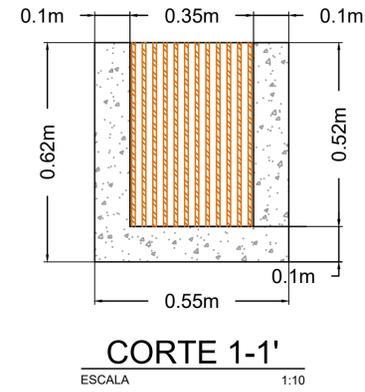
CONTENIDO:  
**SISTEMA PARA CAPACIDAD 8000 PERSONAS (ZONA 2) - VISTA EN PLANTA**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   |   | Lámina:<br>A 7/8                       |
|   |   |   | Escala:<br>1:125                       |

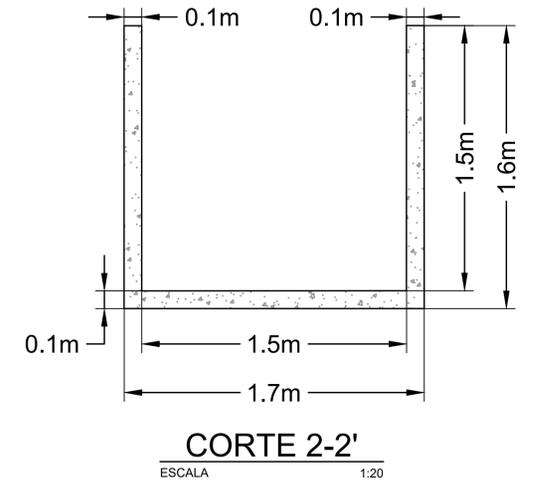
ZONA 1



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:25

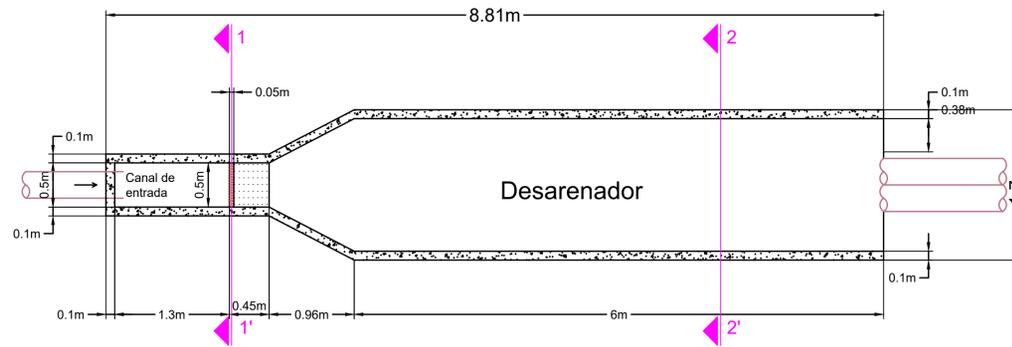


CORTE 1-1'  
ESCALA 1:10

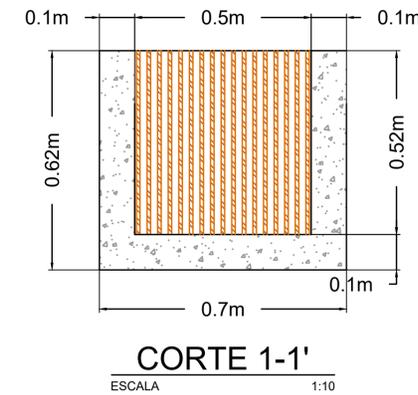


CORTE 2-2'  
ESCALA 1:20

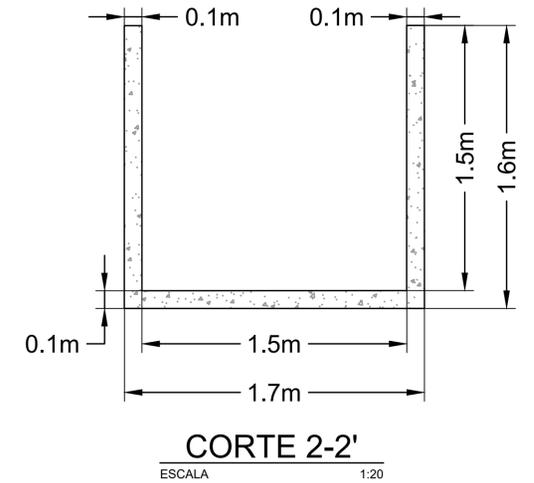
ZONA 2



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:40

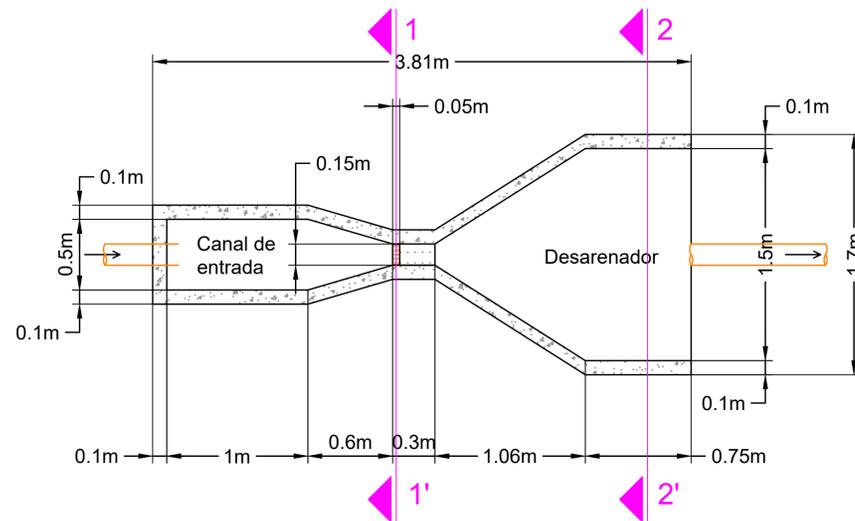


CORTE 1-1'  
ESCALA 1:10

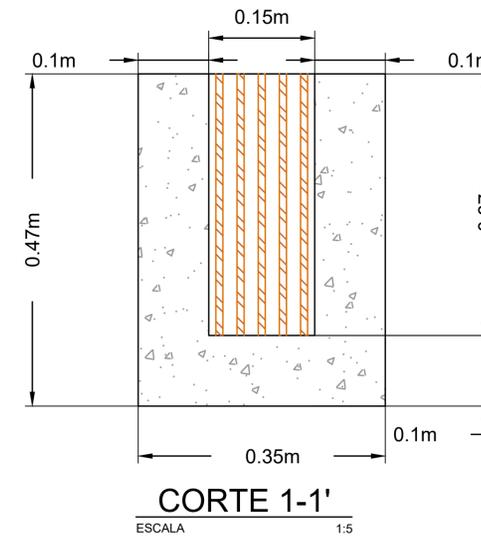


CORTE 2-2'  
ESCALA 1:20

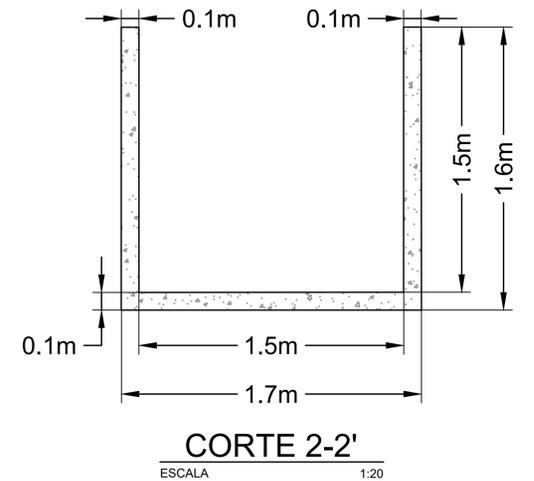
ZONA 3



VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:25



CORTE 1-1'  
ESCALA 1:5



CORTE 2-2'  
ESCALA 1:20

**Simbología**

Tubería Ø 40 mm



Tubería Ø 150 mm



Tubería Ø 300 mm



Rejilla de cribado  
(barros rectangulares de  
1 mm espaciados cada 2  
mm)

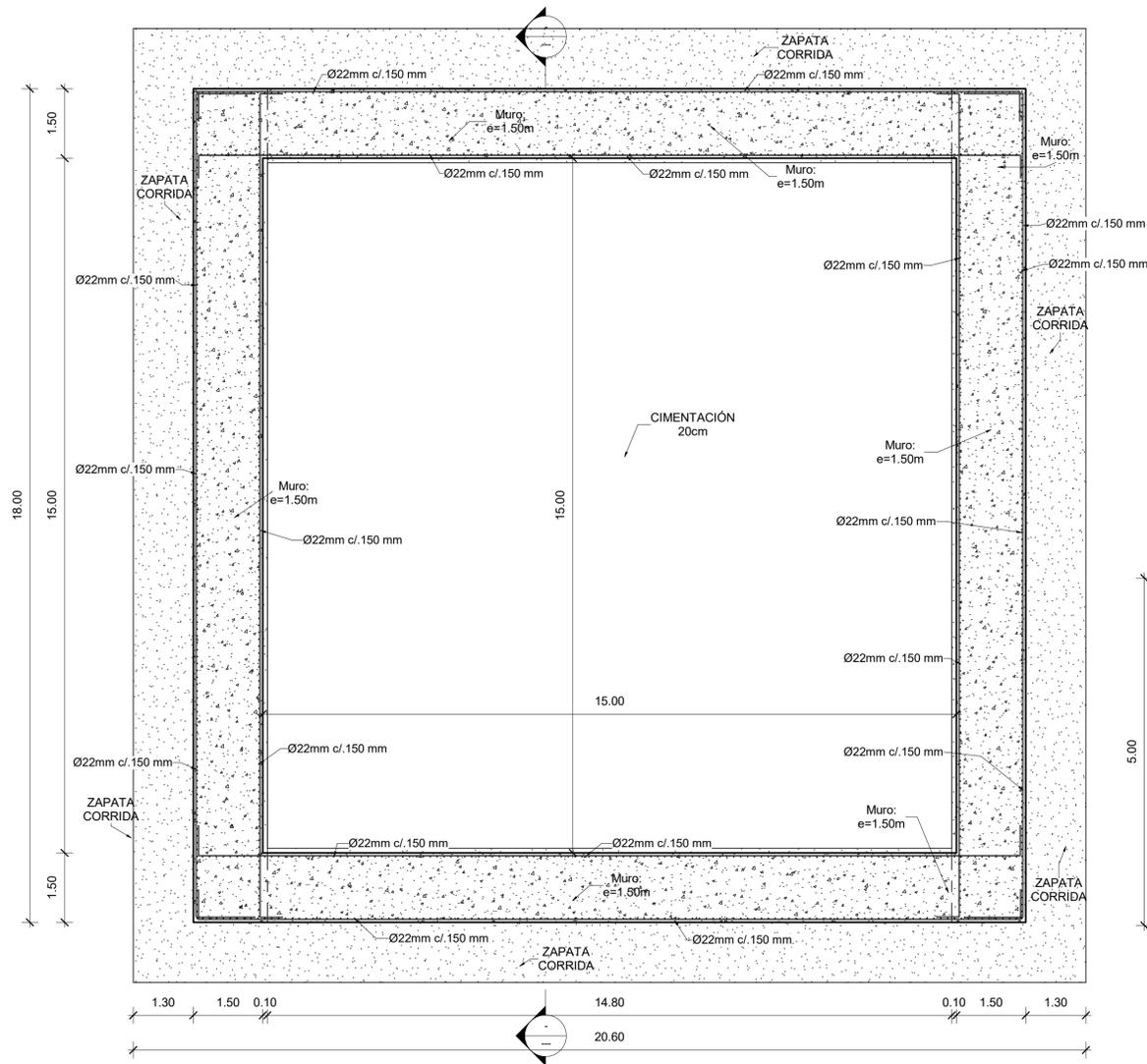


**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

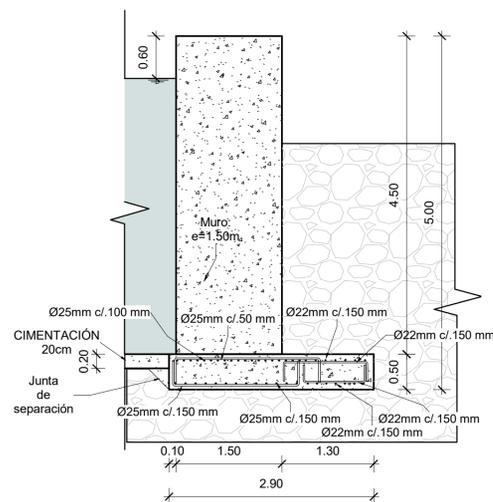
PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLÍVAR**

CONTENIDO:  
**DETALLE DE LOS SISTEMAS DE PRETRATAMIENTO POR CADA ZONA**

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- MSc. Cristian Salas<br>- MSc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zavala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>11 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>MSc. Cristian Salas     |   |   | Lámina:<br>A 8/8                       |
|   |   |   | Escala:<br>Indicada                    |



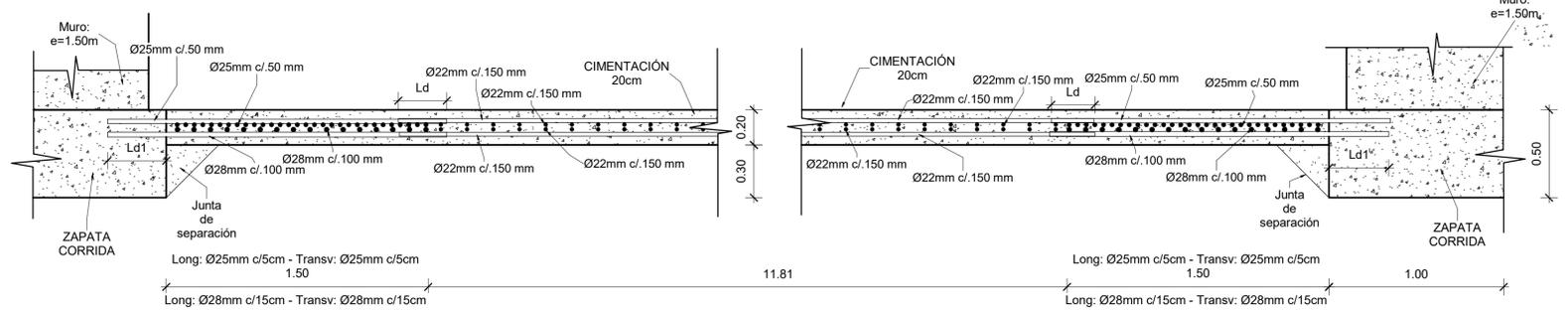
**PLANTA DEL TANQUE SBR PARA 5000 PERSONAS**  
 MEDIDAS EN METROS (m)  
 ESC. 1:75



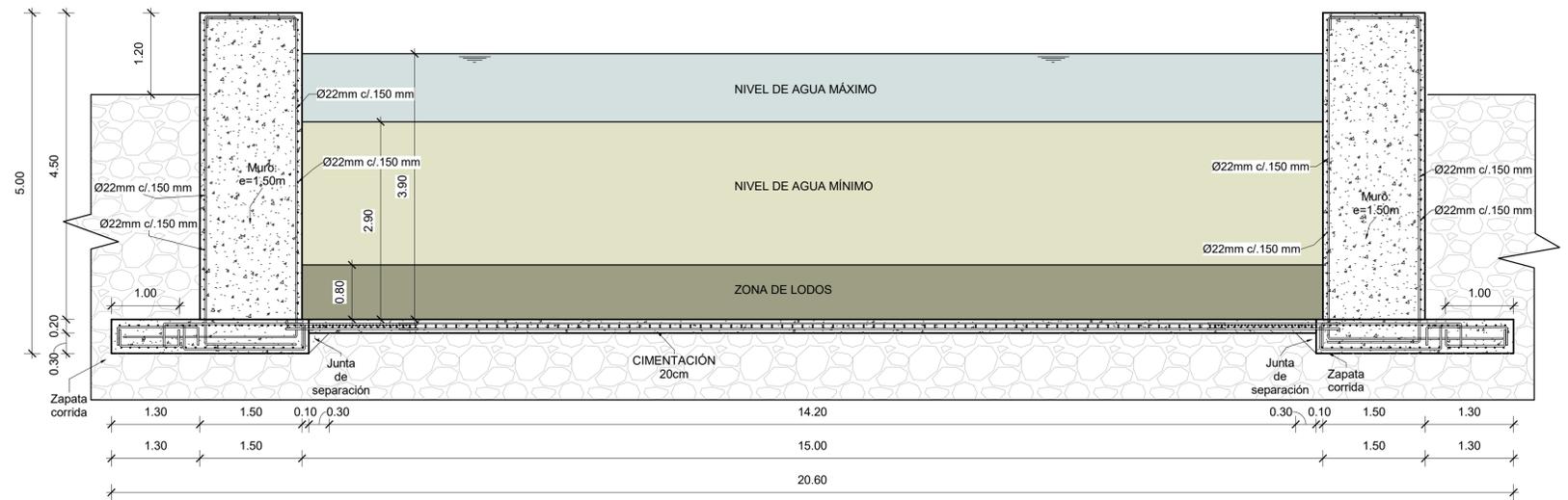
**CORTE TRANSVERSAL CIMENTACIÓN ZAPATA CORRIDA**  
 MEDIDAS EN METROS (m)  
 ESC. 1:50

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- La resistencia del hormigón a los 28 días deberá ser de  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  para muros, losa de cimentación, para la losa de desmontable, y para la media caña. Mientras que será  $f_c=140 \text{ kg/cm}^2$  para el replantillo.
- El acero de refuerzo debe tener una resistencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ . El recubrimiento utilizado es de 50 mm para la losa de cimentación y muros, 25 mm para la losa desmontable.
- Entre la zapata y la losa se debe colocar una junta de separación cada 3.75m
- Se deberá realizar estudios de suelos con una profundidad entre 10 - 15 metros, debe incluir humedad, granulometría, límites de Atterberg, compresión simple en suelos inalterados o SPT en suelos granulares, consolidación, incluyendo la capacidad portante del suelo y nivel freático. Si el suelo por debajo de la losa de cimentación es de condiciones óptimas no se colocará relleno bajo la cimentación superficial

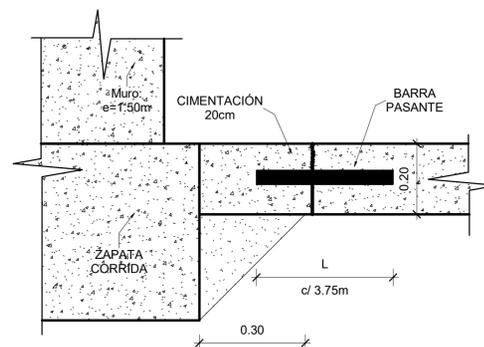


**DETALLE DE REFUERZO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN PARA TANQUE SBR PARA 5000 PERSONAS**  
 MEDIDAS EN METROS (m)  
 ESC. 1:20



**SECCIÓN DE CORTE DEL TANQUE SBR PARA 5000 PERSONAS**  
 MEDIDAS EN METROS (m)  
 ESC. 1:50

| TABLA DE ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL TANQUE SBR PARA 5000 PERSONAS $f_y4200\text{kg/cm}^2$ |            |           |           |            |
|--|------------|-----------|-----------|------------|
| ELEMENTO   | Ø DE BARRA | ESPACIADO | LONGITUD  | TOTALES    |
| <b>Cimentación estructural</b>   |            |           |           |            |
| Cimentación estructural  | Ø22mm      | 150 mm    | 180862 mm | 2826.22 m  |
| Cimentación estructural  | Ø25mm      | 50 mm     | 10769 mm  | 3984.43 m  |
| Cimentación estructural  | Ø25mm      | 100 mm    | 72400 mm  | 1375.60 m  |
| Cimentación estructural  | Ø25mm      | 150 mm    | 86517 mm  | 2200.38 m  |
| TOTAL  |            |           |           | 10386.63 m |
| <b>Muro</b>  |            |           |           |            |
| Muro   | Ø22mm      | 150 mm    | 218499 mm | 12421.79 m |
| TOTAL  |            |           |           | 12421.79 m |
| <b>Suelo</b>   |            |           |           |            |
| Suelo  | Ø22mm      | 150 mm    | 48521 mm  | 3833.13 m  |
| Suelo  | Ø25mm      | 50 mm     | 76137 mm  | 4369.98 m  |
| Suelo  | Ø28mm      | 100 mm    | 81947 mm  | 2333.03 m  |
| TOTAL  |            |           |           | 10536.14 m |



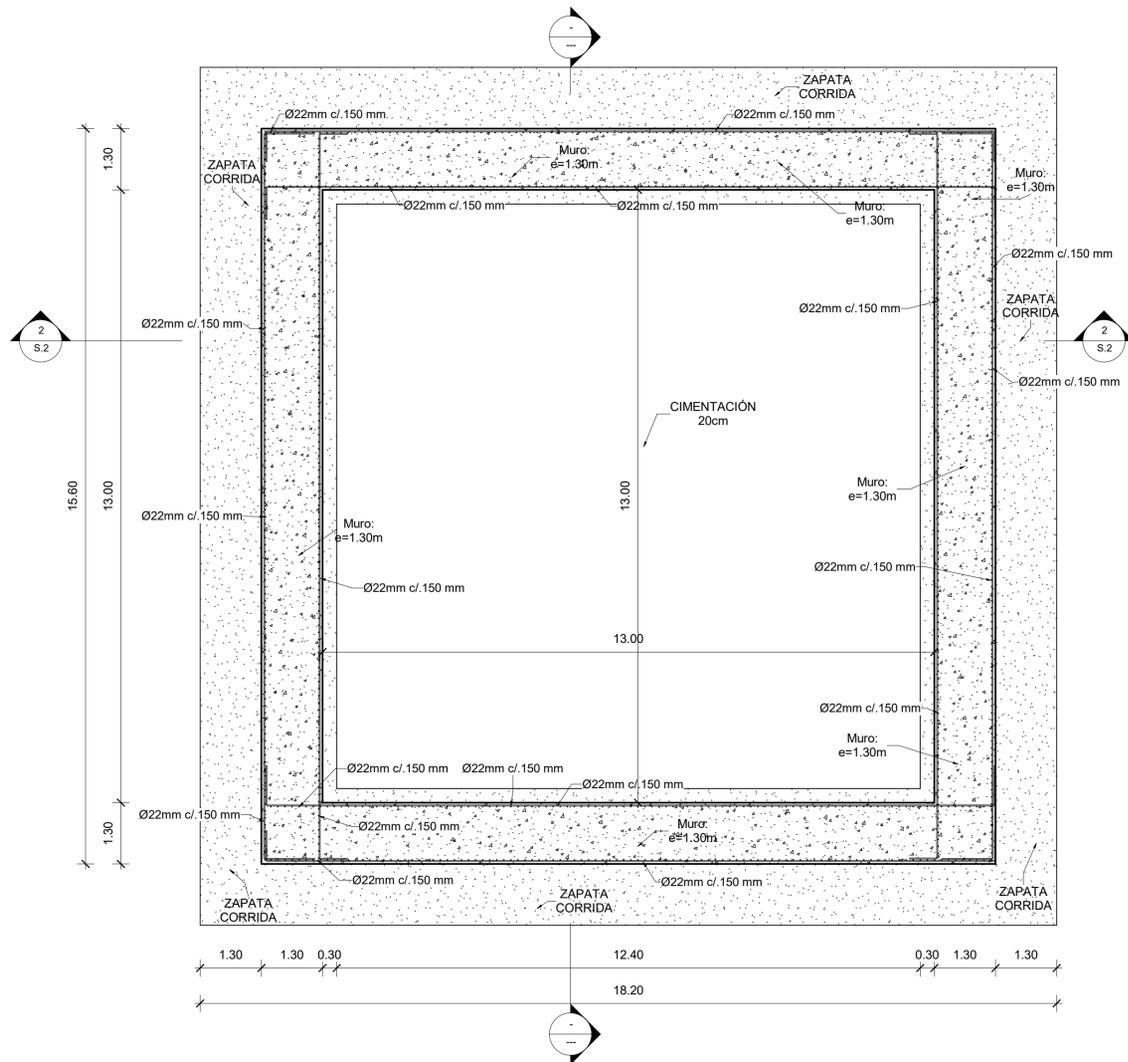
**DETALLE DE JUNTA DE SEPARACIÓN LOSA - ZAPATA CORRIDA**  
 MEDIDAS EN METROS (m)  
 ESC. 1:10

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

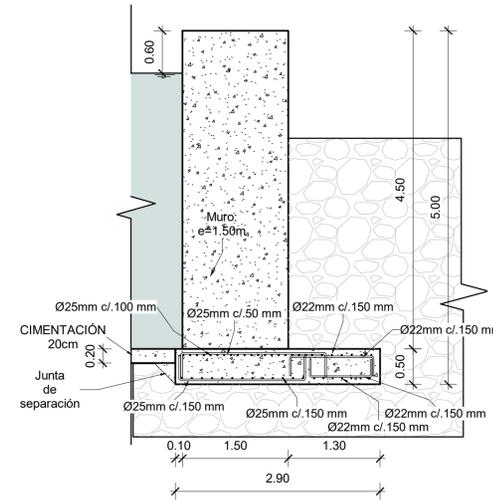
PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLIVAR**

CONTENIDO:  
**DETALLE ESTRUCTURAL DEL TANQUE SBR 5000 PERSONAS, CON SUS ELEMENTOS Y REFUERZOS**

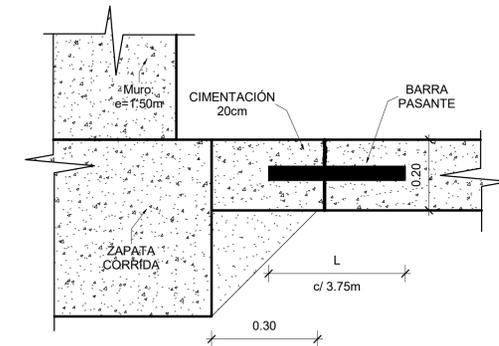
|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Coordinador de la Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- Msc. Cristian Salas<br>- Msc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zabala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>18 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>Msc. Cristian Salas        |   | Lámina:<br>ES 1/3                                   | Escala:<br>Indicada                    |



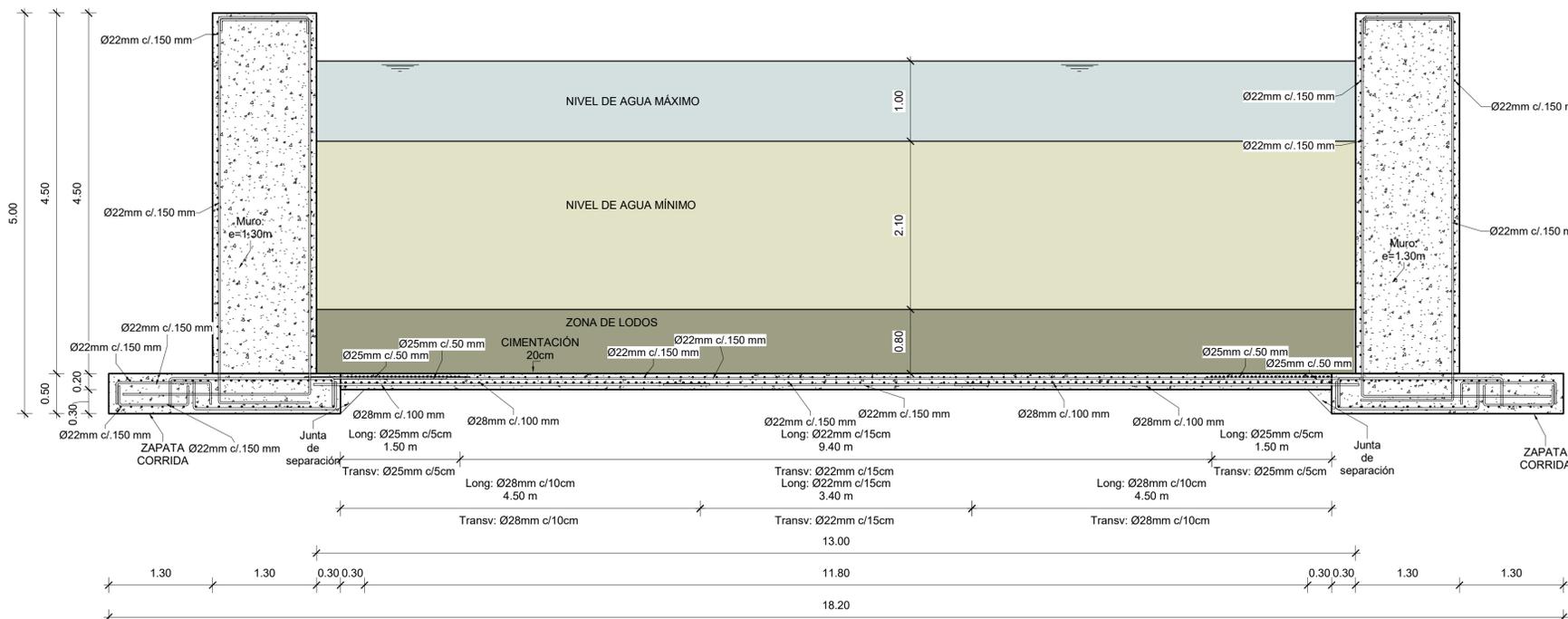
**PLANTA DEL TANQUE SBR PARA 3000 PERSONAS**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:75



**CORTE TRANSVERSAL CIMENTACIÓN ZAPATA CORRIDA**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:50



**DETALLE DE JUNTA DE SEPARACIÓN LOSA - ZAPATA CORRIDA**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:10



**SECCIÓN DE CORTE DEL TANQUE SBR PARA 3000 PERSONAS**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:40

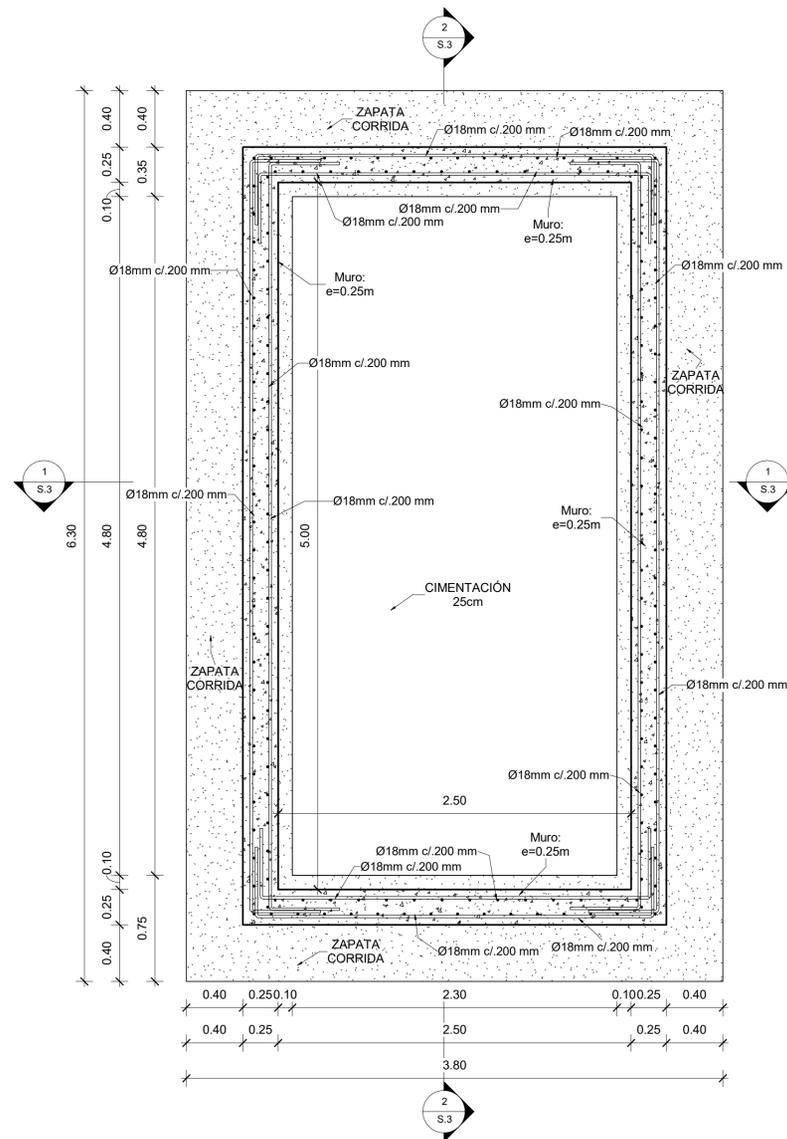
| TABLA DE ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL TANQUE SBR PARA 3000 PERSONAS $f_y 4200 \text{ kg/cm}^2$ |            |           |           |            |
|---|------------|-----------|-----------|------------|
| ELEMENTO  | Ø DE BARRA | ESPACIADO | LONGITUD  | TOTALES    |
| Cimentación estructural   |            |           |           |            |
| Cimentación estructural   | Ø22mm      | 150 mm    | 242518 mm | 3748.89 m  |
| Cimentación estructural   | Ø25mm      | 50 mm     | 10769 mm  | 3467.53 m  |
| Cimentación estructural   | Ø25mm      | 100 mm    | 62806 mm  | 1193.32 m  |
| Cimentación estructural   | Ø25mm      | 150 mm    | 76923 mm  | 1920.61 m  |
| TOTAL   |            |           |           | 10330.35 m |
| Muro  |            |           |           |            |
| Muro  | Ø22mm      | 150 mm    | 197111 mm | 10514.84 m |
| TOTAL   |            |           |           | 10514.84 m |
| Suelo   |            |           |           |            |
| Suelo   | Ø22mm      | 150 mm    | 41736 mm  | 1776.42 m  |
| Suelo   | Ø25mm      | 50 mm     | 38449 mm  | 1881.45 m  |
| Suelo   | Ø28mm      | 100 mm    | 49197 mm  | 2877.74 m  |
| TOTAL   |            |           |           | 6535.60 m  |

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

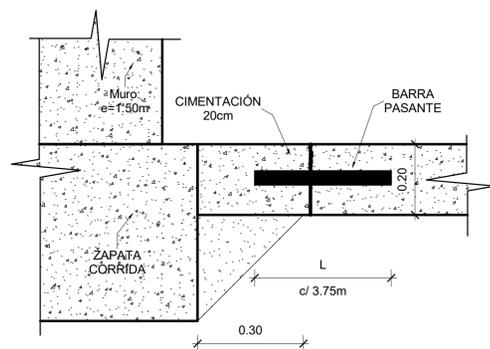
- La resistencia del hormigón a los 28 días deberá ser de  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para muros, losa de cimentación, para la losa de desmontable, y para la media cala. Mientras que será  $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$  para el replantillo.
- El acero de refuerzo debe tener una resistencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ . El recubrimiento utilizado es de 50 mm para la losa de cimentación y muros, 25 mm para la losa desmontable.
- Entre la zapata y la losa se debe colocar una junta de separación cada 3.75m
- Se deberá realizar estudios de suelos con una profundidad entre 10 - 15 metros, debe incluir humedad, granulometría, límites de Atterberg, compresión simple en suelos inalterados o SPT en suelos granulares, consolidación, incluyendo la capacidad portante del suelo y nivel freático. Si el suelo por debajo de la losa de cimentación es de condiciones óptimas no se colocará relleno bajo la cimentación superficial

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

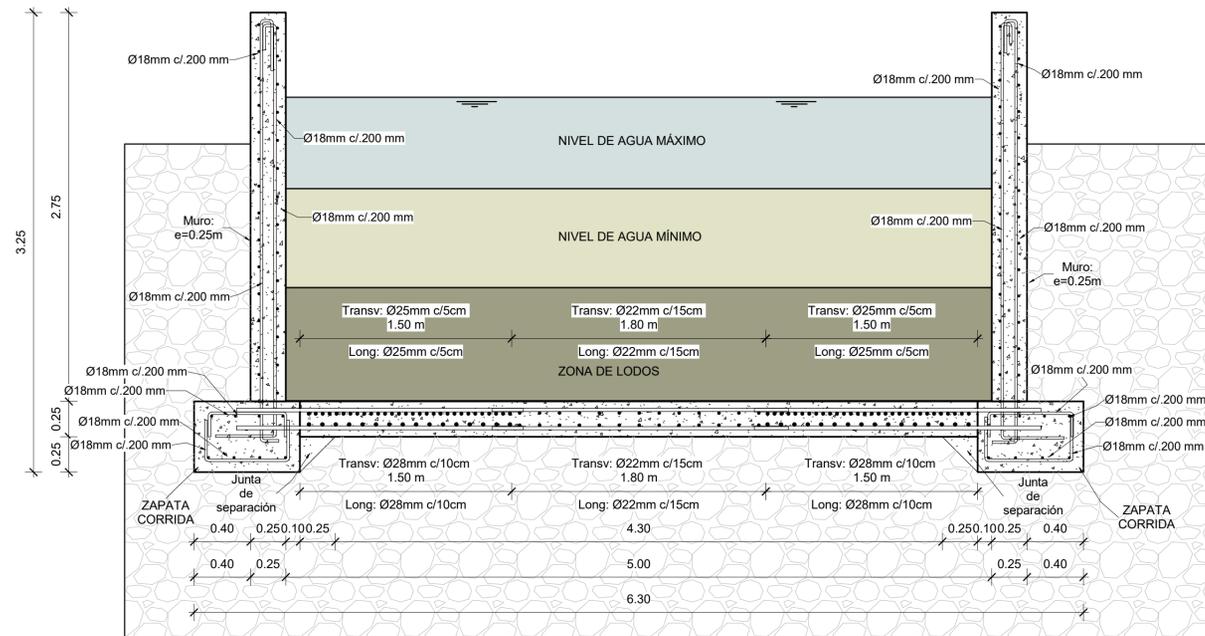
|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| PROYECTO:<br><b>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLIVAR</b> |   |   |  |
| CONTENIDO:<br><b>DETALLE ESTRUCTURAL DEL TANQUE SBR 3000 PERSONAS, CON SUS ELEMENTOS Y REFUERZOS</b>                               |   |   |  |
| Coordinador de la Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez   | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- Msc. Cristian Salas<br>- Msc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zabala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>18 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>Msc. Cristian Salas  |   | Límite:<br>ES 2/3                                   | Escala:<br>Indicada                    |



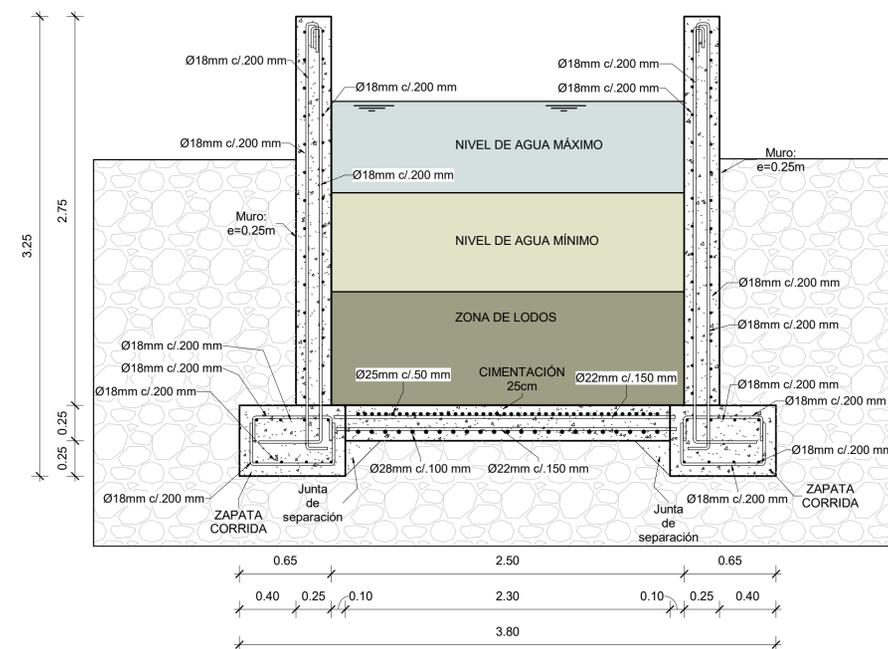
**PLANTA DEL TANQUE SBR PARA 500 PERSONAS**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:25



**DETALLE DE JUNTA DE SEPARACIÓN LOSA - ZAPATA CORRIDA**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:10



**SECCIÓN DE CORTE LONGITUDINAL DEL TANQUE SBR PARA 500 PERSONAS**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:25



**SECCIÓN DE CORTE DEL TANQUE SBR PARA 5000 PERSONAS**  
MEDIDAS EN METROS (m)  
ESC. 1:50

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- La resistencia del hormigón a los 28 días deberá ser de  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  para muros, losa de cimentación, para la losa de desmontable, y para la media caña. Mientras que será  $f_c=140 \text{ kg/cm}^2$  para el replantillo.
- El acero de refuerzo debe tener una resistencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ . El recubrimiento utilizado es de 50 mm para la losa de cimentación y muros, 25 mm para la losa desmontable.
- Entre la zapata y la losa se debe colocar una junta de separación cada 3.75m
- Se deberá realizar estudios de suelos con una profundidad entre 10 - 15 metros, debe incluir humedad, granulometría, límites de Atterberg, compresión simple en suelos inalterados o SPT en suelos granulares, consolidación, incluyendo la capacidad portante del suelo y nivel freático. Si el suelo por debajo de la losa de cimentación es de condiciones óptimas no se colocará relleno bajo la cimentación superficial

**TABLA DE ACERO DE REFUERZO ESTRUCTURAL TANQUE SBR PARA 500 PERSONAS  $f_y4200\text{kg/cm}^2$**

| ELEMENTO                | Ø DE BARRA | ESPACIADO | LONGITUD | TOTALES   |
|-------------------------|------------|-----------|----------|-----------|
| Cimentación estructural |            |           |          |           |
| Cimentación estructural | Ø18mm      | 200 mm    | 49347 mm | 344.84 m  |
| TOTAL                   |            |           |          | 344.84 m  |
| Muro                    |            |           |          |           |
| Muro                    | Ø18mm      | 200 mm    | 67905 mm | 1149.05 m |
| TOTAL                   |            |           |          | 1149.05 m |
| Suelo                   |            |           |          |           |
| Suelo                   | Ø22mm      | 150 mm    | 9022 mm  | 92.10 m   |
| Suelo                   | Ø25mm      | 50 mm     | 8197 mm  | 302.76 m  |
| Suelo                   | Ø28mm      | 100 mm    | 8099 mm  | 158.01 m  |
| TOTAL                   |            |           |          | 552.86 m  |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA EL MANEJO DE LAS AGUAS SERVIDAS EN LA CIUDAD DE CALUMA, PROV. BOLIVAR**

CONTENIDO:  
**DETALLE ESTRUCTURAL DEL TANQUE SBR 500 PERSONAS, CON SUS ELEMENTOS Y REFUERZOS**

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Coordinador de la Materia Integradora:<br>Phd. Miguel Chávez | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- Msc. Cristian Salas<br>- Msc. Felipe Cabezas<br>- Dist. Int. Carola Zabala | Estudiantes:<br>- Jairo Zavala<br>- Christian Baque | Fecha de Entrega:<br>18 de enero, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>Msc. Cristian Salas        |   |   | Línea:<br>ES 3/3                       |
|  |   |   | Escala:<br>Indicada                    |