

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

Valoración y análisis técnico en la búsqueda de soluciones para el  
aprovechamiento del lago de ingenierías de la ESPOL

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO CIVIL**

Presentado por:

Pablo Daniel Rosales Serrano

Ana María Velásquez Molina

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

# DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico en primer lugar a Dios por darme el conocimiento y fortaleza para cumplir mis metas a lo largo de mi vida.

En segundo lugar, a mis padres, Iván Rosales y Alexandra Serrano, por darme el apoyo incondicional para poder culminar mis estudios, la confianza y todo el amor que me brindan siempre, por consiguiente, a mi novia Gilda quién me ha apoyado durante mis estudios universitarios.

Finalmente, agradezco a mis amigos y personas que han formado parte de mi vida y me han ayudado a construir el camino hacia la excelencia académica.

**Pablo Daniel Rosales Serrano**

El presente proyecto lo dedico a Dios por darme la fortaleza para seguir adelante, a mis padres, Gonzalo Eduardo Velásquez y Ana Pilar Molina, que siempre han estado en los momentos más difíciles en mi vida, a mi novio Walter Gonzabay por darme su apoyo incondicional en mis últimos años de estudio.

Al Ingeniero Fernando Vizhñay, al Sr. Jorge Salinas, a la PhD Ingeniera Ana Rivas por el apoyo brindado a lo largo de mi vida académica.

A todas las personas que de alguna manera han puesto un granito de arena para que pueda culminar mi vida académica con éxito.

A todos les estaré eternamente agradecida.

**Ana María Velásquez Molina**

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento a la Ingeniera Bethy Merchán por su valiosa ayuda como de tutora.

Al departamento de CIPAT por el préstamo de equipos y en especial a la Ingeniera Emily Sánchez por brindarnos su apoyo incondicional en campo.

A todos los profesores de la FICT, al decanato de la FIMCM, al departamento de GIF y al departamento de mantenimiento que apoyaron con sus conocimientos y recursos para la realización de este proyecto de tesis.

A la doctora Priscila Valverde y al Ingeniero Cristhian Aguilar por el préstamo de laboratorio y por las pautas brindadas en la realización de los ensayos las cuales nos fueron de vital importancia.

En general, agradecemos a todas las personas quienes aportaron a la realización del presente proyecto.

**Pablo Daniel Rosales Serrano**

**Ana María Velásquez Molina**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Pablo Daniel Rosales Serrano* y *Ana María Velásquez Molina*, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Pablo Daniel Rosales Serrano



Ana María Velásquez Molina

## **EVALUADORES**

**Ing. Miguel Ángel Chávez, PhD**

PROFESOR DE LA MATERIA

**Ing. Bethy Merchán, M.Sc.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

ESPOL está comprometida en lograr el desarrollo sostenible de su campus, por lo que busca soluciones que le permitan aprovechar los recursos que posee sin agotarlos. En base a estudios realizados por el Plan Maestro de agua potable, entre los años 2017 al 2019, ESPOL gastó en promedio USD 210.639,22 por año en el pago de planilla de agua potable. El presente proyecto tiene como objetivo analizar el lago de Ingenierías de la ESPOL mediante la valoración y análisis técnico para su aprovechamiento, el cual permita el suministro de agua potable y otros usos para el bienestar de toda la comunidad Politécnica. El consumo actual de ESPOL (2022) con una población de 20.095 hab es de 104.976.42 m<sup>3</sup>/día con una dotación de 51.26 L/hab\*día, mientras que para el año de diseño, 2035, la población proyectada es de 24.699 hab el cual tendrá un consumo de 149.203.60 m<sup>3</sup>/día con una dotación de 60 L/hab\*día. Se realizó un balance de masas donde se contrastó la disponibilidad de agua del embalse contra la necesidad de consumo de la población para el año 2035 en el que se obtuvo un déficit, por lo que se propuso el diseño de una pantalla de inyecciones de impermeabilización que disminuya las fugas a través de la cimentación de la presa y permita aumentar el volumen disponible. Cuando se solucionó el déficit, mediante el uso de las normas del Código de Práctica Ecuatoriano - CPE INEN 5 parte 9-1:1992 y el Manual del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS, se diseñó una Planta de Tratamiento de Agua Potable -PTAP, a nivel de prefactibilidad y una posible ubicación dentro del Campus Gustavo Galindo. Con la solución de la inyección de impermeabilización se logró incrementar el volumen disponible y disminuir el caudal de infiltración en un 95% con lo que se solucionó el déficit de agua en el lago. El presupuesto referencial para las inyecciones es de USD 274.968,06 el cual se amortizaría en 16 meses con respecto al pago de USD 210.639,00 por concepto de agua potable, esta solución es el primer paso para el aprovechamiento sostenible y economía circular de lago de ingenierías.

**Palabras Claves:** Embalse, agua potable, desarrollo sostenible, economía circular, inyecciones cementicias.

## **ABSTRACT**

*ESPOL is committed to achieving the development of a sustainable campus, which is why it seeks solutions that allow it to take advantage of the resources it has without depleting them. Based on studies carried out by the Drinking Water Master Plan, between 2017 and 2019, ESPOL spent an average of USD 210,639.22 per year on drinking water bills. The objective of this project is to analyze the Lake located near the engineering faculties of ESPOL through the assessment and technical analysis for its use, which allows the supply of drinking water and other uses for the well-being of the entire Polytechnic community. The current consumption of ESPOL (2022) with a population of 20,095 inhabitants is 104,976.42 m<sup>3</sup>/day with an allocation of 51.26 L /inhab\*day, while for the design year, 2035, with a projected population of 24,699 inhabitants. Causing a consumption of 149,203.60 m<sup>3</sup>/day with a provision of 60 L/inhab\*day. A mass balance was carried out to determine the available volume of water the lake has, and then contrast this value against the consumption needs of the population for the year 2035, the results showed a deficit in the hydraulic resource of the lake, for which the design of a screen of waterproofing injections was proposed. Reducing leaks through the dam foundation and increasing the available volume. When the deficit was solved, through the use of the norms of the Ecuadorian Code of Practice - CPE INEN 5 part 9-1:1992 and the Manual of the Pan- American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences - CEPIS, a Wastewater Treatment Plant was designed. Potable Water -PTAP, at the pre-feasibility level and a possible location within the Gustavo Galindo Campus. With the waterproofing injection solution, it was possible to increase the available volume and reduce the infiltration flow by 95%, thus solving the water deficit in the lake. The referenced budget for the injections is USD 274.968,06, which would be amortized in 16 months, compared to the payment of USD 210,639.00 for drinking water, this solution is the first step toward the sustainable use and circular economy of Lake located near the engineering faculties of ESPOL.*

**Keywords:** *Reservoir, drinking water, sustainable development, circular economy, cement injections.*



# ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| RESUMEN.....   | I    |
| ABSTRACT.....  | II   |
| ÍNDICE GENERAL.....                                    | III  |
| ABREVIATURAS.....                                      | VII  |
| SIMBOLOGÍA.....  | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                 | IX   |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                  | XII  |
| ÍNDICE DE PLANOS.....                                  | XVI  |
| CAPÍTULO 1   |      |
| 1. Introducción.....                                   | 1    |
| 1.1 Antecedentes.....                                  | 1    |
| 1.2 Localización.....                                  | 4    |
| 1.3 Información básica.....                            | 5    |
| 1.3.1 Generalidades del embalse del lago de ESPOL..... | 5    |
| 1.3.2 Clima.....                                       | 5    |
| 1.3.3 Geología.....                                    | 6    |
| 1.3.4 Población.....                                   | 6    |
| 1.3.5 Topografía.....                                  | 7    |
| 1.3.6 Batimetría.....                                  | 8    |
| 1.4 Objetivos.....                                     | 9    |
| 1.4.1 Objetivo General.....                            | 9    |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....                       | 9    |
| 1.5 Justificación.....                                 | 10   |
| 1.6 Marco Teórico.....                                 | 10   |
| CAPÍTULO 2   |      |
| 2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....                        | 16   |

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| 2.1               | Metodología.....   | 16        |
| 2.2               | Trabajo de campo, laboratorio y gabinete .....   | 16        |
| 2.2.1             | Topografía y Batimetría .....  | 17        |
| 2.2.2             | Modelado topográfico 3D.....   | 19        |
| 2.2.3             | Población y dotación.....  | 19        |
| 2.2.4             | Estudio Hidrológico .....  | 22        |
| 2.2.5             | Balance de masa .....  | 26        |
| 2.2.6             | Caracterización del lago .....   | 28        |
| 2.3               | Descripción de las restricciones del proyecto.....   | 37        |
| 2.4               | Análisis de alternativas.....  | 37        |
| 2.4.1             | Consideraciones técnicas .....   | 38        |
| 2.4.2             | Consideraciones Sociales.....  | 38        |
| 2.4.3             | Consideraciones económicas .....   | 38        |
| 2.4.4             | Consideraciones ambientales.....   | 38        |
| 2.4.5             | Métrica de evaluación .....  | 38        |
| 2.4.6             | Descripción de las alternativas .....  | 39        |
| 2.4.7             | Selección de alternativa óptima .....  | 40        |
| 2.5               | Plan de trabajo .....  | 41        |
| <b>CAPÍTULO 3</b> |  |           |
| 3.                | <b>DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES .....</b>  | <b>43</b> |
| 3.1               | Diseño de la alternativa seleccionada .....  | 43        |
| 3.1.1             | Disminuir los caudales de infiltración de la presa (fugas) .....   | 43        |
| 3.2               | Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable a nivel de prefactibilidad .....                                   | 51        |
| 3.2.1             | Posible ubicación de la planta de tratamiento de agua potable PTAP .....   | 51        |
| 3.2.2             | Diseño preliminar de los procesos y operaciones unitarias para una planta de tratamiento de agua potable en ESPOL..... | 54        |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 3.3 | Especificaciones técnicas de la solución de inyección de impermeabilizante .. | 99 |
|-----|---|----|

## CAPÍTULO 4

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.    | ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL .....  | 100 |
| 4.1   | Objetivos .....  | 100 |
| 4.1.1 | Objetivo General .....   | 100 |
| 4.1.2 | Objetivos Específicos.....   | 100 |
| 4.2   | Descripción del proyecto .....   | 100 |
| 4.2.1 | Tipo de Estudio .....  | 101 |
| 4.2.2 | Ubicación del Proyecto .....   | 102 |
| 4.3   | Línea base ambiental .....   | 103 |
| 4.3.1 | Medio físico.....  | 103 |
| 4.3.2 | Medio Biótico .....  | 104 |
| 4.3.3 | Medio socioeconómico .....   | 105 |
| 4.4   | Implementación de inyección de impermeabilizante en la presa de ESPOL..                      | 106 |
| 4.4.1 | Actividades del proyecto .....   | 106 |
| 4.4.2 | Identificación de impactos ambientales durante la implementación de la obra. ....            | 106 |
| 4.4.3 | Valoración de impactos ambientales de las inyecciones de impermeabilizante en la presa ..... | 107 |
| 4.5   | Análisis de la Interacción del Lago con el Medio .....                                       | 112 |
| 4.5.1 | Interacción del Lago con el Medio .....  | 112 |
| 4.5.2 | Medidas de prevención para las interacciones del Lago con el medio ....                      | 113 |
| 4.6   | Conclusiones y recomendaciones.....  | 115 |

## CAPÍTULO 5

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 5.  | PRESUPUESTO.....                              | 116 |
| 5.1 | Estructura de desglose de trabajo (EDT) ..... | 116 |
| 5.2 | Descripción de rubros.....                    | 116 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 5.3          | Análisis de costos unitarios .....  | 117 |
| 5.4          | Descripción de cantidades de obra .....   | 117 |
| 5.5          | Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental..... | 118 |
| 5.6          | Cronograma de obra .....  | 119 |
| CAPÍTULO 6   |   |     |
| 6.           | Conclusiones Y Recomendaciones .....  | 120 |
|              | Conclusiones.....   | 120 |
|              | Recomendaciones.....  | 121 |
| BIBLIOGRAFÍA |   |     |
| ANEXOS       |   |     |

## ABREVIATURAS

|         |  |
|---------|--|
| CAPEX   | Capital expenditure (Gastos en capital).                                   |
| CENAE   | Campo Experimental y de Enseñanza Agropecuaria                             |
| CEPIS   | entorno Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.      |
| COPOL   | Unidad Educativa Particular Politécnico                                    |
| ESPOL   | Escuela Superior Politécnica del Litoral.                                  |
| FADCOM  | Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual.                       |
| FAO     | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. |
| FCSH    | Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas.                              |
| FCNM    | Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas.                              |
| FICT    | Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.                           |
| FIEC    | Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación.                      |
| FIMCBOR | Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.                        |
| FIMCP   | Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.               |
| GIF     | Gerencia de Infraestructura Física.  |
| INAMHI  | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología                            |
| NEC     | Norma Ecuatoriana de la Construcción.                                      |
| OPEX    | Operational expenditures (Gastos operativos).                              |
| PARCON  | Parque del conocimiento.   |
| PTAP    | Planta de Tratamiento de Agua Potable.                                     |
| SEBIOCA | Sociedad Ecuatoriana de Biotecnología de la ESPOL.                         |
| STEM    | Edificio de Posgrados de ESPOL.  |
| TULSMA  | Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente.               |
| UBEP    | Unidad de Bienestar Estudiantil y Politécnico                              |

## SIMBOLOGÍA

|         |                               |
|---------|-------------------------------|
| Ce      | Conductividad eléctrica       |
| F       | Número de Froude              |
| f       | Factor de fricción de Darcy   |
| g       | Gravedad                      |
| G       | Gradiente de velocidad        |
| H       | Altura                        |
| Ha.     | Hectáreas                     |
| hc      | Profundidad crítica           |
| m       | Metro                         |
| mm      | milímetro                     |
| mg      | Miligramo                     |
| m.s.n.m | Metros sobre el nivel del mar |
| NTU     | Nephelometric Turbidity Unit  |
| L       | Litro                         |
| Ph      | Potencial de Hidrógeno        |
| PVC     | Policloruro de vinilo         |
| Q       | Caudal                        |
| Qd      | Caudal de diseño              |
| Qmd     | Caudal máximo diario          |
| Qmh     | Caudal máximo horario         |
| Qp      | Caudal de la planta           |
| Re      | Número de Reynolds            |
| Rh      | Radio hidráulico              |
| S       | Pendiente                     |
| T       | Temperatura                   |
| V       | Volumen                       |
| v       | Velocidad                     |
| vm      | Velocidad media               |
| vh      | Velocidad de resuspensión     |
| vs      | Velocidad de sedimentación    |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Pérdida y consumo para los años 2017, 2018, 2019 con Dotación de 50L/Hab*día. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) ..... | 2  |
| Figura 1.2 Zonificación de ESPOL Fuente: Haga clic o pulse aquí para escribir texto...  | 3  |
| Figura 1.3 Localización del lago de ingenierías.....  | 5  |
| Figura 1.4 Resultados levantamiento topográfico con Estación total del lago de ingenierías Fuente: (Mendoza & Larreta, 2018) .....          | 7  |
| Figura 1.5 Resultados levantamiento topográfico con GPS Diferencial del lago de ingenierías.....  | 8  |
| Figura 1.6 Resultados simulación batimetría del lago de ingenierías.....  | 9  |
| Figura 2.1 Metodología propuesta.....   | 16 |
| Figura 2.2 Se muestra a unión de puntos obtenidos como resultado del levantamiento topográfico y batimetría. ....                           | 18 |
| Figura 2.3 Levantamiento topográfico en el enrocado y espejo de agua. ....  | 18 |
| Figura 2.4 Toma de datos utilizando el GPS diferencial.....   | 19 |
| Figura 2.5 Modelado de los puntos del Lago de ESPOL.....  | 19 |
| Figura 2.6 Áreas de microcuencas en la ESPOL Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....   | 22 |
| Figura 2.7 Aporte de las microcuencas 1 y 2 al lago de ingenierías.....   | 23 |
| Figura 2.8 Mapa de Isoyetas Media Anual / serie 81 - 2010. Fuente: (INAMHI, 2012).  | 24 |
| Figura 2.9 Los 4 puntos de muestreo que se realizaron en el lago de ESPOL. ....   | 28 |
| Figura 2.10 Realizando el muestreo en el lago de ESPOL. ....  | 29 |
| Figura 2.11 Toma de datos de parámetros insitu. ....  | 29 |
| Figura 2.12 Ensayo de coliformes totales.....   | 30 |
| Figura 2.13 Ensayo de la DBO 5. ....  | 30 |
| Figura 2.14 Test de Arsénico.....   | 31 |
| Figura 2.15 Gráfica de Test de Jarras con eficiencia del 72%.....   | 33 |
| Figura 2.16 Gráfica Idealizada de Break Point. Fuente: (Orenda Technologies, 2017)  | 34 |
| Figura 2.17 Resultado del ensayo de Break Point – Gráfica en Excel. ....  | 34 |
| Figura 2.18 Resultado del ensayo de Break Point – Gráfica en papel milimetrado. ....  | 35 |
| Figura 2.19 Acidificación de la muestra de agua, para su posterior análisis de DQO. .   | 35 |
| Figura 2.20 Realización de los análisis de nitratos y nitritos de las muestras de agua.   | 36 |
| Figura 3.1 Perfil Longitudinal de la presa y cimentación. Fuente: (Chávez, 2022) .....  | 43 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 3.2 Planta de la presa. Fuente: (Chávez, 2022) .....   | 44  |
| Figura 3.3 Coeficiente de permeabilización según el tipo de suelo. Fuente: (FAO, 2006)<br>.....   | 45  |
| Figura 3.4 Perfil longitudinal de la presa y cimentación. Fuente: (Chávez, 2022) .....  | 46  |
| Figura 3.5 Vista en planta de los taladros y su radio de acción. Fuente: (Chávez, 2022)<br>.....  | 47  |
| Figura 3.6 Perfil típico de la presa. Fuente: (Chávez, 2022).....   | 47  |
| Figura 3.7 Perfil longitudinal de la presa y cimentación. Fuente: (Chávez, 2022) .....  | 48  |
| Figura 3.8 Pantalla impermeable inyectada. Fuente: (Chávez, 2022) .....   | 49  |
| Figura 3.9 Ubicación cerca de la cabaña a lado del lago. ....   | 52  |
| Figura 3.10 Ubicación cerca al vertedero tipo Cimacio frente al coliseo. ....   | 52  |
| Figura 3.11 Ubicación frente a FADCOM. ....   | 53  |
| Figura 3.12 Etapas del proceso de potabilización del agua cruda en agua potable.<br>Fuente: (Ordoñez Sánchez, 2015) .....                                   | 58  |
| Figura 3.13 Planta de coagulación y filtración convencional Fuente: (Romero Rojas,<br>1999) .....   | 60  |
| Figura 3.14 Configuración del resalto en un vertedero rectangular. Fuente:(Romero<br>Rojas, 1999) .....   | 61  |
| Figura 3.15 Esquema de un floculador hidráulico de flujo horizontal. Fuente: (Romero<br>Rojas, 1999) .....  | 70  |
| Figura 3.16 Esquema de un sedimentador convencional. Fuente: (Fayllar, 2022).....   | 82  |
| Figura 3.17 Esquema típico de un filtro. Fuente: (Romero Rojas, 1999).....  | 91  |
| Figura 3.18 Principales características de los filtros. Fuente: (Romero Rojas, 1999)...   | 92  |
| Figura 4.1 Construcción de Infraestructura Civil. Fuente: Sistema Único de Información<br>Ambiental (SIUA).....   | 101 |
| Figura 4.2 Proyectos de Agua Potable (Captación, Conducción, Potabilización y<br>Distribución). Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SIUA) ..... | 102 |
| Figura 4.3 Área de la zona de estudio. ....   | 102 |
| Figura 4.4 Área de implantación. ....   | 103 |
| Figura 4.5 Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental. Fuente:Sistema<br>Nacional de Información, SIN 2014 .....                          | 104 |
| Figura 4.6 Mapa de ubicación que indica las zonas que son protegidas. Fuente:<br>Protected Planet, 2014-2022. ....  | 105 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 6.1 Estructura de desglose de trabajo.....                             | 175 |
| Figura 6.2 Información del muestreo IN SITU, punto 1. ....                    | 198 |
| Figura 6.3 Información del muestreo IN SITU, punto 2. ....                    | 199 |
| Figura 6.4 Información del muestreo IN SITU, punto 3. ....                    | 200 |
| Figura 6.5 Información del muestreo IN SITU, punto 4. ....                    | 201 |
| Figura 6.6 Plan de trabajo de la materia integradora, diagrama de Gantt. .... | 204 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1.1 Zonificación del Área de Estudio Para Agua Potable. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....  | 3  |
| Tabla 1.2 Zonificación del Área de Estudio Para Riego. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....   | 4  |
| Tabla 1.3 Población de ESPOL en el 2022. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....   | 6  |
| Tabla 1.4 Población de ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....   | 7  |
| Tabla 1.5 Corresponde a los parámetros de calidad de agua doméstica establecidos en la tabla 1 en la normativa TULSMA. Fuente: (TULSMA, 2015) .....     | 12 |
| Tabla 1.6 Corresponde a los parámetros de calidad de agua para riego establecidos en la tabla 4 en la normativa TULSMA. Fuente: (TULSMA, 2015) .....    | 13 |
| Tabla 2.1 Población de ESPOL en el año 2022. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....   | 20 |
| Tabla 2.2 Población de ESPOL proyectada al año de diseño del 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).....                                    | 20 |
| Tabla 2.3 Dotación para tipos de edificación. Fuente: (NEC, 2011). .....  | 20 |
| Tabla 2.4 Consumo de agua potable para la población de ESPOL para el año 2022. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) .....                       | 21 |
| Tabla 2.5 Consumo de agua potable para la población de ingenieras de la ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)..... | 21 |
| Tabla 2.6 Área de la microcuenca. ....  | 23 |
| Tabla 2.7 Datos de la estación meteorológica Guayaquil-Radio Sonda. Fuente:(INAMHI, 2012) .....   | 24 |
| Tabla 2.8 Temperaturas máximas, mínimas y mensuales obtenidas de la estación meteorológica MA2V. ....   | 25 |
| Tabla 2.9 Evapotranspiración calculada por el método de Thornthwaite. ....  | 25 |
| Tabla 2.10 Entradas de agua anuales al lago de ESPOL año 2022.....  | 26 |
| Tabla 2.11 Salidas de agua anuales del lago de ESPOL año 2022. ....   | 27 |
| Tabla 2.12 Necesidad de agua de ESPOL para el año 2022. ....  | 27 |
| Tabla 2.13 Necesidad de agua de ESPOL para el año 2035. ....  | 27 |
| Tabla 2.14 Resultados de parámetros in situ. ....   | 30 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 2.15 Resultados de ensayos de calidad de agua para uso doméstico. ....   | 31 |
| Tabla 2.16 Resultados de la caracterización del lago respecto a la calidad del agua para uso en riego.....           | 36 |
| Tabla 2.17 Parámetros medidos en los ensayos en laboratorio. ....  | 37 |
| Tabla 2.18 Resultados del Ensayo de Sólidos (SST, SSF, SSV) .....  | 37 |
| Tabla 2.19 Matriz de Likert. ....  | 39 |
| Tabla 2.20 Alternativas planteadas por los suscritos.....  | 40 |
| Tabla 2.21 Resultados de la selección de la Alternativa Ganadora.....  | 41 |
| Tabla 2.22 Plan de trabajo que se seguirá a lo largo del proyecto integrador.....                                    | 42 |
| Tabla 3.1 Resumen información técnica. ....  | 49 |
| Tabla 3.2 Criterios para evaluar las alternativas planteadas.....  | 52 |
| Tabla 3.3 Matriz de Likert con referencia a la ubicación de la PTAP.....   | 53 |
| Tabla 3.4 Población de ESPOL proyectada al año de diseño del 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)..... | 54 |
| Tabla 3.5 Resumen población de ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).....       | 55 |
| Tabla 3.6 Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable. Fuente: (INEN, 1992).....             | 57 |
| Tabla 3.7 Resumen de caudales año 2035. ....   | 58 |
| Tabla 3.8 Datos iniciales para el diseño del vertedero donde se encontrará el resalto hidráulico. ....               | 61 |
| Tabla 3.9 Dimensiones del vertedero rectangular. ....  | 62 |
| Tabla 3.10 Resultados del diseño preliminar de la mezcla rápida (Coagulación).....                                   | 69 |
| Tabla 3.11 Datos necesarios para el cálculo de la longitud del canal de floculación del primer tramo. ....           | 71 |
| Tabla 3.12 Datos necesarios para el cálculo de la longitud del canal de floculación del segundo tramo.....           | 71 |
| Tabla 3.13 Propiedades del agua a 25°C.....  | 80 |
| Tabla 3.14 Datos necesarios para el cálculo del gradiente de velocidad para el primer tramo. ....                    | 81 |
| Tabla 3.15 Datos necesarios para el cálculo del gradiente de velocidad para el segundo tramo. ....                   | 81 |
| Tabla 3.16 Resultados del diseño preliminar de la mezcla lenta (Floculación).....                                    | 82 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 3.17 Criterios utilizados para el diseño del sedimentador.....   | 83  |
| Tabla 3.18 Datos para el cálculo de la carga superficial. ....   | 84  |
| Tabla 3.19 Datos para el cálculo de la profundidad del tanque. ....  | 86  |
| Tabla 3.20 Datos para el calculo de la longitud del vertedero de salida.....   | 88  |
| Tabla 3.21 Resultados del diseño preliminar de los clarificadores. ....  | 90  |
| Tabla 3.22 Resumen caudal de la planta de tratamiento. ....  | 92  |
| Tabla 3.23 resumen Caudal de diseño. ....  | 93  |
| Tabla 3.24 El medio por el cual se filtrará el agua. ....  | 94  |
| Tabla 3.25 La distribución del medio filtrante. ....   | 94  |
| Tabla 3.26 Duración de la carrera. ....  | 94  |
| Tabla 3.27 Pérdida de carga inicial y final. ....  | 94  |
| Tabla 3.28 Porcentaje de agua de lavado del agua filtrada.....   | 94  |
| Tabla 3.29 Profundidad de cada medio filtrante. ....   | 95  |
| Tabla 3.30 Profundidad de la grava.....  | 95  |
| Tabla 3.31 Drenaje del filtro.....   | 95  |
| Tabla 3.32 Resumen diseño de los filtros.....  | 95  |
| Tabla 3.33 Agentes desinfectantes químicos y físicos. Fuente: (LENNTECH, 2022)....                                     | 96  |
| Tabla 3.34 Caudales para el diseño del tanque de desinfección.....   | 97  |
| Tabla 3.35 Tiempo de contacto en el tanque.....  | 97  |
| Tabla 3.36 Dosis óptima para el tanque de contacto.....  | 97  |
| Tabla 3.37 Datos para el cálculo del volumen del tanque. ....  | 97  |
| Tabla 3.38 Datos para el cálculo del diámetro del tanque. ....   | 98  |
| Tabla 3.39 Diámetro, altura y borde libre seleccionados.....   | 98  |
| Tabla 3.40 Con los datos seleccionados se calcula el volumen real del tanque. ....                                     | 98  |
| Tabla 3.41 Resumen diseño de tanque de contacto. ....  | 99  |
| Tabla 4.1 Resumen de la selección de alternativas propuestas en el capítulo 2.....                                     | 101 |
| Tabla 4.2 Coordenadas del área de implantación. ....   | 103 |
| Tabla 4.3 Tabla de población del área de ingenierías de la ESPOL. Fuente: (Cruz<br>Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)..... | 106 |
| Tabla 4.4 Tabla resumen de actividad, factor ambiental e impacto.....  | 107 |
| Tabla 4.5 Valoración de los impactos ambientales.....  | 108 |
| Tabla 4.6 Ponderación de los pesos para la evaluación de cada característica.....                                      | 108 |
| Tabla 4.7 Matriz de Leopold. ....  | 109 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 4.8. Valoración de impactos. ....  | 110 |
| Tabla 4.9 Medidas propuestas para el control sobre la contaminación del aire y ruido. ....                                       | 111 |
| Tabla 4.10 Medida propuesta para el manejo de desechos. ....   | 111 |
| Tabla 4.11 Medida propuesta para la relación con la comunidad. ....  | 111 |
| Tabla 4.12 Medida propuesta para la seguridad y salud ocupacional. ....  | 112 |
| Tabla 4.13 Medida propuesta para mitigar la contaminación de la cuenca de aporte del embalse. ....                               | 114 |
| Tabla 4.14 Medida propuesta para mitigar la disminución del volumen de agua del embalse. ....                                    | 114 |
| Tabla 4.15 Medida para mitigar la posible contaminación de aguas servidas. ....  | 114 |
| Tabla 4.16 Medida para mitigar el posible uso no adecuado del lago. ....   | 114 |
| Tabla 4.17 Medida para mitigar el crecimiento de lechuguines en el embalse. ....   | 115 |
| Tabla 5.1 Tabla de cantidades de obra. ....  | 117 |
| Tabla 5.2 Costo de la solución de inyección de impermeabilización en la presa. ....  | 118 |
| Tabla 6.1 Resumen población proyectada al año 2035 por parte de Plan Maestro. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021). .... | 186 |
| Tabla 6.2 Resumen caudales proyectados al año de diseño 2035. ....   | 193 |
| Tabla 6.3 Entrada de agua al embalse por precipitación. ....   | 194 |
| Tabla 6.4 Entrada de agua al embalse por escorrentía. ....   | 194 |
| Tabla 6.5 Salida de agua del embalse por riego de áreas verdes. ....   | 194 |
| Tabla 6.6 Salida de agua del embalse por bombeo riego CENAE. ....  | 195 |
| Tabla 6.7 Salida de agua de embalse por fugas a través de la cimentación de la presa. ....                                       | 195 |
| Tabla 6.8 Salida de agua del embalse por evapotranspiración. ....  | 195 |
| Tabla 6.9 Entradas y salidas del embalse del lago, balance de masa proyectado al año 2035. ....                                  | 196 |
| Tabla 6.10 Necesidad de ESPOL, tanto en riego como en agua potable, balance de masa. ....  | 197 |
| Tabla 6.11 Resultados ensayo dureza total. ....  | 202 |
| Tabla 6.12 Medición de la muestra 3 Antes del Test de Jarras. ....   | 202 |
| Tabla 6.13 Ensayo de Test de Jarras para la muestra 3. ....  | 202 |
| Tabla 6.14 Medición de la muestra 3 Después del Test de Jarras. ....   | 202 |
| Tabla 6.15 Ensayo de Break Point. ....   | 202 |
| Tabla 6.16 Resultado ensayo bicarbonato. ....  | 203 |

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Planta y Perfil Típico de la Presa.
- PLANO 2 Perfil Longitudinal de la Presa y la Solución de Inyecciones.
- PLANO 3 Vista en Corte y Planta del Coagulador y Floculador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL.
- PLANO 4 Vista en Planta y Corte del sedimentador, Filtro y Tanque de desinfección de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL.
- PLANO 5 Vista en Planta del Esquema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL.
- PLANO 6 Implantación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL a Nivel de Prefactibilidad.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

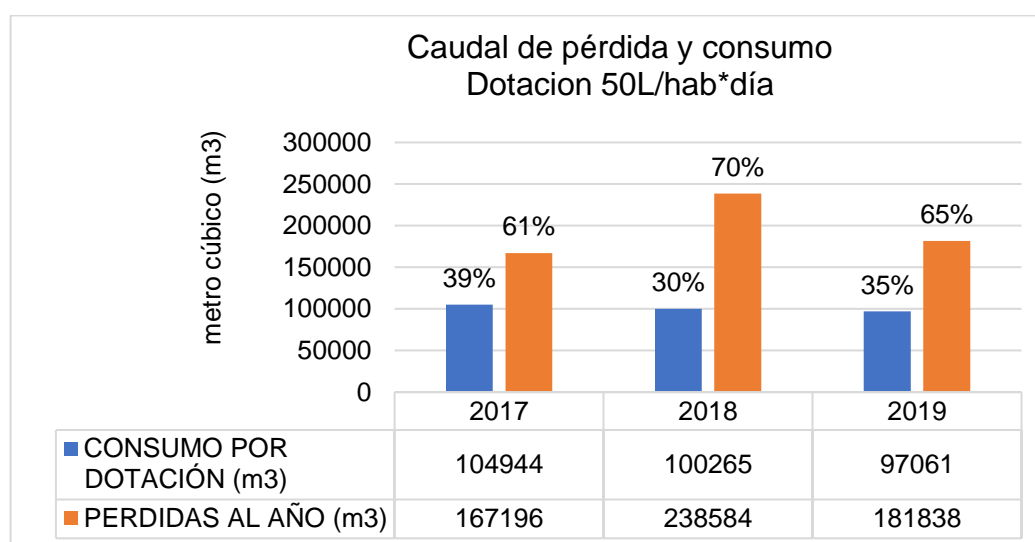
### 1.1 Antecedentes

La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), fundada en el año de 1958 de acuerdo con el libro "*Historia de la ESPOL*", fue construida con la finalidad de ser un centro de estudios y suplir las necesidades de formación de profesionales técnicos, investigadores y del estudio de recursos y fenómenos naturales (Veliz, 2012). Con el pasar del tiempo la ESPOL se constituye una de las mejores universidades del Ecuador y se mantiene siempre a la vanguardia.

Con el pasar del tiempo, en la ESPOL se han construido dos lagos artificiales, el primer lago se conoce como "Lago del Parque de Conocimiento (PARCON)", el cual cuenta con aproximadamente 22 ha y se encuentra ubicado en la Zona Especial de Desarrollo Económico del Litoral (ZEDE). El segundo lago tiene como nombre "Lago de ingenierías de la ESPOL" y cuenta con un área aproximada de 6.55 ha, se ubica en el corazón del campus Gustavo Galindo, colinda con la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM) (Chávez, 2022). La presa del lago de ingenierías de la ESPOL conecta FADCOM con las demás Facultades de Ingenierías, además de embellecer el paisaje del lugar. El embalse fue construido en el año de 1992, y tardó aproximadamente 3 meses en alcanzar su capacidad máxima obteniendo un volumen promedio de 380.000 m<sup>3</sup> con un nivel máximo de 78 m.s.n.m .

El presente proyecto realiza el estudio del agua embalsada del lago de ingenierías de la ESPOL, debido a que hasta el presente año -2022- la Universidad hace uso del agua potable proporcionada por un prestador externo -Interagua-, tanto para el consumo la población al 100% y para el uso parcial en riego de áreas verdes, ocasionando un gran pago por año en la planilla de agua como se evidencia en el estudio de Plan Maestro de Agua Potable (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021). Por lo antes mencionado, este proyecto busca proponer una solución que permita el aprovechamiento del embalse del lago con el fin de generar un ahorro en el pago de la planilla de agua potable.

Entre los años 2017 y 2019, la ESPOL gastó un aproximado de USD 210.639,00 en la planilla de agua potable, se presume que aproximadamente del 30% al 39% fue destinado al uso en agua potable y del 61% al 70% se atribuye a pérdidas. Estos datos corresponden a la simulación realizada por el estudio del Plan Maestro con una dotación de 50L/Hab\*día, de la misma manera se presenta el caudal de pérdidas y consumo de la ESPOL entre los años 2017 al 2019, Figura 1 (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021). Es importante aclarar que Plan Maestro omitió el año 2020 en el estudio presentado debido a la pandemia de COVID-19 y lo catalogaron como un año atípico.



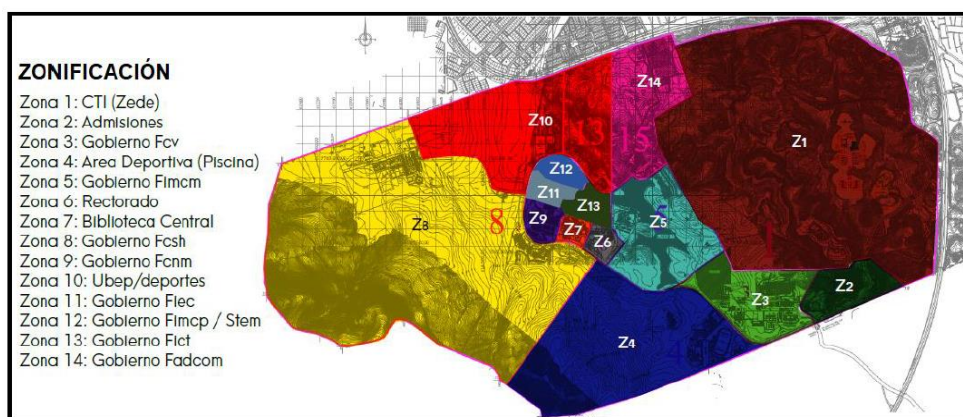
**Figura 1.1 Pérdida y consumo para los años 2017, 2018, 2019 con Dotación de 50L/Hab\*día. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

De acuerdo con (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) las principales causas por las que se presume ocasionaron el rango de pérdida del agua potable son las siguientes:

1. Fuga de agua en los accesorios de la red de agua potable.
2. No contar con la grifería adecuada en los baños y sistema de sanitarios óptimos para aglomeraciones, tipo flushing.
3. Uso inadecuado de agua potable en riego de áreas verdes.

Con la finalidad de tener un análisis más detallado de consumo y pérdidas de agua potable, se debe delimitar el área de estudio. Este proyecto considera la zonificación del Campus Gustavo Galindo presentada en la figura 1.2.





**Figura 1.2 Zonificación de ESPOL Fuente:** Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Enfatizando el área del embalse circundante a las ingenierías, el cual corresponde a la zona 5 para poder servir con agua potable a las zonas 6 hasta la 7, 9, 11,12 y 13 al 100% y parte de las zonas 2 hasta la 4, 8, 10 y 14, en este último grupo se limita a las estructuras existentes debido a que el resto de las hectáreas corresponde a la zona del bosque protector, ver tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Zonificación del Área de Estudio Para Agua Potable. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| Zonificación Para Agua Potable |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| Zona                           | Ubicación                |
| Z2                             | Admisiones               |
| Z3                             | FCV                      |
| Z4                             | Área deportiva (Piscina) |
| Z5                             | FIMCM                    |
| Z6                             | Rectorado                |
| Z7                             | Biblioteca Central       |
| Z8                             | FCSH                     |
| Z9                             | FCNM                     |
| Z10                            | UBEP/Deportes            |
| Z11                            | FIEC                     |
| Z12                            | FIMCP/Stem               |
| Z13                            | FICT                     |
| Z14                            | FADCOM                   |

En base a la información proporcionada por el señor Tomalá jefe del departamento de mantenimiento, las áreas verdes que se riegan para el año 2022 son las citadas en la tabla 1.2. Cabe aclarar que desde las zonas 3 hasta la 5, 8, 10 y 14 solo se

consideraran aquellas áreas que están cercanas a las edificaciones, también se considera aquellas que se encuentran en el parterre de la vía principal de ESPOL desde FADCOM hasta la Y. El riego con el lago de ingenierías de la ESPOL no incluye ZEDE debido a que podría ser abastecido directamente con el lago de PARCON. Según el señor Tomalá, también se excluyen del riego a las zonas de FCV y Área deportiva (Piscina), y a la par, el estudio de Plan Maestro indica que se excluye al área de la Sociedad Ecuatoriana de Biotecnología de la ESPOL-SEBIOCA- debido a que todas estas zonas antes mencionadas son abastecidas con el agua bombeada del pozo situado frente a la Y (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).

**Tabla 1.2 Zonificación del Área de Estudio Para Riego. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| <b>Zonificación Para Agua Potable</b> |                    |
|---------------------------------------|--------------------|
| <b>Zona</b>                           | <b>Ubicación</b>   |
| Z0                                    | Vía Principal      |
| Z5                                    | FIMCM              |
| Z6                                    | Rectorado          |
| Z7                                    | Biblioteca Central |
| Z8                                    | FCSH               |
| Z9                                    | FCNM               |
| Z10                                   | UBEP/ Deportes     |
| Z11                                   | FIEC               |
| Z12                                   | FIMCP/STEM         |
| Z13                                   | FICT               |
| Z14                                   | FADCOM             |

En este contexto, el proyecto comprende el análisis del lago de ingenierías de la ESPOL mediante la valoración y el análisis técnico para su aprovechamiento permitiendo contar con el volumen de agua necesario para el uso en agua potable y el uso en riego de las zonas verdes de ESPOL.

## **1.2 Localización**

El Lago de ingenierías de la ESPOL se localiza dentro del Campus Gustavo Galindo, en la parroquia urbana de Tarqui y rural de Chongón en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas (Cadena Cazar & Yáñez Rojas, 2002). Se

encuentra ubicado junto a FIMCM en las coordenadas UTM zona 17M 615495 E y 9762682 S. En la figura 1.3 se muestra la ubicación del lago.



**Figura 1.3 Localización del lago de ingenierías.**

### **1.3 Información básica**

#### **1.3.1 Generalidades del embalse del lago de ESPOL**

El lago de ingenierías de la ESPOL tiene volumen promedio de 380.000,00 m<sup>3</sup> siendo la cota máxima de 78 m.s.n.m y en su parte más profunda posee una altura máxima de 17 metros ((Chávez, 2022). La presa del lago forma parte de la vía principal de la ESPOL, conectando FADCOM con las demás ingenierías, dicha presa se encuentra ubicada a una altura promedio de 80.29 m.s.n.m y está conformada por un núcleo de arcilla impermeable en su interior y una capa de enrocado en su exterior. Actualmente, año 2022, de acuerdo con información y entrevistas al diseñador y constructor de la presa, existiría una infiltración de 5 litros/s a través de la presa (Chávez, 2022).

#### **1.3.2 Clima**

Las temperaturas varían con los diferentes meses del año, en época invernal correspondientes a los meses desde enero hasta mayo donde se registran las temperaturas más altas (30.8°C) siendo estos los meses más cálidos; mientras que para la época de verano desde junio hasta diciembre se presentan

temperaturas bajas (22.5°C) y en promedio se tiene temperaturas de 26.3°C (INAMHI, 2012).

### 1.3.3 Geología

El suelo en el que se encuentra el lago de ingenierías de la ESPOL está constituido por lutitas. Adicionalmente, mediante un estudio exploratorio se demostró que la zona del lago cercana al coliseo, se cuenta con la presencia de zeolita la cual resulta beneficioso para la calidad del agua y el crecimiento de las plantaciones del lugar (Cadena Cazar & Yáñez Rojas, 2002).

### 1.3.4 Población

Se considera la población de ESPOL a estudiantes de ingeniería, trabajadores de ESPOL, estudiantes y trabajadores de COPOL, estudiantes de admisiones y de posgrados. Tomando como referencia el Plan Maestro de Agua Potable se tomó como punto de partida la población del año 2022 y la población de diseño proyectado al año 2035. Se presenta la población para el año 2022 actual y para el año de diseño 2035 en las tablas 1.3 y 1.4 respectivamente. En el ANEXO D se puede encontrar todo el detalle de la población de ESPOL desde el año 2002 al 2035 (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).

**Tabla 1.3 Población de ESPOL en el 2022. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2022     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | ESTUDIANTES INGENIERIA | 10 607        |
| 2            | TRABAJADORES ESPOL     | 1 371         |
| 3            | ESTUDIANTES COPOL      | 1 231         |
| 4            | TRABAJADORES COPOL     | 211           |
| 5            | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5 356         |
| 6            | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1 320         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>20 095</b> |

**Tabla 1.4 Población de ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2035     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | ESTUDIANTES INGENIERIA | 13 037        |
| 2            | TRABAJADORES ESPOL     | 1 685         |
| 3            | ESTUDIANTES COPOL      | 1 512         |
| 4            | TRABAJADORES COPOL     | 259           |
| 5            | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6 583         |
| 6            | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1 623         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>24 699</b> |

### 1.3.5 Topografía

Un estudio topográfico es vital para cualquier proyecto de ingeniería por lo cual se revisó la data existente proporcionada por Gerencia de Infraestructura física (GIF).

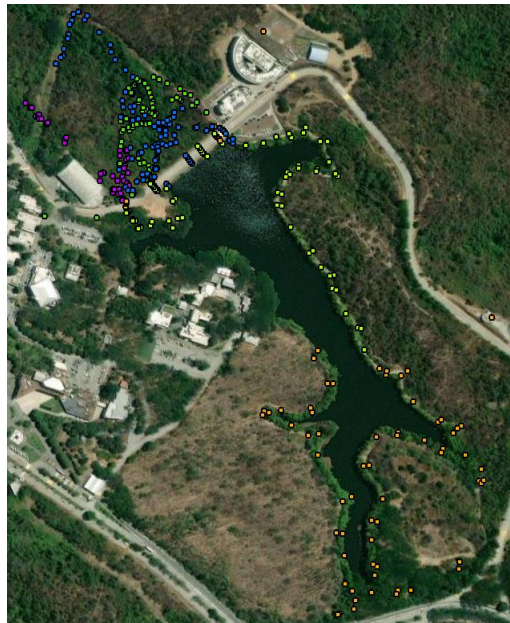
Se analizó información de un levantamiento topográfico llevado a cabo en el año 2018 con estación total realizada por (Mendoza & Larreta, 2018) y se determinó que esta data aportaría al proyecto, figura 1.4.



**Figura 1.4 Resultados levantamiento topográfico con Estación total del lago de ingenierías Fuente: (Mendoza & Larreta, 2018)**

Sin embargo, para verificar la confiabilidad de la información se realizó un ajuste de puntos con un nuevo levantamiento topográfico, el cual se llevó a cabo con la ayuda de un GPS Diferencial. Se tomaron puntos en el perímetro del lago y el espejo de agua con lo que se pudo verificar los datos obtenidos de (Mendoza &

Larreta, 2018). Adicionalmente se tomaron puntos en la zona posterior a la presa donde ocurre la acumulación de agua producto de la infiltración, debido a que dicha zona forma parte del estudio. Con la ayuda de los programas de AutoCAD y ArcGIS se realizó el procesamiento de los datos, los resultados se pueden observar en la figura 1.5.

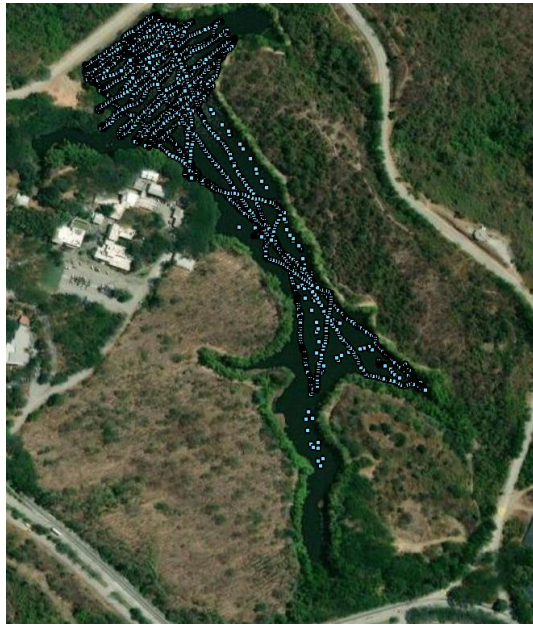


**Figura 1.5 Resultados levantamiento topográfico con GPS Diferencial del lago de ingenierías.**

### **1.3.6 Batimetría**

La Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM), a través del Ingeniero Jonathan Cedeño , compartió información relevante acerca de un estudio realizado por estudiantes de la facultad de marítima en el año 2017 donde se presentan datos de batimetría del lago de ingenierías de la ESPOL.

Los autores de la batimetría emplearon un ecosonda “Furuno fish finder model FCV-600L” para la toma de datos. Este equipo recogió información necesaria y después de su procesamiento se obtuvo datos de profundidad, latitud y longitud de aproximadamente 3100 puntos referenciados en WGS84 UTM 17S (Aguirre et al., 2017). Se puede apreciar la nube de puntos obtenidos por el equipo Furuno en la figura 1.6.



**Figura 1.6 Resultados simulación batimetría del lago de ingenierías.**

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar el lago de Ingenierías de la ESPOL mediante valoración y análisis técnico para su aprovechamiento de tal forma, que permita el suministro del agua potable para el consumo humano y el uso en riego de las zonas verdes del área de ingenierías ESPOL.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

1. Elaborar balance de masa mediante la determinación de las entradas y salidas de agua del embalse para la estimación del volumen disponible e incrementarlo en caso de ser necesario, de tal forma que permita el aprovechamiento en agua potable y riego.
2. Caracterizar el lago de ingenierías mediante la toma de muestras, estableciendo así los parámetros de calidad de agua para uso doméstico y riego.
3. Proponer alternativas mediante la utilización de criterios ingenieriles para el incremento del volumen disponible del embalse.
4. Diseñar -a nivel de prefactibilidad- los procesos y operaciones unitarias mediante la utilización de la normativa y los criterios de sostenibilidad para la propuesta de la planta de tratamiento de agua potable -PTAP-en la ESPOL.

5. Realizar el análisis ambiental, presupuesto referencial, planos y especificaciones mediante la aplicación de técnicas de ingenierías que permitan la ejecución del proyecto.

## **1.5 Justificación**

Actualmente (2022), ESPOL tiene un problema a nivel de agua potable no contabilizada debido a un porcentaje significativo de desperdicio, una de las razones por la cual sucede esto es el presunto uso del agua destinado al riego en áreas verdes (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).

La ESPOL busca aplicar el concepto de economía circular potenciando la utilización del agua disponible en el embalse sin afectar los ecosistemas. Con estos lineamientos es necesario que se definan ciertos términos que son relevantes para el proyecto.

En base a la problemática indicada en el plan Maestro de agua potable y acorde a los antecedentes expuestos en el presente proyecto, ESPOL tiene un problema a nivel de uso del agua potable pagando en promedio USD 210.639,22 por año (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021). Este proyecto se enfoca en desarrollar una alternativa que supla la necesidad de agua de la ESPOL para evitar contratar el servicio de agua potable de un prestador externo, empleando agua disponible del lago y reduciendo costos de consumo reflejados en la planilla de agua potable. Además de plantear limitantes que disminuyan el uso actual del embalse con el fin de contar con el volumen suficiente de agua para el diseño de procesos y operaciones unitarias de la planta de tratamiento de agua potable a nivel de prefactibilidad.

## **1.6 Marco Teórico**

En la actualidad el recurso hídrico más valioso del planeta es el agua, debido a que en un futuro se prevé su escasez. En este contexto es importante aprovechar el agua sin agotarla (Domínguez Espinosa & Pacho Carrillo, 2003)



## **Sostenibilidad**

En el año de 1987, se define por primera vez el concepto de sostenibilidad refiriéndose así al desarrollo que satisface los requerimientos actuales sin afectar las necesidades futuras (L., A., y L. 2005).

## **Economía Circular**

La economía circular implica reutilizar un bien o producto dándole un óptimo nivel de uso con un valor agregado, definiéndose también como un ciclo de desarrollo continuo optimizando recursos (Cerdá & Khalilova, 2015). La economía circular para este proyecto se enfoca en darle uso al agua del “Lago de ingenierías de la ESPOL” para un beneficio de consumo y riego, generando ahorros significativos.

## **Embalse**

Un embalse o lago es la acumulación de agua en un determinado lugar, existen embalses naturales o artificiales. El embalse de estudio en este proyecto es artificial y fue construido en el año de 1992 (Silva Arroyave, 2008).

## **Represa**

Constituyen la parte principal del embalse, sin represa no existe lago. Sirve para almacenar el agua del lago, manejar racionalmente el agua, mejorar el transporte fluvial y para la producción de electricidad, dentro de un proceso general de transformación de toda la naturaleza (Bakker, 1999).

## **Aprovechamiento del agua**

El agua es un recurso hídrico muy valioso que se debe aprovechar sin agotarlo. Este estudio valora el agua del embalse con la finalidad de aprovecharla dentro del Campus Gustavo Galindo (Domínguez Espinosa & Pacho Carrillo, 2003)

## **Calidad de agua**

De acuerdo con el libro blanco del agua, *“es la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella”* (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022).

Para estimar la calidad de agua es necesario definir los índices o relaciones de medidas de ciertos parámetros en campo, en este caso parámetros físicos, químicos y microbiológicos; que luego serán comparados con estándares o criterios permisibles establecidos en la norma (Dirección de Recursos Hídricos, s/f). Para fines de este proyecto la norma en la que se fundamentará esta comparación es la de Normativa del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente - TULSMA.

### Parámetros de calidad de agua

La normativa (TULSMA, 2015) permite obtener límites permisibles de parámetros para calidad ambiental y de descarga de efluentes. Este estudio se enfoca en el uso para agua potable y riego y se tomará los parámetros establecidos en la *tabla 1* para los “*criterios de calidad de fuentes de agua que para consumo humano y doméstico*” y la *tabla 4* para “los parámetros de los niveles de calidad de agua para riego”. En las tablas 1.5 y 1.6 se exponen dichos parámetros.

**Tabla 1.5** Corresponde a los parámetros de calidad de agua doméstica establecidos en la *tabla 1* en la normativa TULSMA. Fuente: (TULSMA, 2015)

| Parámetro                              | Expresado como                | Unidad                     | TABLA 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico |
|--|-------------------------------|----------------------------|--|
| Aceites y grasas                       | Sustancias solubles en hexano | mg/L                       | 0,3  |
| Arsénico                               | As                            | mg/L                       | 0,1  |
| Coliformes Fecales                     | NMP                           | NMP/100 ml                 | 1000   |
| Bario                                  | Ba                            | mg/L                       | 1  |
| Cadmio                                 | Cd                            | mg/L                       | 0,02   |
| Cianuro                                | CN                            | mg/L                       | 0,1  |
| Cobre                                  | Cu                            | mg/L                       | 2  |
| Color                                  | Color real                    | Unidades deplatino-Cobalto | 75   |
| Cromo hexavalente                      | Cr <sup>+6</sup>              | mg/L                       | 0,05   |
| Fluoruro                               | F <sup>-</sup>                | mg/L                       | 1,5  |
| Demanda Química de Oxígeno             | DQO                           | mg/L                       | <4   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO <sub>5</sub>              | mg/L                       | <2   |
| Hierro total                           | Fe                            | mg/L                       | 1  |
| Mercurio                               | Hg                            | mg/L                       | 0,006  |
| Nitratos                               | NO <sub>3</sub>               | mg/L                       | 50   |
| Nitritos                               | NO <sub>2</sub>               | mg/L                       | 0,2  |

|                                   |                                      |                |       |
|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------|-------|
| Potencial Hidrógeno               | pH                                   | Unidades de pH | 6 - 9 |
| Plomo                             | Pb                                   | mg/L           | 0,01  |
| Selenio                           | Se                                   | mg/L           | 0,01  |
| Sulfatos                          | So <sub>4</sub> <sup>-2</sup>        | mg/L           | 500   |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo | TPH                                  | mg/L           | 0,2   |
| Turbiedad                         | Unidades nefelométricas de turbiedad | NTU            | 100   |

**Tabla 1.6** Corresponde a los parámetros de calidad de agua para riego establecidos en la tabla 4 en la normativa TULSMA. Fuente: (TULSMA, 2015)

| TABLA 4: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego* |              |                      |                 |        |
|--|--------------|----------------------|-----------------|--------|
| Problema potencial   | Unidades     | Grado de restricción |                 |        |
|  |              | Ninguno              | Ligero-Moderado | Severo |
| <b>Salinidad (1)</b>   |              |                      |                 |        |
| CE (2)   | milimhos/cm  | 0,7                  | 0,7-3,0         | >3     |
| SDT (3)  | mg/L         | 450                  | 450-2000        | >2000  |
| <b>Infiltración: (4)</b>   |              |                      |                 |        |
| RAS=0-3 y CE=  |              | 0,7                  | 0,7-0,2         | <0,2   |
| RAS=0-3 y CE=  |              | 1,2                  | 1,2-0,3         | <0,3   |
| RAS=0-3 y CE=  |              | 1,9                  | 1,9-0,5         | <0,5   |
| RAS=0-3 y CE=  |              | 2,9                  | 2,9-1,3         | <1,3   |
| RAS=0-3 y CE=  |              | 5                    | 5,0-29          | <2,9   |
| <b>Toxicidad por iones específicos (5)</b>                           |              |                      |                 |        |
| <b>Sodio:</b>  |              |                      |                 |        |
| Irrigación superficial RAS (6)                                       | meq/L        | 3                    | 3,0-9,0         | >9     |
| Aspersión  | meq/L        | 3                    | 3               |        |
| <b>Cloruros:</b>   |              |                      |                 |        |
| Irrigación superficial   | meq/L        | 4                    | 4,0-10,0        | >10    |
| Aspersión  | meq/L        | 3                    | 3               | -      |
| <b>Boro:</b>   | mg/L         | 0,7                  | 0,7-3,0         | >3     |
| <b>Efectos misceláneos (7)</b>                                       |              |                      |                 |        |
| Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> -)                                      | mg/L         | 5                    | 5,0-30,0        | >30    |
| Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> -)<br>Solo aspersión                   | meq/L        | 1,5                  | 1,5-8,5         | >8,5   |
| pH   | Rango Normal |                      | 6,5-8,4         |        |

\*Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.

CE=Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000 micromhos/cm)

SDT=Sólidos disueltos totales

Afecta a la tasa de infiltración del agua en el uso.

Afecta a la sensibilidad de los cultivos

RAS, relación de absorción de sodio ajustada

Afecta a los cultivos susceptibles

Con la obtención de resultados de la caracterización del agua del lago se procede con el diseño de la planta de tratamiento de agua potable a nivel de prefactibilidad, el cual comprende únicamente los procesos y operaciones unitarias, dichos conceptos se describen a continuación.

### **Procesos y operaciones unitarias**

Las operaciones unitarias son aquellas etapas donde se producen solamente cambios físicos, mientras que los procesos unitarios son aquellas etapas donde se produce un cambio químico, es decir una reacción química (Universidad Tecnológica Nacional, 2022).

En este caso se diseñarán a nivel de prefactibilidad las operaciones y procesos unitarios para la planta de tratamiento de Agua Potable (PTAP) que se implementará en ESPOL.

Operaciones unitarias como:

#### **Desbaste**

Tiene como finalidad retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión que arrastra consigo el agua del lago; ejemplo: hojas (CIDTA USAL, 2011).

#### **Sedimentación**

Remoción de sólidos sedimentables y precipitación de las partículas el fondo del lugar en que reposa el fluido (Romero Rojas, 1999)

#### **Filtración**

Se realiza en medios porosos, generalmente estos medios son arena o arena y antracita (Romero Rojas, 1999)

Procesos unitarios como:

### **Coagulación**

Es la conversión de sólidos no sedimentables en sólidos sedimentables. La coagulación ocurre predominantemente de los coloides dentro del lugar a precipitar en combinación con el coagulante (Romero Rojas, 1999).

### **Floculación**

Es la conversión de la aglomeración de partículas coaguladas en partículas floculantes, una vez desestabilizados los coloides, se prevé una mezcla suave de ellas sin romper o disturbar los agregados preformados (Romero Rojas, 1999).

### **Desinfección**

Exterminio de organismos patógenos, aquellos que producen enfermedades, con bajos niveles de turbiedad (Romero Rojas, 1999).

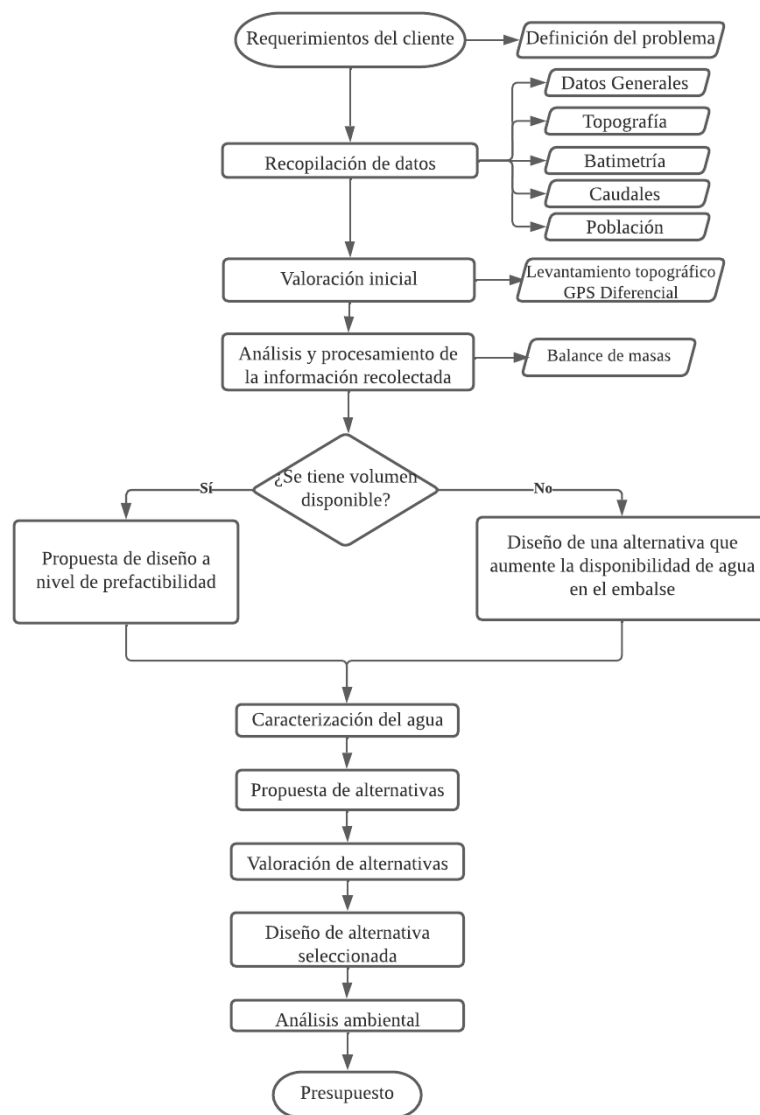
En este contexto se va a desarrollar un proyecto que realice el análisis del lago de Ingenierías de la ESPOL mediante valoración y análisis técnico para su aprovechamiento de tal forma, que permita el suministro del agua potable para el consumo humano y el uso en riego de las zonas verdes del área de ingenierías ESPOL

# CAPÍTULO 2

## 2. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 2.1 Metodología

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que detalla el desarrollo del presente proyecto.



**Figura 2.1 Metodología propuesta.**

La metodología parte de los requerimientos del cliente quién es la entidad o persona que facilita información relevante para la realización del proyecto y en base a esta información poder direccionar el trabajo. La metodología propuesta consta de la

recopilación de datos relacionados al lago y de información de gabinete obtenida mediante la revisión de literatura, trabajos relacionados al proyecto así también trabajos de campo mediante el uso de equipos ingenieriles.

Se analiza y procesa la información mediante el empleo de balance de masa para la población de diseño al año 2035 y por consecuente verificar si el volumen de agua disponible para cumplir con la necesidad y así poder realizar el diseño de la PTAP minimizando costos administrativos de planilla, la inversión se recuperara en unos años. En el caso de que no se cumpla con la necesidad para el año de diseño se propone la búsqueda de una solución que permita incrementar el volumen de agua del lago para suplir la demanda siendo este el diseño principal y quedando como diseño de la planta de tratamiento de agua, especificando que solo se diseñaran de forma preliminar los procesos y operaciones unitarias para la PTAP.

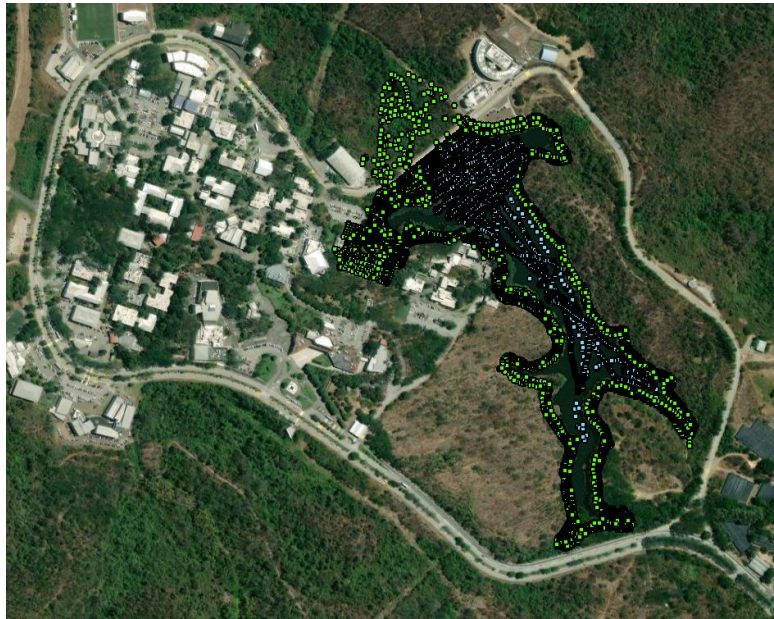
Sea el caso de tener o no tener volumen disponible se realiza la caracterización del agua del lago para el diseño de la PTAP a nivel de prefactibilidad. Se proponen alternativas de solución y se selecciona la alternativa ganadora para su posterior diseño y análisis ambiental, llegando finalmente al presupuesto de obra.

## **2.2 Trabajo de campo, laboratorio y gabinete**

### **2.2.1 Topografía y Batimetría**

Se procesó la información de los datos obtenidos y se creó un solo archivo que recopila los puntos del levantamiento topográfico con la estación total, GPS diferencial y batimetría, obteniendo el plano de la figura 2.2.

La topografía obtenida comprende el perímetro del lago, tanto de las zonas aledañas como del espejo de agua. Además, datos de la zona posterior a la presa donde se encuentra ubicada la infiltración del lago.



**Figura 2.2** Se muestra a unión de puntos obtenidos como resultado del levantamiento topográfico y batimetría.

A continuación, se presentan las figuras 2.3 y 2.4 donde se puede visualizar el trabajo topográfico realizado en campo con GPS diferencial por los suscritos.



**Figura 2.3** Levantamiento topográfico en el enrocado y espejo de agua.

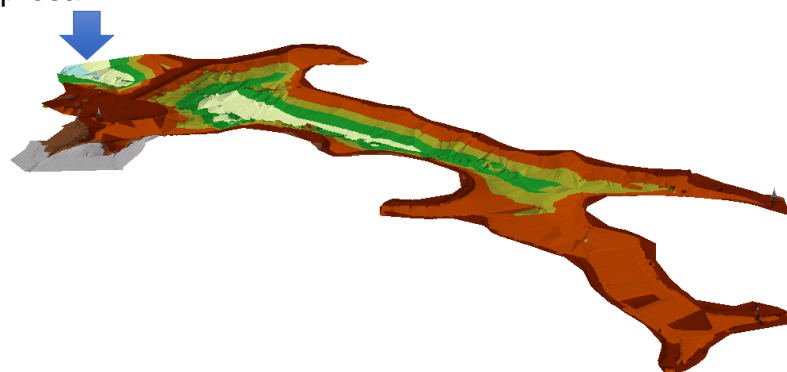




**Figura 2.4 Toma de datos utilizando el GPS diferencial.**

### **2.2.2 Modelado topográfico 3D**

A través del procesamiento de datos con ArcGIS, se obtuvo un archivo tipo Ráster, el cual fue importado al software ArcScene para tener una mejor visualización del modelo tridimensional del embalse, así como la profundidad del lago y la zona donde se encuentra ubicada la infiltración. La flecha de la figura 2.5 muestra el lugar donde se ha formado una laguna producto de la infiltración que atraviesa la presa.



**Figura 2.5 Modelado de los puntos del Lago de ESPOL.**

### **2.2.3 Población y dotación**

Tomando como referencia el estudio poblacional descrito en Plan Maestro (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) se obtiene valores de la población de la ESPOL,

este estudio considera a los estudiantes de ingeniería, trabajadores de ESPOL, estudiantes y trabajadores de COPOL, estudiantes de admisiones y estudiantes de posgrados (refiérase al ANEXO D).

Se considera el año 2020 como año inicial para obtener una proyección de 15 años de diseño hasta el 2035, refiérase a la Tabla 2.2. Sin embargo, Plan Maestro no considera el año 2020 para los cálculos pertinentes debido a que fue un año atípico por la pandemia del Covid-19. Este proyecto contempla el estudio poblacional desde el año actual 2022 proyectado a 13 años.

**Tabla 2.1 Población de ESPOL en el año 2022. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2022     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | Estudiantes ingeniería | 10 607        |
| 2            | Trabajadores ESPOL     | 1 371         |
| 3            | Estudiantes COPOL      | 1 231         |
| 4            | Trabajadores COPOL     | 211           |
| 5            | Estudiantes admisiones | 5 356         |
| 6            | Estudiantes posgrados  | 1 320         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>20 095</b> |

**Tabla 2.2 Población de ESPOL proyectada al año de diseño del 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2035     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | Estudiantes ingeniería | 13 037        |
| 2            | Trabajadores ESPOL     | 1 685         |
| 3            | Estudiantes COPOL      | 1 512         |
| 4            | Trabajadores COPOL     | 259           |
| 5            | Estudiantes admisiones | 6 583         |
| 6            | Estudiantes posgrados  | 1 623         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>24 699</b> |

Con respecto a la dotación, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) brinda dotaciones para distintos tipos de edificaciones, en este caso en la tabla 2.3 se detalla el rango de dotación para universidades (NEC, 2011).

**Tabla 2.3 Dotación para tipos de edificación. Fuente: (NEC, 2011).**

| Tipo de Edificación | Unidad           | Dotación |
|---------------------|------------------|----------|
| Universidades       | L/estudiante/día | 40 a 60  |

Del estudio de “Plan Maestro de Agua Potable de ESPOL” de (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) se obtuvo una dotación de 50 L/hab\*día para la población del año 2020 siendo dicho valor proyectado a una tasa de 1.25% por año obteniendo como resultado los valores que reflejan la tabla 2.4 al año 2022. También se calcula el consumo anual de toda la población de ESPOL.

**Tabla 2.4 Consumo de agua potable para la población de ESPOL para el año 2022.**

**Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| Consumo año 2022    |                        |               |                  |              |                                 |   |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------|---------------------------------|---|
| Días                | 261                    |               |                  |              |                                 |   |
| Dotación            | 51.26                  |               |                  |              |                                 |   |
| Item                | Descripción            | Nro. Personas | Horas de consumo | [l/ Hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo anual (para 261 días) (m <sup>3</sup> /año) |
| 1                   | Estudiantes ingeniería | 10 607        | 12               | 26           | 275.78                          | 104 976.42  |
| 2                   | Trabajadores ESPOL     | 1 371         | 8                | 17           | 23.30                           |   |
| 3                   | Estudiantes COPOL      | 1 231         | 7                | 15           | 18.46                           |   |
| 4                   | Trabajadores COPOL     | 211           | 7                | 15           | 3.16                            |   |
| 5                   | Estudiantes admisiones | 5 356         | 6                | 13           | 69.63                           |   |
| 6                   | Estudiantes posgrados  | 1 320         | 4                | 9            | 11.88                           |   |
| <b>Total actual</b> |                        | 20 095        |                  |              | <b>402.21</b>                   |   |

Así mismo se encontró que para la población de diseño Plan Maestro proyecta la dotación al año 2035 obteniendo 60.24 L/hab\*día (Tabla 2.5).

Con los datos de población y dotación se procede a calcular el consumo de agua potable proyectada al año de diseño 2035. En la tabla 2.5, se presenta el consumo para la población de ESPOL con una dotación de 60.24 L/hab\*día.

**Tabla 2.5 Consumo de agua potable para la población de ingenieras de la ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| Consumo año 2035    |                        |               |                  |              |                                 |   |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------|---------------------------------|---|
| Días                | 261                    |               |                  |              |                                 |   |
| Dotación            | 60.24                  |               |                  |              |                                 |   |
| Item                | Descripción            | Nro. Personas | Horas de consumo | [l/ Hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo anual (para 261 días) (m <sup>3</sup> /año) |
| 1                   | Estudiantes ingeniería | 13 037        | 12               | 30           | 391.11                          | 149.203,60  |
| 2                   | Trabajadores ESPOL     | 1 685         | 8                | 20           | 33.69                           |   |
| 3                   | Estudiantes COPOL      | 1 512         | 7                | 18           | 27.22                           |   |
| 4                   | Trabajadores COPOL     | 259           | 7                | 18           | 4.66                            |   |
| 5                   | Estudiantes admisiones | 6 583         | 6                | 15           | 98.75                           |   |
| 6                   | Estudiantes posgrados  | 1 623         | 4                | 10           | 16.23                           |   |
| <b>Total actual</b> |                        | 24 699        |                  |              | <b>571.66</b>                   |   |

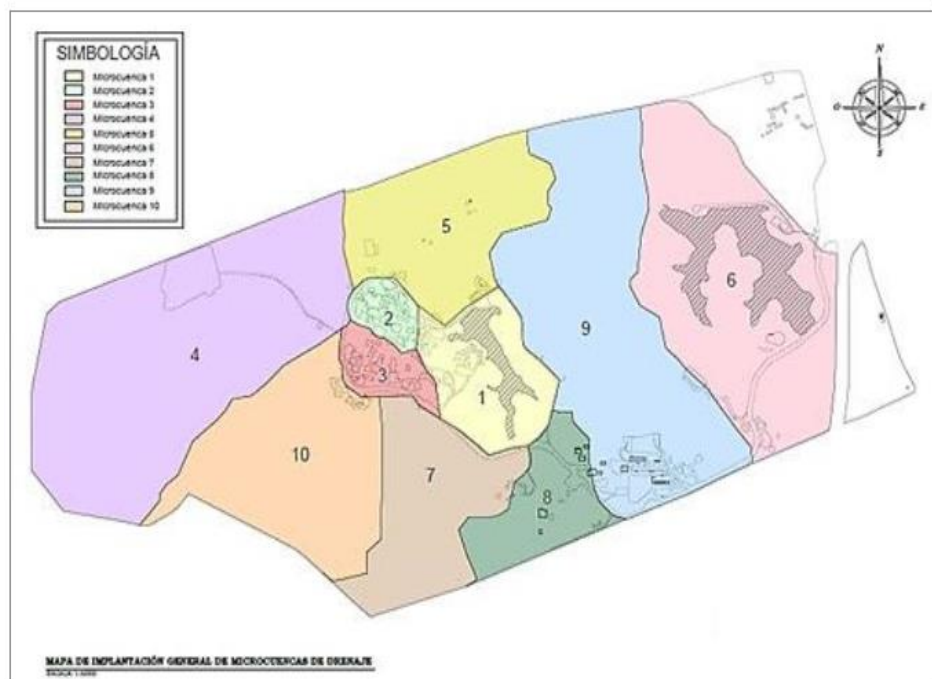
En el ANEXO D, se puede encontrar los consumos para cada año desde el 2020 al 2035.

## 2.2.4 Estudio Hidrológico

Para el estudio hidrológico se necesitó la data de precipitación de al menos 30 años, sin embargo, previo a reuniones con el ingeniero Thomas Vitvar, PhD especialista en hidrología, se consideró la medición para 22 años obtenidos de la revisión de la estación meteorológica Radio Sonda, la cual es propicia en este análisis hidrológico debido a que no existen variaciones significativas que pudiesen hacer notar la ausencia de datos.

### 2.2.4.1 Microcuenca

En el estudio realizado por la tesis Plan Maestro (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) se pudo determinar las diferentes microcuencas que se forman en ESPOL, en la figura 2.6 se presenta el plano de distribución de las microcuencas.



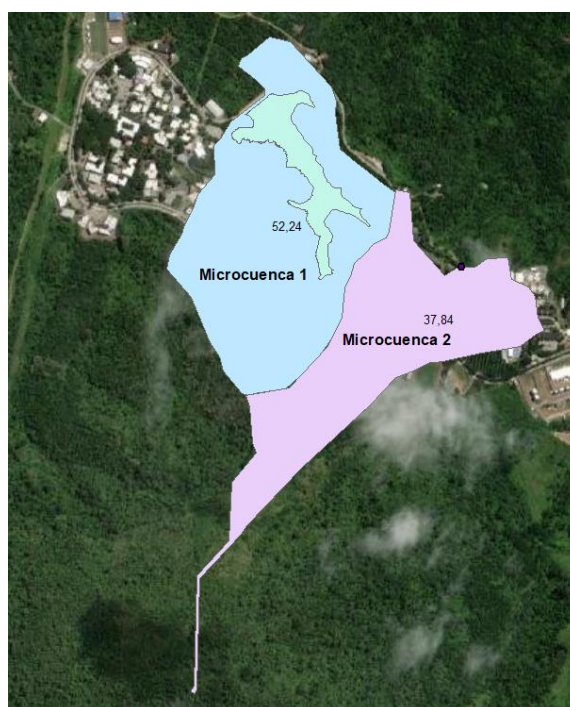
**Figura 2.6 Áreas de microcuencas en la ESPOL Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

En la distribución de las microcuencas presentada en la figura 2.6 se realiza el análisis solamente para la microcuenca 1, debido a que es el área de interés para este proyecto debido a que abarca el terreno circundante al lago por el cual

escurre agua hacia el embalse considerándose como una entrada para el cálculo de balance de masa.

Sin embargo, una vez determinada las microcuencas de aporte del lago, se encontró que el área de la microcuenca 1 es mucho mayor al área presentada en el Plan Maestro. Con la ayuda de herramientas computacionales como ArcGis y el análisis ingenieril se determinó el área de la cuenca real aportante la cual se observa en la figura 2.7.

La microcuenca 1 incrementó su área de aporte de 35.13 ha a 90.13 ha al unirse con la microcuenca 2, refiérase a la tabla 2.6



**Figura 2.7 Aporte de las microcuencas 1 y 2 al lago de ingenierías.**

**Tabla 2.6 Área de la microcuenca.**

| Área de la Microcuenca |              |
|------------------------|--------------|
| Microcuenca            | Área (Ha)    |
| 1                      | 52,24        |
| 2                      | 37,89        |
| <b>Total</b>           | <b>90,13</b> |

### 2.2.4.2 Precipitación

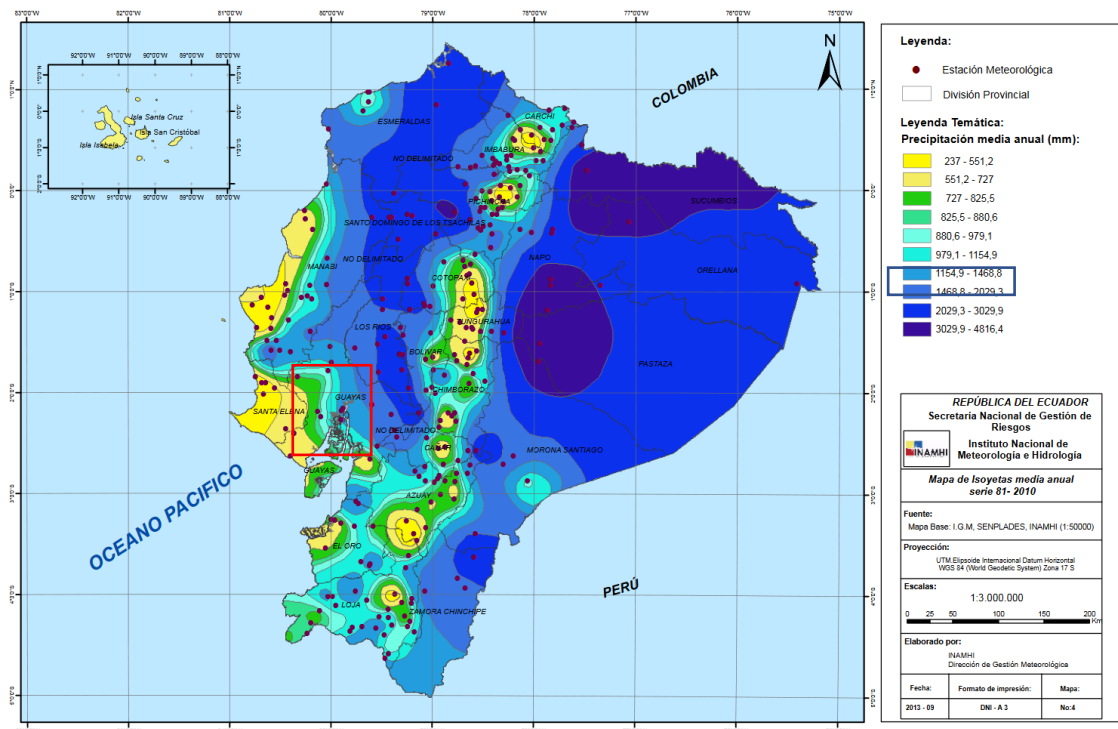
Tal como se indicó al inicio de esta sección, la precipitación fue calculada en base a una data de 22 años, obtenida de la estación meteorológica “Guayaquil-Radio Sonda”, situada en la universidad estatal de Guayaquil (ver detalles de la estación en la Tabla 2.7).

**Tabla 2.7 Datos de la estación meteorológica Guayaquil-Radio Sonda.**

Fuente:(INAMHI, 2012)

| DATOS ESTACIÓN METEREOLÓGICA |                       |      |            |         |     |      |          |     |      |         |           |               |
|------------------------------|-----------------------|------|------------|---------|-----|------|----------|-----|------|---------|-----------|---------------|
| COD                          | NOMBRE DE LA ESTACIÓN | TIPO | ZONA HIDRO | LATITUD |     |      | LONGITUD |     |      | ALTITUD | PROVINCIA | INSTI PROPIET |
| MA2V                         | GUAYAQUIL-RADIO SONDA | CO   | 0          | 2°      | 12' | 0" S | 79°      | 53' | 0" W | 6       | 9         | INAMHI        |

A partir del análisis de la data se obtuvo una precipitación de 1.282 mm de lluvia por año cuyo valor se encuentra dentro del rango de 1.154,9 mm - 1.488,8 mm por año, como se puede apreciar en la figura 2.8, donde se muestra el mapa de isoyetas de precipitación media anual registrada en el Ecuador entre los años 1981 y 2010.



**Figura 2.8 Mapa de Isoyetas Media Anual / serie 81 - 2010. Fuente: (INAMHI, 2012)**

### 2.2.4.3 Temperatura

La temperatura es un factor que influye directamente a la evapotranspiración la cual constituye una salida de agua del embalse dentro del balance de masa. Se emplean los datos de temperatura media anual del INAMHI presentados en la tabla 2.8. Se trabajó con la estación meteorológica “Radio Sonda”, tabla 2.7.

**Tabla 2.8 Temperaturas máximas, mínimas y mensuales obtenidas de la estación meteorológica MA2V.**

| Promedio de Temperatura |               |               |               |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| mes                     | máxima        | mínima        | mensual       |
| Enero                   | 31,348        | 23,562        | 27,124        |
| Febrero                 | 30,855        | 23,695        | 26,809        |
| Marzo                   | 31,595        | 24,010        | 27,343        |
| Abril                   | 31,836        | 23,927        | 27,577        |
| Mayo                    | 31,245        | 23,290        | 27,067        |
| Junio                   | 30,050        | 21,968        | 25,759        |
| Julio                   | 29,555        | 21,255        | 25,086        |
| Agosto                  | 29,835        | 20,800        | 24,885        |
| Septiembre              | 30,559        | 21,014        | 25,218        |
| Octubre                 | 30,500        | 21,462        | 25,448        |
| Noviembre               | 30,870        | 21,815        | 25,820        |
| Diciembre               | 31,832        | 22,845        | 26,964        |
| <b>Año Promedio</b>     | <b>30,840</b> | <b>22,470</b> | <b>26,258</b> |

### 2.2.4.4 Evapotranspiración

La evapotranspiración forma parte del ciclo hidrológico del agua, el cual no se puede cuantificar con exactitud teniendo aproximaciones (Pereira et al., 1996). Este proceso se calcula con el método de Thornthwaite con base en la temperatura y el número de horas luz (Jesus, 2015). Se presenta el valor de evapotranspiración considerada para el proyecto en la tabla 2.9.

**Tabla 2.9 Evapotranspiración calculada por el método de Thornthwaite.**

| Evapotranspiración |    |
|--------------------|----|
| 1100               | Mm |

### 2.2.5 Balance de masa

Todos los cálculos son basados en el promedio anual tomando como unidad el m<sup>3</sup>. El análisis de balance de masa evalúa el volumen promedio anual del embalse, así como las entradas y las salidas de agua, de tal manera que se pueda determinar el volumen disponible del lago para ser aprovechado sin ser afectado.

En este caso se tiene dos entradas, por medio de:

1. La precipitación y
2. Las escorrentías

Y cuatro salidas a través de:

1. Bombeo por Riego actual a la ESPOL,
2. Bombeo por riego al Campo Experimental y de Enseñanza Agropecuaria CENAE,
3. Infiltración de la presa y
4. Evapotranspiración

La precipitación cae directamente sobre el lago de ingenierías de la ESPOL en mm de lluvia, y las escorrentías se generan sobre la microcuenca de aporte, estas son las dos únicas fuentes de ingreso de agua al embalse y el lago alcanza su máxima capacidad en la época invernal como se puede observar en la tabla 2.10

**Tabla 2.10 Entradas de agua anuales al lago de ESPOL año 2022.**

|                        | ENTRADAS                        |                               |                  |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|
|                        | Precipitación<br>m <sup>3</sup> | Escorrentía<br>m <sup>3</sup> | TOTAL<br>entrada |
| <b>Valor histórico</b> | 73.449                          | 378.395                       |                  |
| <b>2022</b>            | 73.816                          | 380.287                       | 454.103,62       |

Al contrario de las entradas, se tiene un número mayor de salidas de agua, lo cual es poco favorable para enriquecer el nivel de agua del embalse. Una de las salidas es el bombeo del lago destinado para abastecer el riego de ciertas áreas verdes dentro del Campus Gustavo Galindo. También se cuenta con un segundo bombeo dirigido a CENAE para riego de plantaciones, esta salida fue implementada en el año 2020 según información proporcionada por la directora del CENAE (CENAE, 2022)



El embalse posee 2 salidas adicionales al bombeo, una de ellas es la infiltración presente a través de la presa de aproximadamente 5 L/s para el año 2022 de acuerdo con el dato suministrado por el Ing. Miguel Ángel Chávez, PhD lo que implica un volumen significativo de pérdida de agua anual. (Chávez, 2022). La otra salida es la evapotranspiración existente debido al ciclo hidrológico del agua. Se describen los volúmenes de cada salida para el año 2022 en la tabla 2.11.

**Tabla 2.11 Salidas de agua anuales del lago de ESPOL año 2022.**

|             | SALIDAS                                 |           |                      |                                   |                              |
|-------------|---|-----------|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|             | Actual Riego Ingenierías m <sup>3</sup> | CENAE     | Fugas m <sup>3</sup> | Evapotranspiración m <sup>3</sup> | Total salidas m <sup>3</sup> |
| <b>2022</b> | 33.965,57                               | 82.944,00 | 157.680              | 75.410,41                         | 349.999,97                   |

En el ANEXO D se encuentra el detalle de los cálculos de entradas y salidas del embalse. Después de identificar tanto las entradas como las salidas de agua del embalse se procedió al cálculo de balance de masas. Para el año 2022, se tiene un volumen disponible del lago de 104.103,7 m<sup>3</sup> contra una necesidad de riego y agua potable de 119.001,9 m<sup>3</sup>, con base a lo indicado se tiene un déficit de volumen disponible (-14898,2) para satisfacer la necesidad al año 2022, refiérase a la tabla 2.12.

**Tabla 2.12 Necesidad de agua de ESPOL para el año 2022.**

|             | Volumen disponible m <sup>3</sup> | Necesidad            |                             |                                      | Balance de masas | Estado  |
|-------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---------|
|             |                                   | Riego m <sup>3</sup> | Agua Potable m <sup>3</sup> | Total necesidad ESPOL m <sup>3</sup> |                  |         |
| <b>2022</b> | 104103,7                          | 14025,4              | 104.976,42                  | 119001,9                             | -14898,2         | Déficit |

Haciendo la proyección del balance de masa para el período de diseño partiendo del año 2022, se tiene un volumen disponible de 114.576,6m<sup>3</sup> para el año 2035 contra una necesidad de riego y agua potable de 163229,0 m<sup>3</sup> de agua, para este año no se abastece la necesidad de agua para la ESPOL, refiérase a la tabla 2.13.

**Tabla 2.13 Necesidad de agua de ESPOL para el año 2035.**

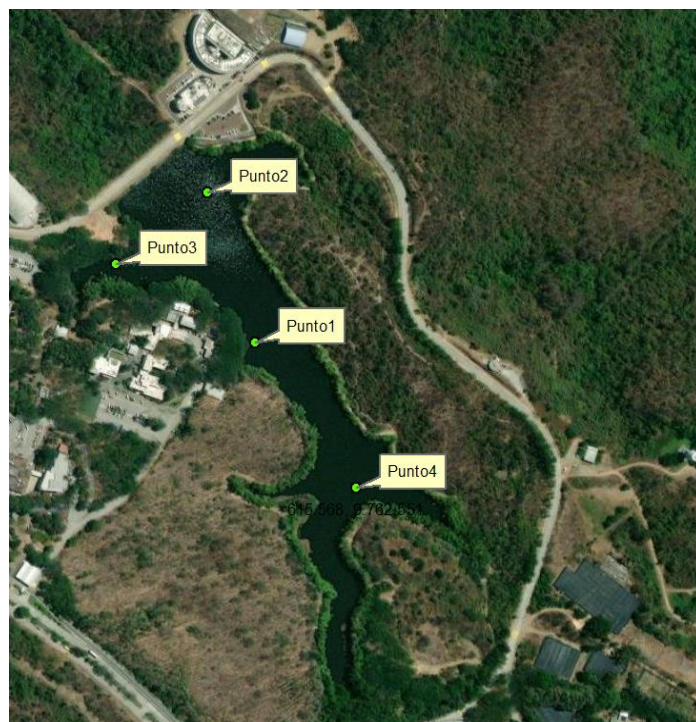
|             | Volumen disponible m <sup>3</sup> | Necesidad            |                             |                                      | Balance de masas | Estado  |
|-------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---------|
|             |                                   | Riego m <sup>3</sup> | Agua Potable m <sup>3</sup> | Total necesidad ESPOL m <sup>3</sup> |                  |         |
| <b>2035</b> | 114576,6                          | 14025,4              | 149.203,60                  | 163229,0                             | -48652,5         | Déficit |

En consecuencia, para los dos casos, se tiene un déficit de volumen disponible de agua por lo que este proyecto enfocará las alternativas planteadas en incrementar el volumen del lago para su aprovechamiento y de este modo tener la certeza que no se afectará de forma permanente el embalse y se podrá cumplir con los requerimientos del cliente.

En el ANEXO D, se puede encontrar el detalle del balance de basas proyectado desde el año 2022 al 2035.

### 2.2.6 Caracterización del lago

Para la determinación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua del lago de ESPOL fue necesario realizar la toma de muestras en 4 puntos específicos y se necesitó un plan de muestreo como se presenta en la figura 2.9.



**Figura 2.9 Los 4 puntos de muestreo que se realizaron en el lago de ESPOL.**

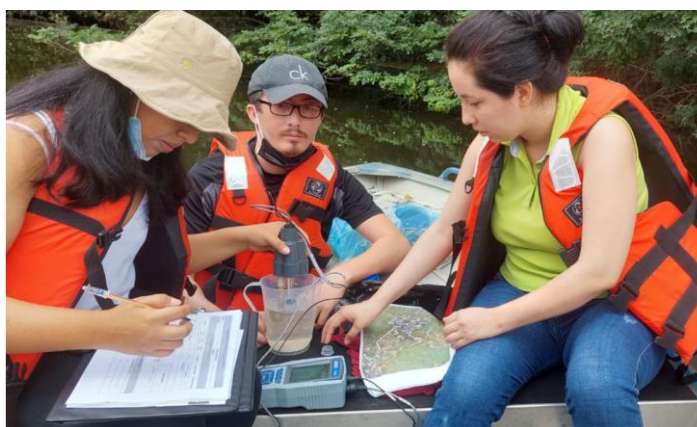
Gracias al apoyo de las facultades de FICT, FIMCM y FCNM y del Centro de Investigación y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra – CIPAT, por facilitar los equipos necesarios para realizar el muestreo en el cual, se obtuvo parámetros in situ, además de las muestras de agua del lago que fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis.



**Figura 2.10 Realizando el muestreo en el lago de ESPOL.**

### **2.2.6.1 Parámetros in Situ**

Debido a que la medición de algunos parámetros puede variar con el tiempo, desde la toma de muestra en campo hasta ser llevados a laboratorio es necesario tomarlos in situ. Los parámetros variables que fueron tomados in situ son: pH, temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (SDT), salinidad y resistividad. Se evidencia la medición de parámetros in situ con el uso de la multiparamétrica en la figura 2.11.



**Figura 2.11 Toma de datos de parámetros insitu.**

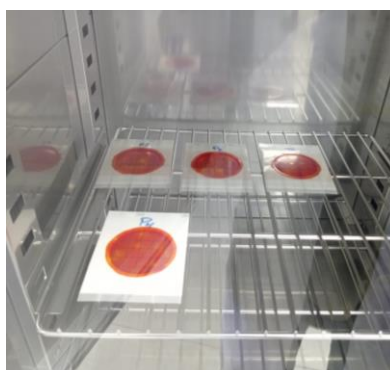
En cada punto de muestreo se tomaron valores in situ, los cuales se muestran a continuación en la tabla 2.14:

**Tabla 2.14 Resultados de parámetros in situ.**

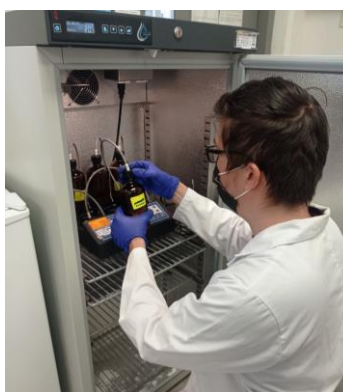
| Parámetros in Situ        |                |                |         |         |         |         |
|---------------------------|----------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| Parámetro                 | Expresado como | Unidad         | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
| Potencial Hidrógeno       | pH             | Unidades de pH | 6.44    | 6.66    | 6.57    | 6.48    |
| Temperatura               | T              | °C             | 24.7    | 24.9    | 24.7    | 24.9    |
| Conductividad Eléctrica   | CE             | μS/cm          | 564.7   | 561.9   | 556.1   | 558.9   |
| Sólidos disueltos totales | SDT            | mg/L           | 146.9   | 148.6   | 147.3   | 147.6   |
| Salinidad                 |                | mg/L           | 143.9   | 146.3   | 144     | 145     |
| Resistividad              |                | KΩ             | 3.355   | 3.358   | 3.393   | 3.388   |

### 2.2.6.2 Parámetros de calidad de agua para uso doméstico

Para la determinación la calidad de agua del lago es necesario realizar análisis en laboratorio. Varios ensayos fueron analizados en dos laboratorios diferentes para corroborar resultados. Se observan algunos de los distintos ensayos realizados por los suscritos en las figuras 2.12, 2.13 y 2.14.



**Figura 2.12 Ensayo de coliformes totales.**



**Figura 2.13 Ensayo de la DBO 5.**



**Figura 2.14 Test de Arsénico.**

Se considerará la normativa TULSMA para obtener los límites permisibles de cada parámetro y determinar si el agua del lago es apta para el uso en agua potable.

Los valores marcados con rojo significan que están por encima del límite permitido de la norma. Es importante acotar que se considera erróneo el valor que se encuentra dentro del recuadro rojo, debido a que en la literatura los valores de la DBO<sub>5</sub> no pueden ser mayores a los de la DQO. Se presentan los resultados obtenidos para cada parámetro en los diferentes puntos de muestreo en la tabla 2.15.

**Tabla 2.15 Resultados de ensayos de calidad de agua para uso doméstico.**

| Calidad de agua para uso doméstico                     |                |        |         |         |         |         |                                 | NTE INEN 1108 (Agua apta para el consumo humano) |
|--|----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------|--|
| Parámetro  | Expresado como | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | TULSMA Tabla 1 Anexo 1 Libro VI |  |
| Arsénico   | As             | mg/L   | 0       | 0       | -       | -       | 0,1                             | 0,01   |
| Coliformes Totales                                     |                | NMP    | 1.88    | 1.69    | 2.18    | 1.38    | 1000                            |  |
| Fluoruro   | F-             | mg/L   | 0.236   | 0.263   | 0.239   | 0.223   | 1,5                             | 1,5  |
| Lab. Química Demanda Química de Oxígeno (5 días)       | DQO            | mg/L   | <20     | <20     | <20     | <20     | <4                              | -  |
| Lab. Sanitarias Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) | DBO5           | mg/L   | 17      | -       | 18      | 25      | <2                              | -  |
| Lab. Química Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)    | DBO5           | mg/L   | 4.55    | 6.29    | 10.97   | 5.69    | <2                              | -  |
| Nitratos   | NO3            | mg/L   | 8.317   | 2.179   | 0.744   | 0.061   | 50                              | 50   |

|                            |   |                       |       |       |       |       |           |       |
|----------------------------|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| <b>Nitritos</b>            | <b>NO2</b>                                  | <b>mg/L</b>           | BDL   | BDL   | BDL   | BDL   | 0,2       | 3     |
| <b>Potencial Hidrógeno</b> | <b>pH</b>                                   | <b>Unidades de pH</b> | 6.44  | 6.66  | 6.57  | 6.48  | 6,0 - 9,0 | 6,5-8 |
| <b>Sulfato</b>             | <b>(So4)-2</b>                              | <b>mg/L</b>           | 8,12  | 8,32  | 7,74  | 6,76  | 500       | -     |
| <b>Temperatura</b>         |   | <b>°C</b>             | 23    | 23,3  | 23,7  | 23,7  | -         | -     |
| <b>Turbiedad</b>           | <b>Unidades nefelométricas de turbiedad</b> | <b>NTU</b>            | 14.3  | 15.7  | 16    | 13.2  | 100       | 5     |
| <b>Test de jarras</b>      |   | <b>%E</b>             | 64.02 | 70.56 | 64.94 | 60.54 | -         | -     |

En el ANEXO D se presenta el cálculo referente a “Dureza total” además de los datos medidos en laboratorio referente al “Test de Jarras”. El análisis de laboratorio se enfoca exclusivamente en el punto 3 debido a que este punto se encuentra cercano a la toma de la futura planta de tratamiento de agua.

En base a las tablas citadas del Test de Jarras se procede a calcular el Porcentaje de Remoción con la siguiente ecuación:

$$\%E = \frac{T_o - T_f}{T_o} * 100 \quad (2.1)$$

Donde:

*%E: Porcentaje de Remoción*

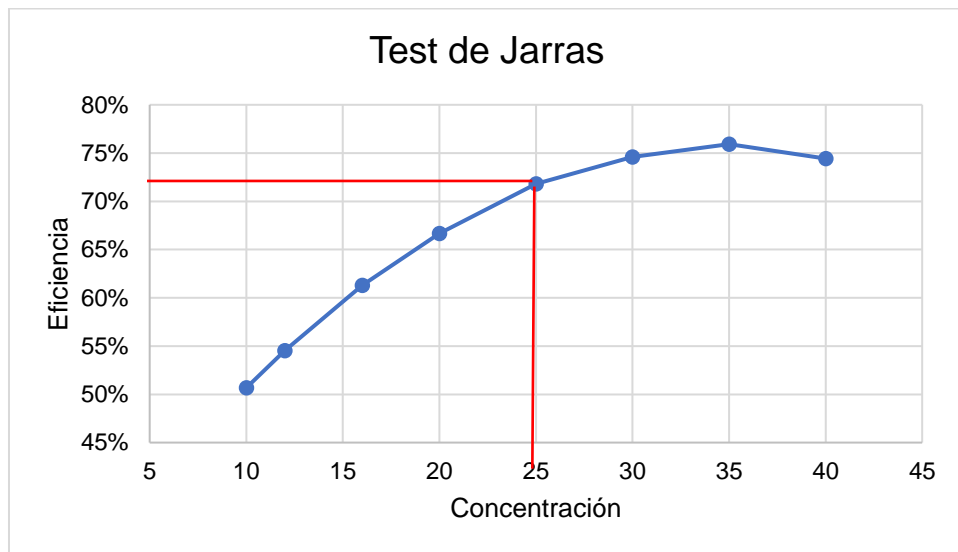
*To: Turbidez inicial*

*Tf: Turbidez final*

$$\%E = \frac{4.58 - 1.64}{4.58} * 100$$

$$\%E = 64\%$$

Se obtiene un porcentaje de remoción del 64% siendo el mínimo valor de concentración que se puede seleccionar para el diseño. Los ensayos de laboratorio siempre tienen un grado de incertidumbre en la medición, debido a esto se prefiere seleccionar un mayor valor de eficiencia de remoción del 72% con una concentración de coagulante de 25 mg/l, refiérase a los valores citados en el ANEXO D.

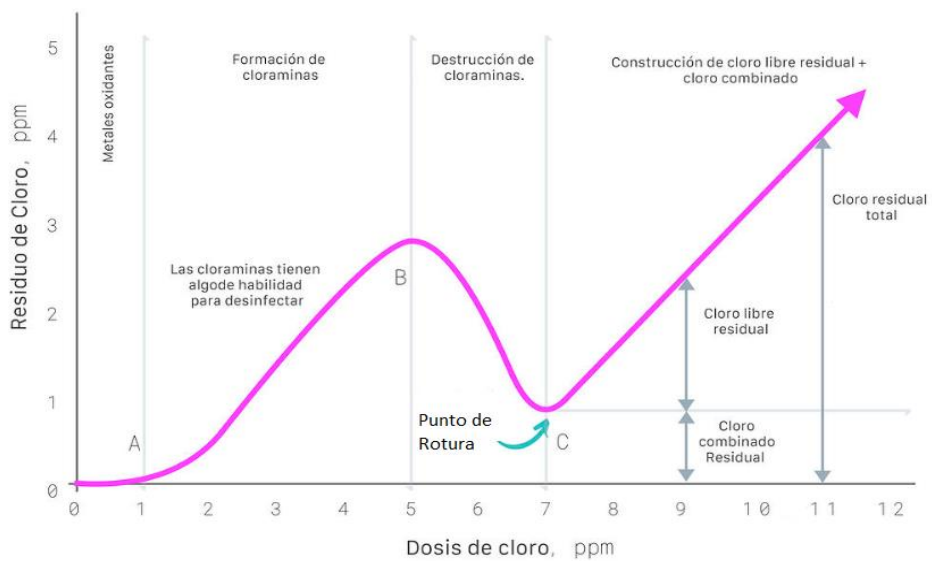


**Figura 2.15 Gráfica de Test de Jarras con eficiencia del 72%.**

Una vez obtenida la dosis de coagulante del ensayo de Test de Jarras se realiza el ensayo de Break Point para el punto 3, con el propósito de encontrar el punto de rotura en la gráfica y obtener la dosis óptima de coagulante que necesita el agua para ser tratada.

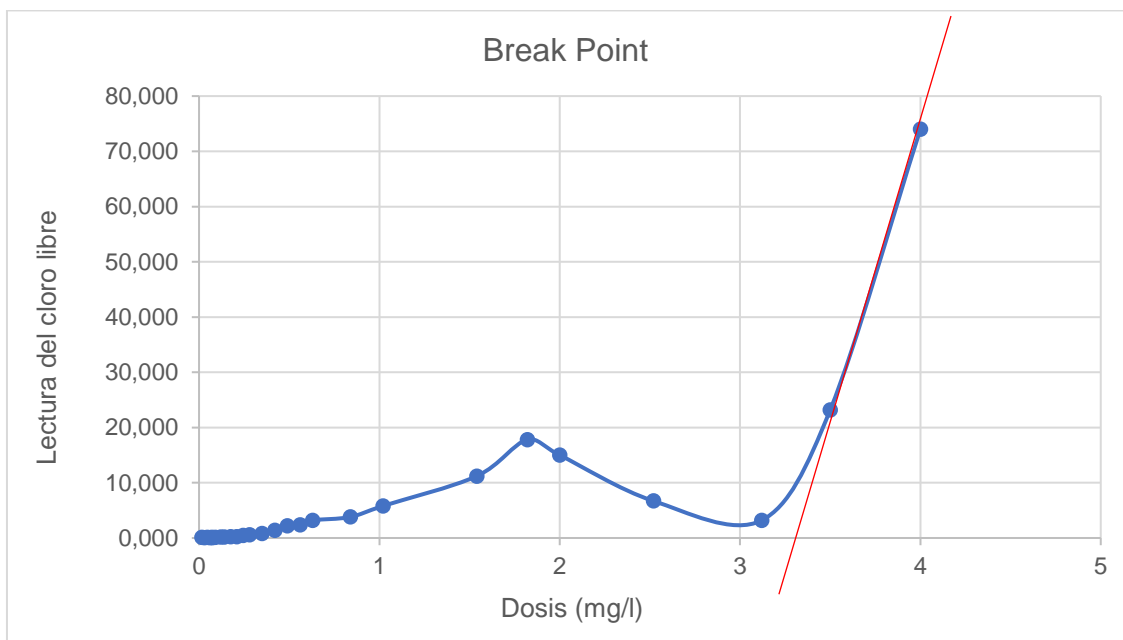
Para el ensayo de laboratorio se empleó hipoclorito de sodio al 10% como base para proceder a realizar diluciones y obtener concentraciones más bajas del 7%, 5% y 3%. Trabajando el mismo ensayo con las diferentes disoluciones de hipoclorito de sodio se obtiene los valores citados en el ANEXO D.

Se presenta la siguiente gráfica idealizada para entender mejor el concepto del punto de rotura. La curva inicia en su punto más bajo por un proceso de formación de cloraminas, pasando por la destrucción de las cloraminas alcanzando el punto de rotura en la curva más baja antes de alcanzar la construcción de cloro libre residual + cloro combinado (figura 2.16).



**Figura 2.16 Gráfica Idealizada de Break Point. Fuente:** (Orenda Technologies, 2017)

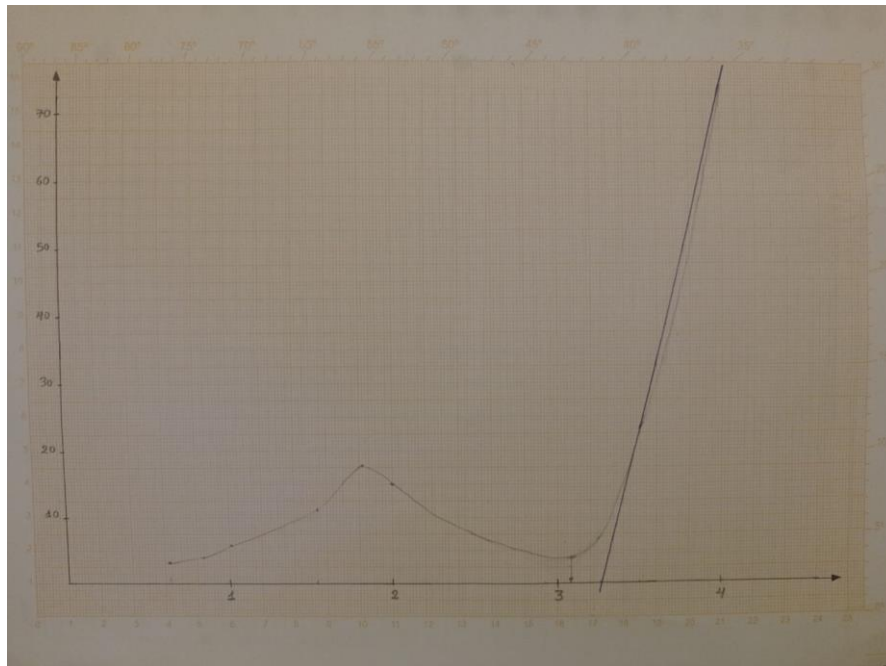
Del presente ensayo correspondiente a la muestra 3, se obtuvo la figura 2.17 en la cual se puede apreciar el punto de rotura con la intersección de la recta pendiente y el eje x.



**Figura 2.17 Resultado del ensayo de Break Point – Gráfica en Excel.**

Sin embargo, el Excel no refleja mucha exactitud, por lo que se realizó la gráfica en papel milimétrico para de esta manera obtener una mejor aproximación a la dosis óptima de coagulante a emplear. Se tiene 3.09 mg/l de dosis óptima.





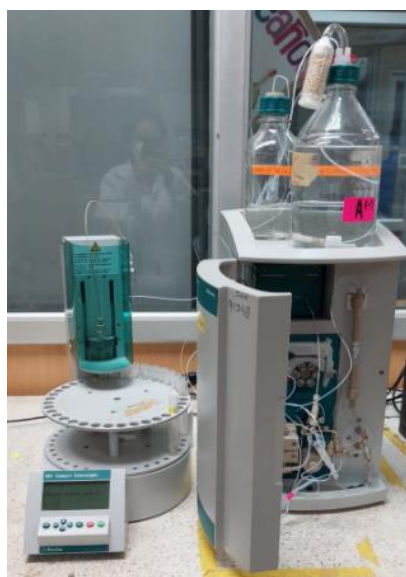
**Figura 2.18 Resultado del ensayo de Break Point – Gráfica en papel milimetrado.**

### **2.2.6.3 Parámetros calidad de agua uso riego**

En el siguiente apartado de imágenes se observa los distintos ensayos que fueron realizados por los suscritos para la determinación de la calidad del agua para riego. Algunos parámetros fueron analizados en dos laboratorios para corroboración de resultados.



**Figura 2.19 Acidificación de la muestra de agua, para su posterior análisis de DQO.**



**Figura 2.20 Realización de los análisis de nitratos y nitritos de las muestras de agua.**

Se considerará la normativa (TULSMA, 2015) para obtener el grado de restricción de cada parámetro que determinará si el agua del lago es apta para uso en riego de áreas verdes. En la tabla 2.16 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros en cada punto de muestreo y el grado de restricción.

**Tabla 2.16 Resultados de la caracterización del lago respecto a la calidad del agua para uso en riego.**

| Calidad de agua uso riego      |                |              |                  |         |         |         |         |                 |        |
|--------------------------------|----------------|--------------|------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------|--------|
| Parámetro                      | Expresado como | Unidad       | Punto 1          | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 | TULSMA  |                 |        |
|                                |                |              |                  |         |         |         | Ninguno | Ligero-Moderado | Severo |
| Conductividad Eléctrica        | CE             | milimhos /cm | 0,567            | 0,561   | 0,556   | 0,558   | 0,7     | 0,7-3,0         | >3     |
| Sólidos disueltos totales      | SDT            | mg/L         | 146.9            | 148.6   | 147.3   | 147.6   | 450     | 450-2000        | >2000  |
| Sodio                          | Na+            | meq/L        | 0,50             | 0,51    |         |         | 3       | 3,0-9,0         | >9     |
| Laboratorio Sanitarias Cloruro | CL-            | meq/L        | 0,30             | 0,32    |         |         | 4       | 4,0-10,0        | >10    |
| Laboratorio Química Cloruro    | CL-            | meq/L        | 2,81             | 3,26    |         |         | 4       | 4,0-10,0        | >10    |
| Nitratos                       | NO3            | mg/L         | 8,317            | 2,179   | 0,744   | 0,061   | 5       | 5,0-30,0        | >30    |
| Nitritos                       | NO2            | mg/L         | BDL <sup>1</sup> | BDL     | BDL     | BDL     | 5       | 5,0-30,0        | >30    |
| Bicarbonato                    | HCO3-          | meq/L        | 2,03             | 2,00    |         |         | 1,5     | 1,5-8,5         | >8,5   |
| pH                             | Rango Normal   |              | 6,44             | 6,66    | 6,57    | 6,48    |         | 6,5-8,4         |        |

<sup>1</sup> Below Detection Limit (Debajo del límite de detección)

En la tabla en ANEXO D se explica el cálculo del (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

#### 2.2.6.4 Otros parámetros

Los siguientes parámetros (tabla 2.17) no están considerados como parte de la norma de la (TULSMA, 2015) para agua potable y riego.

**Tabla 2.17 Parámetros medidos en los ensayos en laboratorio.**

| Otros parámetros            |                  |        |         |         |         |         |
|-----------------------------|------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Parámetro                   | Expresado como   | Unidad | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 | Punto 4 |
| Oxígeno disuelto            |                  | mg/L   | 3.29    | 2.54    | 4.61    | 4.30    |
| Calcio                      | Ca <sup>2+</sup> |        | 42.4    | 45.6    | -       | -       |
| Magnesio                    | Mg <sup>2+</sup> |        | 25.758  | 27.702  | -       | -       |
| Dureza total                |                  |        | 106     | 114     | -       | -       |
| Fosfato                     |                  | mg/L   | 0.05    | 0.013   | BDL     | 0.024   |
| Bromuro                     | Br <sup>-</sup>  | mg/L   | 0.425   | 0.449   | 0.334   | 0.437   |
| Sólidos Suspendidos Totales | SST              | mg/mL  | 6       |         | -       | -       |

En un posterior muestreo que se realizó el 28/07/2022 en la zona cercana al sistema de bombeo (Punto 3), se determinó los ensayos de los sólidos SST, SSF y SSV cuyos resultados se presentan en la tabla 2.18.

**Tabla 2.18 Resultados del Ensayo de Sólidos (SST, SSF, SSV)**

| ENSAYO DE SÓLIDOS         |  |               |            |            |            |
|---------------------------|--|---------------|------------|------------|------------|
| Volumen de la muestra     | 100  | ml            |            |            |            |
| Muestra Punto 3 (cabañas) |  |               |            |            |            |
| Pesos                     | Características                                | Medición (mg) | SST (mg/l) | SSF (mg/l) | SSV (mg/l) |
| P1                        | (cápsula + filtro)                             | 28925,8       | 5          | 2          | 3          |
| P2                        | (cápsula + filtro + muestra a 105°C)           | 28926,3       |            |            |            |
| P3                        | (cápsula + filtro + muestra calcinada a 550°C) | 28926         |            |            |            |

### 2.3 Descripción de las restricciones del proyecto

Es necesario definir las restricciones que debe cumplir el proyecto, previo al análisis de las alternativas, ya que de esta forma se pueden plantear soluciones viables, las cuales se presentan a continuación:

1. Se debe controlar el volumen de agua del lago de tal manera de que este no se agote.
2. Los costos de operación y mantenimiento no deberían sobrepasar los gastos de la planilla agua potable actual.
3. La construcción de la alternativa seleccionada no debería afectar de forma permanente la flora y la fauna existente en la zona.
4. Evitar al mínimo afectaciones al paisajismo a la zona del lago.

## **2.4 Análisis de alternativas**

En base a las siguientes consideraciones se plantearán las alternativas que cumplan con las restricciones del proyecto.

### **2.4.1 Consideraciones técnicas**

Se consideran los estudios preliminares y las facilidades de acceso a los equipos y maquinarias al sitio de la construcción.

### **2.4.2 Consideraciones Sociales**

La alternativa seleccionada no debe interrumpir el tránsito tanto peatonal como vehicular desde las facultades de ingenieras a FADCOM.

### **2.4.3 Consideraciones económicas**

Dentro de estas consideraciones deben tomarse en cuenta los costos por construcción, costos de implementación (CAPEX) y operación y mantenimiento (OPEX) de la alternativa seleccionada.

### **2.4.4 Consideraciones ambientales**

Las alternativas no deben generar un gran impacto ambiental y el paisajismo en la zona debido a que la ESPOL este situado dentro del Bosque Protector Prosperina.

### **2.4.5 Métrica de evaluación**

La métrica que se utilizará para evaluar los criterios para cada alternativa planteada es la matriz de Likert mostrada a continuación en la tabla 2.19.

**Tabla 2.19 Matriz de Likert.**

| <b>Totalmente favorable</b> | <b>Parcialmente favorable</b> | <b>Ni favorable ni desfavorable</b> | <b>Parcialmente desfavorable</b> | <b>Muy desfavorable</b> |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| <b>5</b>                    | <b>4</b>                      | <b>3</b>                            | <b>2</b>                         | <b>1</b>                |

#### **2.4.6 Descripción de las alternativas**

Después del análisis que se realizó en balance de masa se determinó que para el año de diseño en el que se proyectó la planta no existe suficiente volumen disponible en el embalse para que sea utilizado por la planta de tratamiento de agua. Por tal motivo se decidió plantear alternativas que ayuden a obtener suficiente disponibilidad de agua para que así se pueda cumplir con los requerimientos del cliente y con las restricciones del proyecto. A continuación, se describirán las alternativas que brindarán posibles soluciones, consideradas pertinentes acorde a los resultados del balance de masa.

##### **Alternativa 1. Disminuir el caudal de la infiltración de la presa (fugas)**

Como se evidenció en el balance de masas, la mayor salida de agua que se produce en el embalse son las infiltraciones que se producen a través de la presa debido a que solo en la infiltración existente en la presa se pierden 166.079 m<sup>3</sup>/año de caudal que si se logra disminuir o eliminar, se tendría suficiente agua para abastecer las demandad de agua proyectada al 2035. Por tanto, para reducir la cantidad de agua infiltrada en la presa y suplir las necesidades de agua sin problemas, se plantea reforzar la cimentación de la presa por medio de inyecciones de lechada cementicia, esto generará una capa impermeable que disminuye la cantidad de fugas de agua del embalse.

##### **Alternativa 2. Diseñar una toma de captación para el riego de CENAE**

Hasta el año 2020, CENAE bombeaba agua desde la laguna que se ha formado producto de la infiltración existente a través de la presa del lago hasta sus plantaciones en una zona más alta. En el año 2021, durante la pandemia del COVID 19, cambiaron su estación de bombeo a orillas del embalse y de esta manera tomar directamente agua del lago, generando así un mayor volumen de salidas. Por lo que se considera pertinente que CENAE vuelva a colocar su

estación en la laguna generada por la infiltración considerando un mejor diseño del bombeo y consecuente una adecuada captación.

### **Alternativa 3. Trasvase desde el lago de PARCON**

Captar el agua del lago de PARCON, para luego bombearla por medio de tuberías hasta llegar al lago de ESPOL. En este caso se debe tener en consideración la topografía de la zona, y se debe diseñar tanto el sistema de bombeo y conducción.

### **Alternativa 4. Elevar la cota del canal del vertedero**

Se considera almacenar un mayor volumen de agua en el embalse para suplir las necesidades de consumo elevando la cota del vertedero sin sobrepasar el nivel del núcleo de arcilla para evitar el colapso de la presa.

#### **2.4.7 Selección de alternativa óptima**

Para seleccionar la alternativa más adecuada, se han planteado criterios para cada consideración y se debe valorar cada uno de ellos acorde a la métrica de evaluación de Likert, en la tabla 2.20, se presentan los puntajes obtenidos.

**Tabla 2.20 Alternativas planteadas por los suscritos.**

| <b>Aumentar el volumen del agua disponible</b>   | <b>Alternativa 1: Disminuir los caudales de infiltración de la presa (fugas)</b> | <b>Alternativa 2: Diseñar una toma de captación para el riego de CENAE</b> | <b>Alternativa 3: Trasvase desde el lago de PARCON</b> | <b>Alternativa 4: Elevar la cota del canal del vertedero</b> |
|--|--|--|--|--|
| <b>Consideraciones Técnicas (40%)</b>  |  |  |  |  |
| Estudios preliminares  | 3  | 3  | 2  | 3  |
| Facilidades para el acceso de equipos y maquinarias a lugar de la construcción de la alternativa   | 5  | 2  | 1  | 2  |
| <b>Total</b>   | 8  | 5  | 3  | 5  |
| <b>Ponderado</b>   | 3.2  | 2  | 1.2  | 2  |
| <b>Consideraciones Sociales (20%)</b>  |  |  |  |  |
| Interrupción del tránsito peatonal y vehicular de la población de ESPOL en la zona de intervención | 2  | 4  | 2  | 2  |
| <b>Total</b>   | 2  | 4  | 2  | 2  |
| <b>Ponderado</b>   | 0.4  | 0.8  | 0.4  | 0.4  |

| <b>Consideraciones Económicas (20%)</b>    |          |            |            |            |
|--|----------|------------|------------|------------|
| Costos de implementación (CAPEX)           | 3        | 2          | 1          | 3          |
| Costos de operación y mantenimiento (OPEX) | 4        | 1          | 2          | 2          |
| <b>Total</b>                               | 7        | 3          | 3          | 5          |
| <b>Ponderado</b>                           | 1.4      | 0.6        | 0.6        | 1          |
| <b>Consideraciones Ambientales (20%)</b>   |          |            |            |            |
| Destrucción de fauna y Flora               | 5        | 1          | 1          | 1          |
| Afectación del paisajismo                  | 5        | 1          | 1          | 1          |
| <b>Total</b>                               | 10       | 2          | 2          | 2          |
| <b>Ponderado</b>                           | 2        | 0.4        | 0.4        | 0.4        |
| <b>TOTAL</b>                               | 27       | 14         | 10         | 14         |
| <b>TOTAL PONDERADO</b>                     | <b>7</b> | <b>3.8</b> | <b>2.6</b> | <b>3.8</b> |

En la siguiente tabla 2.21 se puede observar el resumen de la selección de la alternativa ganadora:

**Tabla 2.21 Resultados de la selección de la Alternativa Ganadora.**

| <b>Cuadro Resumen de la Selección de Alternativas</b>   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   | <b>Alternativa 1</b>  | <b>Alternativa 2</b>  | <b>Alternativa 3</b>                    | <b>Alternativa 4</b>                          |
| <b>Aumentar el nivel de volumen del agua disponible</b> | <b>Disminuir los caudales de infiltración de la presa (fugas)</b> | <b>Diseñar una toma de captación para el riego de CENAE</b> | <b>Trasvase desde el lago de PARCON</b> | <b>Elevar la cota del canal del vertedero</b> |
| <b>Total Ponderado</b>                                  | <b>7</b>  | <b>3.8</b>  | <b>2.6</b>                              | <b>3.8</b>                                    |

En este caso la alternativa que más puntaje obtuvo fue la de “disminuir los caudales de infiltración que se genera a través de la presa” es una alternativa factible, ya que se puede plantear una solución orientada a disminuir las infiltraciones lo que causaría un gran impacto al ser justamente esta la mayor pérdida que tiene el embalse, lo que por consecuencia aumentaría el volumen disponible del lago. Para complementar la solución seleccionada se plantearán limitantes para el manejo del embalse, tanto en las salidas de agua como los diferentes factores que interactúan directamente con el lago hasta la actualidad.

Una vez seguros de la disponibilidad de agua se diseñarán procesos y operaciones unitarias para una planta de tratamiento convencional a nivel de

prefactibilidad, para que luego en un posterior proyecto sea diseñada de forma definitiva.

## 2.5 Plan de trabajo

El plan de trabajo que se seguirá a lo largo de todo el proyecto integrador se presenta en la tabla 2.22.

**Tabla 2.22 Plan de trabajo que se seguirá a lo largo del proyecto integrador.**

| <b>Actividades</b>   | <b>Duración</b> | <b>Descripción</b>   |
|--|-----------------|--|
| <b>Requerimiento del cliente</b>                               | 5 días          | Alcance, problemática y restricciones  |
| <b>Recopilación de información existente</b>                   | 22 días         | Revisión de información básica y datos de batimetría, levantamiento topográfico con GPS Diferencial. |
| <b>Análisis de la información</b>                              | 15 días         | Depuración de datos obtenidos en campo, procesamiento en ArcGIS, AutoCAD y modelamiento en ArcScene  |
| <b>Caracterización del agua</b>                                | 8 días          | Toma de muestras en el lago y ensayos de laboratorio   |
| <b>Propuesta de alternativas</b>                               | 3 días          | Proponer alternativas acordes a la valoración inicial y a los requerimientos del cliente             |
| <b>Valoración de las alternativas</b>                          | 2 días          | Valoración de las alternativas empleando la matriz de Likert   |
| <b>Selección de la alternativa</b>                             | 2 días          | En base a la evaluación de las alternativas sobre la matriz de Likert se da la selección.            |
| <b>Entrega de memoria parcial</b>                              | 1 día           | Se entrega los 3 primeros capítulos.   |
| <b>Diseño de la alternativa seleccionada</b>                   | 17 días         | Completo análisis de la solución definitiva al problema. Socialización con el cliente.               |
| <b>Entrega avance de EIA</b>                                   | 4 días          | Entrega de avance del análisis de impacto ambiental.   |
| <b>Análisis ambiental</b>                                      | 6 días          | Entrega final del impacto ambiental  |
| <b>Entrega de planos</b>                                       | 5 días          | Elaboración de planos y presupuesto de obra  |
| <b>Entrega memoria técnica con un mínimo de avance del 80%</b> | 40 días         | Se entrega la memoria lo que incluye desde el capítulo 1 al 5.                                       |
| <b>Entrega memoria técnica con un mínimo de avance del 99%</b> | 50 días         | Se entrega la memoria desde el capítulo 1 al 6.  |
| <b>Entrega de memoria técnica culminada 100%</b>               | 55 días         | Se entrega el documento final, con las correcciones pertinentes.                                     |



# CAPÍTULO 3

## 3.DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

### 3.1 Diseño de la alternativa seleccionada

#### 3.1.1 Disminuir los caudales de infiltración de la presa (fugas)

La alternativa seleccionada implica disminuir el agua que se infiltra a través de la presa que conecta las facultades de ingenierías con FADCOM, para lo cual se realizará un diseño que minimice dichas infiltraciones, por lo que se pidió asesoramiento al diseñador y constructor de la presa el Ing. PhD Miguel Ángel Chávez.

El objetivo de esta solución es aumentar el volumen de agua disponible en el embalse del lago, para cubrir las necesidades de riego y agua potable en ESPOL, sin causar afectaciones en el lago y sus alrededores.

A continuación, en la figura 3.1 se presenta el perfil longitudinal de la presa en el que se observa la capa de rodadura, la capa del material B y el núcleo de arcilla impermeable de la presa. Asimismo, la presa posee dos espaldones, dos bermas de 3 metros cada una y una cimentación que contiene dos familias de fracturas y roca porosa, en las cuales hay presencia de areniscas, micro brechas y lutitas fracturadas.

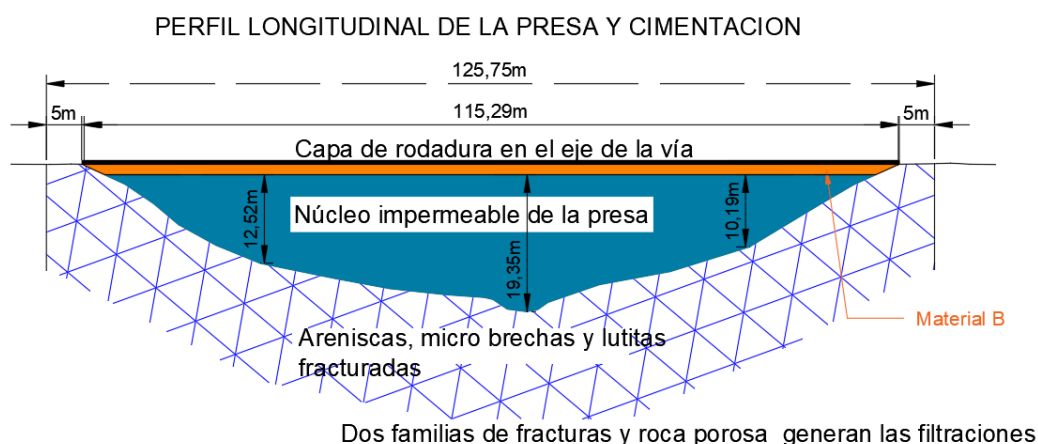
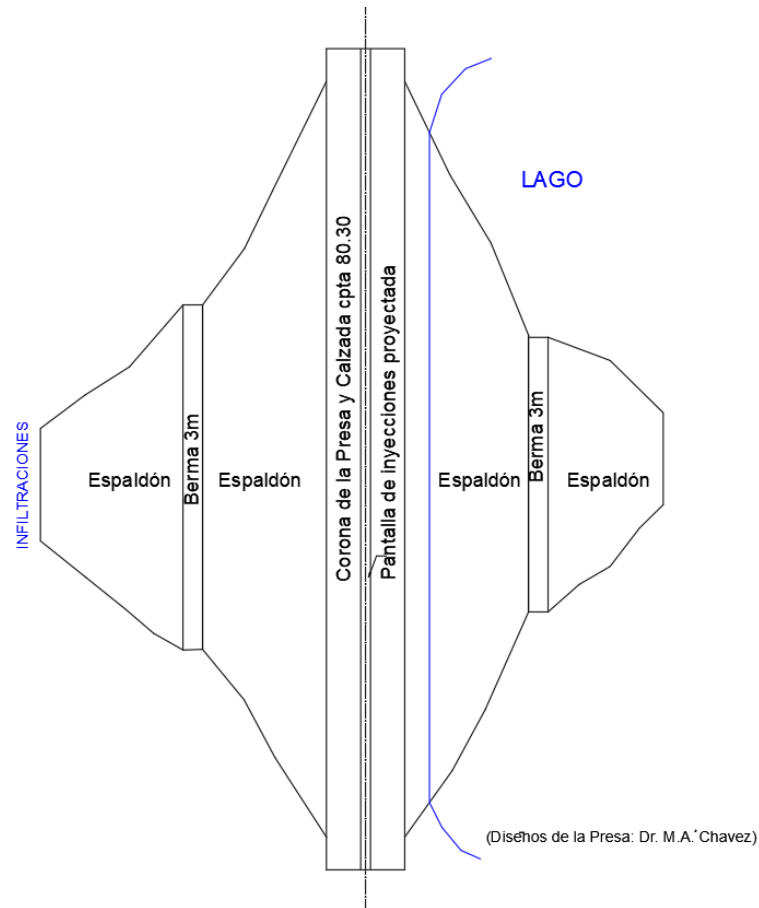


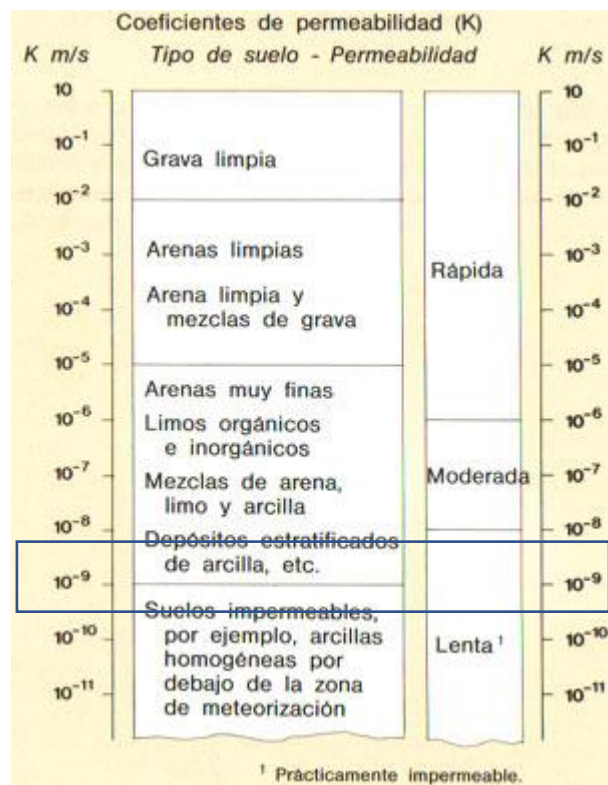
Figura 3.1 Perfil Longitudinal de la presa y cimentación. Fuente: (Chávez, 2022)

Con respecto al nivel máximo del embalse este se encuentra ubicado en la cota 78 msnm y la corona de la presa donde está el eje de la vía está en la cota 80.30 msnm. En la figura 3.2, se puede ver el detalle de la planta de la presa.



**Figura 3.2 Planta de la presa. Fuente:** (Chávez, 2022)

Por datos proporcionados por el diseñador de la presa, se conoce que el núcleo de arcilla está bien compactado, al 102% del Proctor modificado. De acuerdo con la figura 3.3 la velocidad del flujo de agua, a través del núcleo de arcilla, es lento por lo que se puede considerar prácticamente impermeable ( $1.5 \times 10^{-9}$  m/s), lo que significa que las infiltraciones suceden debajo del núcleo, justo en las fracturas superficiales de las rocas (FAO, 2006).



**Figura 3.3** Coeficiente de permeabilización según el tipo de suelo. Fuente: (FAO, 2006)

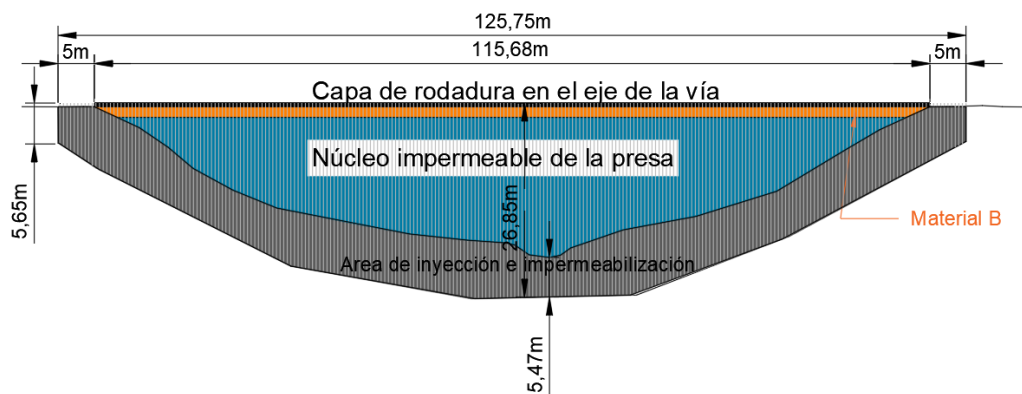
### 3.1.1.1. Solución de inyecciones de impermeabilización

La solución que se propone es la impermeabilización de la cimentación de la presa de la ESPOL a través de la inyección de material cementicio con el cual se espera formar una pantalla, este forma una barrera impermeable que se consigue al inyectar en taladros dispuestos en 3 bolillo a lo largo del eje de la presa, de tal manera que los radios de acción se traslapen. Tomando como referencia el eje de la presa se realizarán dichas perforaciones hasta llegar a la cimentación rocosa, pasando por el núcleo impermeable de la presa sin afectarla.

Las fracturas y rocas porosas serán alcanzadas con la lechada que se inyectará a través de los taladros, este fluido debe tener la menor viscosidad posible y ser introducido a presión, penetrando así los poros y espacios vacíos que estén en la roca, disminuyendo o anulando el flujo debido a las cargas de agua del embalse. Una característica importante que debe tener la lechada es que una vez que esté fraguada esta debe ser impermeable y resistente a las presiones hidrostáticas del agua embalsada.

Según los planos de la presa proporcionados por el PhD. Ing. Miguel Ángel Chávez, la altura de la presa es variable, por lo que la altura de los taladros también lo será según la zona en la que se esté perforando. Las perforaciones más largas serán aquellas que se encuentren en la parte central de la presa, las perforaciones se hacen más cortas conforme el talud del pequeño valle se acerca a los empotramientos.

La longitud total de vía que conforma la presa es aproximadamente de 115.70 metros, sin embargo, el diseño de los taladros considerará una extensión adicional de 5 metros en cada empotramiento. De esta forma la longitud de la formación de la pantalla será de 125.75 metros como se observa en la figura 3.4.



(Información técnica proporcionada por el Dr. M.A. Chávez)

**Figura 3.4 Perfil longitudinal de la presa y cimentación. Fuente:** (Chávez, 2022)

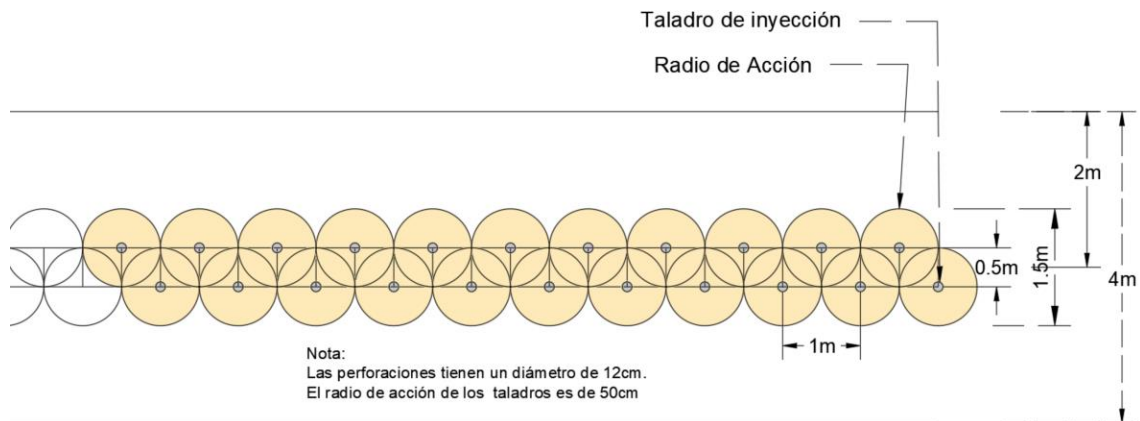
Los taladros de inyecciones se lo realizarán con un trackdrill neumático cada 1 metro uno de otro, lo que permitirá la instalación del sistema de inyección que comprende tuberías, obturadores<sup>2</sup> y reguladores de presión<sup>3</sup>. Los taladros estarán ubicados en la parte central del núcleo de la presa, que en la corona tiene 4 metros de ancho. Se ocupan aproximadamente 1.5 metros considerando el radio de acción de las inyecciones como se puede observar en la figura 3.5.

Por seguridad se asumirá un radio de acción mínimo de la lechada de 0.5 metros, por lo que, el diámetro de la circunferencia es de 1 metro y el ancho de la pantalla

<sup>2</sup> Es el elemento que permite adherir a presión la tubería que conduce la lechada.

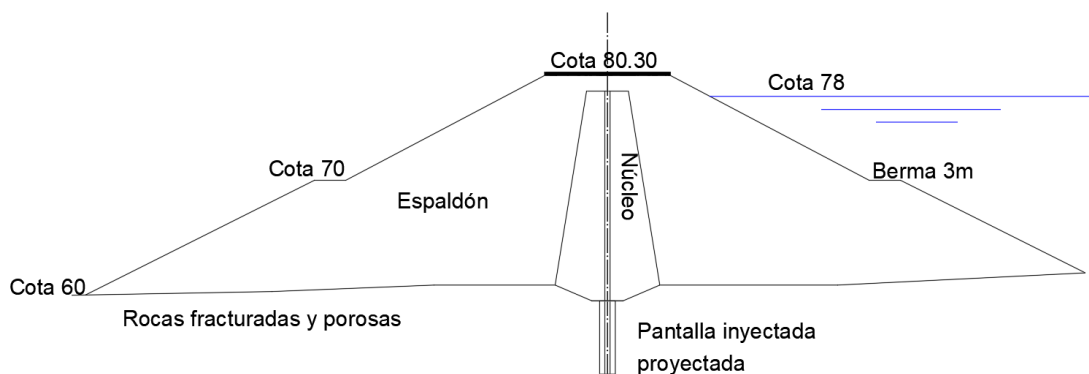
<sup>3</sup> Es el elemento que permite controlar la presión de inyección aplicando parámetros técnicos.

de inyección es de 0.5 metros medido entre las dos hileras de perforaciones. En este punto es muy importante que la campana de inyección siempre busque el traslape del radio de acción de la siguiente lechada para así asegurar la eficacia de la impermeabilización como se muestra en la figura 3.5. Debido a que el diseño consta de dos filas se tienen un total de 252 taladros.



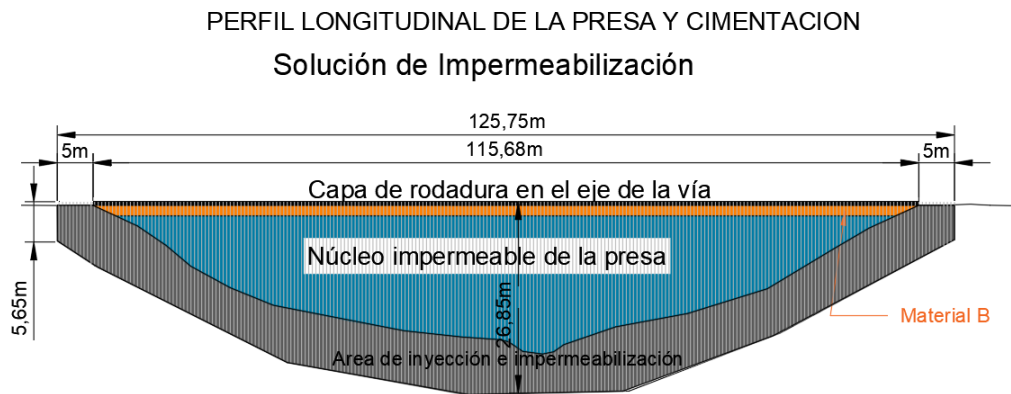
**Figura 3.5 Vista en planta de los taladros y su radio de acción. Fuente: (Chávez, 2022)**

La presa al tener un núcleo de arcilla impermeable bien compactado no tiene infiltraciones en esa zona, no así su cimentación, que como se puede observar en la figura 3.6 y figura 3.7, el lugar donde se formará la pantalla con las inyecciones proyectada será conocida como “el área de inyección e impermeabilización” y puede variar entre 5 y 7 metros.



(Diseños de la Presa: Dr. M.A. Chávez)

**Figura 3.6 Perfil típico de la presa. Fuente: (Chávez, 2022)**



**Figura 3.7 Perfil longitudinal de la presa y cimentación. Fuente:** (Chávez, 2022)

### Área de inyección e impermeabilización

En base a lo expuesto, se procede a realizar los cálculos para obtener los metros de perforación y el área de inyección e impermeabilización.

La cantidad de perforación, en metros, de roca dura en la cimentación de la presa es de 1780 metros y la perforación en el terraplén es decir en el núcleo impermeable de la presa es de 3530 metros. El pavimento rígido tendrá una perforación de 126 metros, ya que son dos filas de perforaciones.

El área frontal de inyecciones es de 933 m<sup>2</sup> y el volumen inyectado, con un radio de acción de 0.5 m, es de 1400 m<sup>3</sup>. Se considera el ancho de la pantalla de inyecciones de 1.5 metros.

$$V_{it} = \text{Ancho de inyeccion} \times \text{área frontal de inyecciones} \quad (3.1)$$

$$V_{it} = 1.5 \text{ m} * 933 \text{ m}^2$$

$$V_{it} = 1400 \text{ m}^3$$

Debido a que la inyección va a las fisuras y a los poros de las rocas se considera el 20% de volumen inyectado.

$$V_i = V_{it} * 20\% \quad (3.2)$$

$$V_i = 1400 * 20\%$$

$$V_i = 280 \text{ m}^3$$

Luego de hacer las respectivas perforaciones y la inyección de la lechada se procede a realizar el cálculo del relleno con suelo/cemento fluido de los taladros sin inyectar.

$$V_{\text{Relleno}} = \text{Perforacion terraplen} * (\text{radio de perforacion}^2 * \pi) \quad (3.3)$$

$$V_{\text{Relleno}} = 3530\text{m} * (0.0762^2 * \pi)$$

$$V_{\text{Relleno}} \approx 65 \text{ m}^3$$

Obteniendo como resultado la pantalla de inyección como se puede observar en la figura 3.8.



**Figura 3.8** Pantalla impermeable inyectada. Fuente: (Chávez, 2022)

**Tabla 3.1** Resumen información técnica.

| Resumen Información técnica                                       |                     |
|---|---------------------|
| Perforación del pavimento rígido                                  | 126 m               |
| Perforación en suelo bien compactado desde la calzada (Terraplén) | 3530 m              |
| Perforación en roca dura  | 1780 m              |
| Área frontal de inyecciones                                       | 933 m <sup>2</sup>  |
| Volumen inyectado, radio de acción 0,5m                           | 1400 m <sup>3</sup> |
| Volumen de lechada para llenar tramos de taladro sin inyectar     | 65 m <sup>3</sup>   |

## **Consideraciones para la implementación de la solución**

Se sugiere que los trabajos referentes a la implementación de las inyecciones de impermeabilización inicien en el mes de septiembre, ya que como es conocido que a partir de este mes los niveles de agua en el embalse sean menores, esto hasta que en enero cuando se inician las lluvias se vuelva a llenar nuevamente (Chávez, 2022).

Dado que las inyecciones tienen como objetivo fundamental disminuir o restringir las infiltraciones que están ocurriendo en la cimentación y en parte de los empotramientos, se requiere realizar inicialmente un replanteo topográfico de la obra por realizar. Debe definirse un eje longitudinal en el centro de la corona de la Presa y a partir de este el emplazamiento de los taladros de perforación, conforme se propone en los planos y perfiles (Chávez, 2022)

Para causar la menor afectación al cuerpo de la Presa es preferible realizar pocas perforaciones, analizar y definir la longitud de cada tratamiento, para de inmediato proceder a realizar las inyecciones y luego el llenado de los huecos cilíndricos vacíos es decir los tramos en los cuales no se efectúan las inyecciones Haga clic o pulse aquí para escribir texto..

Las inyecciones deber ser efectuadas con la dirección técnica apropiada, con mucha experiencia en ese tipo de trabajos, contando con un personal operativo debidamente entrenado. Evidentemente si las presiones de inyección no son técnicamente controladas, podrían causarse daños al cuerpo de Presa (Chávez, 2022).

Para verificar la eficacia del tratamiento por inyecciones se tienen dos alternativas: La primera efectuar perforaciones y en ellas ensayos de permeabilidad tipo Lefranc para conocer el rango de este parámetro que puede ser admitido. Permeabilidades del orden de  $1.5 \times 10^{-6} \text{cm/s}$  o menores podrán ser admitidas (Chávez, 2022).

La segunda alternativa es la verificación directa. Primero se debe evaluar el rango de infiltraciones al momento de iniciar los trabajos. Las nuevas mediciones de los caudales de infiltración deben hacerse luego de que se haya concluido la campaña de inyecciones (Chávez, 2022).



Si se establece que aún existen filtraciones significativas al pie de la Presa (por ejemplo, un 10% de las infiltraciones iniciales), el paso siguiente es repetir el procedimiento de inyecciones hasta lograr la disminución de dichas infiltraciones (Chávez, 2022).

Evidentemente, dado que los trabajos de impermeabilización de la cimentación y empotramientos de la Presa se realizan con la obra construida hace 32 años, desde la corona del terraplén, no se puede esperar una impermeabilización al cien por ciento (Chávez, 2022).

### **3.2 Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable a nivel de prefactibilidad**

Inicialmente se tenía la idea de diseñar una planta de tratamiento que cubra las necesidades de agua potable de ESPOL, por lo cual se realizó el balance de masas para determinar la cantidad de agua con la que se contaba inicialmente para el proyecto, y aunque actualmente el volumen disponible cubre las necesidades actuales de ESPOL, pero dentro del período de diseño propuesto para la planta hasta el 2035 la demanda aumentará y no cubrirá el consumo proyectado hasta ese año.

Por lo cual se consideró plantear el diseño de una pantalla impermeabilización en la presa, ya que se encontró en el capítulo 2 que era necesario controlar primero las infiltraciones a través de la presa antes de implementar la PTAP para que así a largo plazo se pueda atender la demanda de consumo proyectada.

Aunque la PTAP ya no es el diseño principal de este proyecto integrador los suscritos quieren aportar con una propuesta de ubicación y un diseño preliminar de los procesos de la planta de agua potable.

#### **3.2.1 Posible ubicación de la planta de tratamiento de agua potable PTAP**

Para escoger la ubicación más idónea para establecer la PTAP se utilizó la matriz de Likert, en la tabla 3.2, se muestra la métrica de evaluación de este método.

**Tabla 3.2 Criterios para evaluar las alternativas planteadas.**

| Totalmente favorable | Parcialmente favorable | Ni favorable ni desfavorable | Parcialmente desfavorable | Muy desfavorable |
|----------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|
| 5                    | 4                      | 3                            | 2                         | 1                |

Se realizó una matriz de Likert tomando como referencia los parámetros que se ven afectados al momento de determinar la mejor ubicación de la PTAP. A continuación, en las figuras 3.9, 3.10, 3.11 se presentan las ubicaciones que se consideraron.



**Figura 3.9 Ubicación cerca de la cabaña a lado del lago.**



**Figura 3.10 Ubicación cerca al vertedero tipo Cimacio frente al coliseo.**



Figura 3.11 Ubicación frente a FADCOM.

Tabla 3.3 Matriz de Likert con referencia a la ubicación de la PTAP.

| Mejor ubicación                          | Alternativa 1:<br>Cerca de la<br>cabaña a lado<br>del lago | Alternativa 2:<br>Cerca al vertedero<br>tipo Cimacio frente<br>al coliseo | Alternativa 3:<br>Frente a<br>FADCOM |
|--|--|---|--------------------------------------|
| <b>Consideraciones técnicas (40%)</b>    |  |   |                                      |
| Facilidades de diseño                    | 4  | 2   | 5                                    |
| <b>Total</b>                             | 4  | 2   | 5                                    |
| <b>Ponderado</b>                         | 1,6  | 0,8   | 2                                    |
| <b>Consideraciones economica (20%)</b>   |  |   |                                      |
| Costos de implantación                   | 1  | 1   | 4                                    |
| <b>Total</b>                             | 1  | 1   | 4                                    |
| <b>Ponderado</b>                         | 0,2  | 0,2   | 0,8                                  |
| <b>Consideraciones ambientales (20%)</b> |  |   |                                      |
| Destrucción de flora                     | 4  | 2   | 5                                    |
| <b>Total</b>                             | 4  | 2   | 5                                    |
| <b>Ponderado</b>                         | 0,8  | 0,4   | 1                                    |
| <b>Consideraciones sociales (20%)</b>    |  |   |                                      |
| Afectación a la<br>comunidad             | 2  | 4   | 2                                    |
| <b>Total</b>                             | 2  | 4   | 2                                    |
| <b>Ponderado</b>                         | 0,4  | 0,8   | 0,4                                  |
| <b>TOTAL</b>                             | 11   | 9   | 16                                   |
| <b>TOTAL PONDERADO</b>                   | <b>3</b>   | <b>2,2</b>  | <b>4,2</b>                           |

La matriz de Likert descrita en la tabla 3.3 nos permite identificar la alternativa más conveniente, quedando así la alternativa ganadora con un valor ponderado de 4.2 aquella que queda frente a FADCOM, lo cual es lógico porque se trata de un área ya intervenida.

### 3.2.2 Diseño preliminar de los procesos y operaciones unitarias para una planta de tratamiento de agua potable en ESPOL

#### 3.2.2.1 Factores iniciales

Cada proceso y operación unitaria en la PTAP que se disponga tomará en cuenta algunos factores que son de vital importancia, estos factores son:

##### 1. Población futura

Se considera la población proyectada al año de diseño 2035 de la tesis (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) presentada en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4 Población de ESPOL proyectada al año de diseño del 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2035     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | ESTUDIANTES INGENIERIA | 13 037        |
| 2            | TRABAJADORES ESPOL     | 1 685         |
| 3            | ESTUDIANTES COPOL      | 1 512         |
| 4            | TRABAJADORES COPOL     | 259           |
| 5            | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6 583         |
| 6            | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1 623         |
| <b>TOTAL</b> |                        | 24 699        |

##### 2. Consumo y dotación

El consumo de la población de ESPOL se calculó para una dotación proyectada al 2035 de 62 L/hab-día, según lo indicaba el Plan Maestro de agua potable (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) pero para este proyecto se considerará 60l/hab-día ya que es un valor que está establecido en la normativa NEC. En la tabla 3.5 se visualiza el consumo de ESPOL para el año 2035 y es de 149.203,60 m<sup>3</sup>/año.

**Tabla 3.5 Resumen población de ESPOL proyectada al año 2035. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| Consumo año 2035    |                        |               |                  |             |                                 |   |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|---|
| Días                | 261                    |               |                  |             |                                 |   |
| Dotación            | 60.24                  |               |                  |             |                                 |   |
| Item                | Descripción            | Nro. Personas | Horas de consumo | [l/Hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo anual (para 261 días) (m <sup>3</sup> /año) |
| 1                   | Estudiantes ingeniería | 13 037        | 12               | 30          | 391.11                          | 149.203,60  |
| 2                   | Trabajadores ESPOL     | 1 685         | 8                | 20          | 33.69                           |   |
| 3                   | Estudiantes COPOL      | 1 512         | 7                | 18          | 27.22                           |   |
| 4                   | Trabajadores COPOL     | 259           | 7                | 18          | 4.66                            |   |
| 5                   | Estudiantes admisiones | 6 583         | 6                | 15          | 98.75                           |   |
| 6                   | Estudiantes posgrados  | 1 623         | 4                | 10          | 16.23                           |   |
| <b>Total actual</b> |                        | 24 699        |                  |             | <b>571.66</b>                   |   |

### 3. Caudales

Los caudales que se utilizaran para el diseño de la PTAP a nivel de prefactibilidad fueron calculados en base a los lineamientos establecidos en la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 (INEN, 1992) y a los obtenidos del Plan Maestro de Agua Potable (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021). El diseño que se propone está proyectado al año 2035 por lo que los caudales también lo están, el resumen de los caudales se encuentra en la tabla 6.2. en el ANEXO D.

#### 1. Caudal medio diario

Se lo obtiene a partir de la dotación media futura y la población, en este caso la de acuerdo con la tabla 3.3, el valor del caudal medio diario para el año 2035 esta expresado en la siguiente ecuación 3.4.

$$Q_{md} = 571.66 \frac{m^3}{día} \quad (3.4)$$

#### 2. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario es aquel caudal que se genera en un día máximo de consumo. Para obtener el caudal máximo diario se multiplica un coeficiente de mayoración al caudal medio diario que según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1 (INEN, 1992), se obtiene en base a estudios en sistemas existentes.

Este proyecto toma como referencia al Plan Maestro de Agua Potable de ESPOL (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021) se considera un factor de mayoración de  $Kmd = 1.4$

$$QMaxd = kmd * Qmd \quad (3.5)$$

Donde:

$Kmd$ , Factor de mayoración

$QMaxd$ , Caudal medio diario  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$$QMaxd = 1.4 * 571.66 \frac{m^3}{día}$$

$$QMaxd = 800.33 \frac{m^3}{día}$$

### 3. Caudal máximo horario

Es el caudal máximo horario que se registra durante una hora en el periodo de un año, para obtenerlo se multiplica el caudal medio horario por un factor de mayoración (IBAL, 2022). En Plan Maestro se indica se indica un de  $Kmd = 2.2$

$$Qmh = kmh * Qmd \quad (3.6)$$

Donde:

$Kmh$ , Factor de mayoración

$Qmd$ , Caudal medio diario  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$$Qmh = 2.2 * 571.66 \frac{m^3}{día}$$

$$Qmh = 1257.65 \frac{m^3}{día}$$

Los siguientes caudales fueron calculados tomando como referencia la tabla 3.6 pertenecientes a la norma CPE INEN 5 parte 9-1:1992 (INEN, 1992), dependiendo del elemento que se esté diseñando del sistema de agua potable corresponde el caudal de diseño al año 2035.

**Tabla 3.6 Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable. Fuente: (INEN, 1992)**

| Elemento                          | Caudal                    |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Captación de aguas superficiales  | Máximo diario + 20%Qmd    |
| Captación de aguas subterráneas   | Máximo diario + 5% Qmd    |
| Conducción de aguas superficiales | Máximo diario + 10% Qmd   |
| Conducción de aguas subterráneas  | Máximo diario + 5% Qmd    |
| Red de distribución               | Máximo horario + incendio |
| Planta de tratamiento             | Máximo diario + 10% Qmd   |

4. Caudal captación de aguas superficiales

$$Q_{capt. a. s} = Q_{Maxd} + Q_{md} * 20\% \quad (3.7)$$

$$Q_{capt. a. s} = 800.33 \frac{m^3}{día} + (571.66 \frac{m^3}{día} * 20\%)$$

$$Q_{capt. a. s} = 914.66 \frac{m^3}{día}$$

5. Caudal conducción de aguas superficiales

$$Q_{cond. a. s} = Q_{Maxd} + Q_{md} * 10\% \quad (3.8)$$

$$Q_{cond. a. s} = 800.33 \frac{m^3}{día} + (571.66 \frac{m^3}{día} * 10\%)$$

$$Q_{cond. a. s} = 857.49 \frac{m^3}{día}$$

6. Planta de tratamiento

$$Q_{pt} = Q_{Maxd} + Q_{md} * 10\% \quad (3.9)$$

$$Q_{pt} = 800.33 \frac{m^3}{día} + (571.66 \frac{m^3}{día} * 10\%)$$

$$Q_{pt} = 857.49 \frac{m^3}{día}$$

En resumen, los caudales para el año de diseño 2035, son los presentados en la tabla 3.7

**Tabla 3.7 Resumen de caudales año 2035.**

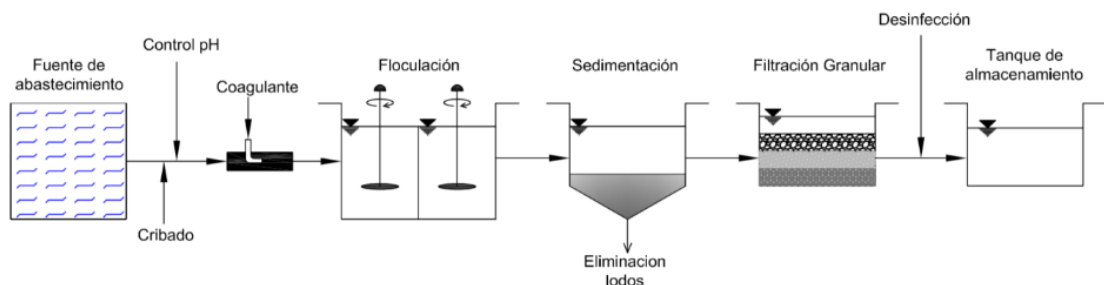
| CAUDALES DE DISEÑO 2035                  |         |                     |
|--|---------|---------------------|
| Caudal medio diario                      | 571,66  | m <sup>3</sup> /día |
| Caudal máximo diario                     | 800,33  | m <sup>3</sup> /día |
| Caudal máximo horario                    | 1257,65 | m <sup>3</sup> /día |
| Caudal captación de aguas superficiales  | 914,66  | m <sup>3</sup> /día |
| Caudal conducción de aguas superficiales | 857,49  | m <sup>3</sup> /día |
| Planta de tratamiento                    | 857,49  | m <sup>3</sup> /día |

#### 4. Caracterización del agua cruda

La caracterización del agua cruda es muy importante, ya que en función de los resultados se decidirán los procesos que se diseñarán en la planta. En este caso tomando en consideración la caracterización de agua cruda, la tabla 2.15 obtenida en el capítulo 2, la planta no requiere procesos adicionales a los de una planta de tratamiento de agua convencional.

##### 3.2.2.2 Procesos y operaciones unitarias

Una planta de tratamiento de agua potable convencional generalmente se compone de los siguientes procesos como se muestra en la figura 3.12:



**Figura 3.12 Etapas del proceso de potabilización del agua cruda en agua potable. Fuente: (Ordoñez Sánchez, 2015)**

1. Captación
2. Bombeo
3. Pre-Tratamiento
  - 3A. Desbaste
4. Tratamiento
  - 4A. Coagulación



- 4B. Floculación
- 4C. Sedimentación
- 4D. Filtración
- 4E. Desinfección

En este caso el diseño preliminar de la planta abarcará las etapas del pretratamiento y tratamiento detallados a continuación:

## **PRETRATAMIENTO**

### **DESBASTE**

El desbaste va en base a la observación de la calidad del agua y pueden ser: rejas, rejillas, mallas, tamices. Para este proceso se recomienda el empleo de una malla debido a que solo se tiene la necesidad de retener hojas.

El desbaste puede estar o no en el tratamiento de agua potable porque a veces las aguas superficiales que se dirigen a PTAP son aguas limpias contrario a las aguas residuales que requiere siempre en la propuesta de diseño un desbaste completo.

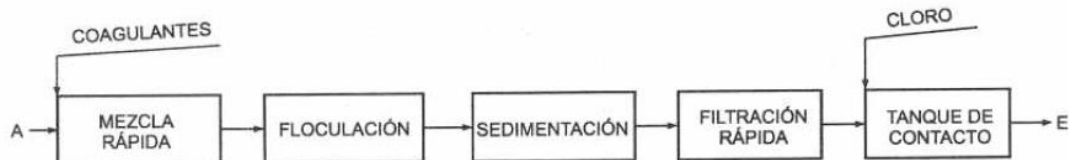
El desbaste para aguas crudas se diseña en función de lo que se observa en el sitio de captación, en este caso en el sitio de captación solo se observa la presencia de hojas como sobrenadante, para el tipo de hojas como sobrenadante no se requieren incorporar rejillas. En este caso el desbaste se realizaría empleando unas mallas cuya separación sería del tamaño de 1.5cm, la malla tendría 15 centímetros hacia abajo del nivel de la superficie y 15 centímetros arriba del nivel, teniendo 30 centímetros de altura contra el ancho del canal de captación.

Se recomienda colocar en la malla un material de Polivinilo cloruro (PVC), para evitar el tema de oxidación y que dure más. El PVC es como un nylon, pero la abertura no debe de ser tan pequeña para que se obstruya y evite el paso del agua ni tan grande para que permita el paso de todos los sobrenadantes.

El mantenimiento para el desbaste es retirar el sobrenadante de forma diaria debido a que las hojas van a flotar cerca de la malla, cuando se realice la puesta en marcha y calibración, se determinará la frecuencia de la limpieza.

## TRATAMIENTO

Según (Romero Rojas, 1999) el proceso de tratamiento de una planta convencional consta de una mezcla rápida (Coagulación), mezcla lenta (Floculación), sedimentación, filtración y tanque de contacto como se muestra en la figura 3.13.



**Figura 3.13 Planta de coagulación y filtración convencional Fuente:** (Romero Rojas, 1999)

## MEZCLA RÁPIDA (COAGULACIÓN)

Según (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973), el proceso de coagulación sucede en dos pasos:

1. La adición del coagulante y
2. Dispersión del coagulante (Mezcla rápida)

Para este proceso se aprovechará la carga hidráulica y se diseñará un vertedero rectangular con caída libre que formará un resalto hidráulico, debido a que es un tipo de mezclador hidráulico que se utiliza para una mezcla rápida donde se puede añadir el coagulante (Sulfato de aluminio) para su posterior dispersión.

El coagulante debe estar completamente disuelto y de forma líquida antes de ser inyectado para obtener una mejor eficiencia. Según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992 (INEN, 1992) se lo debe aplicar en el punto de mayor turbulencia y de forma constante para que se distribuya uniformemente en el agua. La dosis de coagulante que se añadirá será de 25 mg/L, ya que es la dosis óptima obtenida

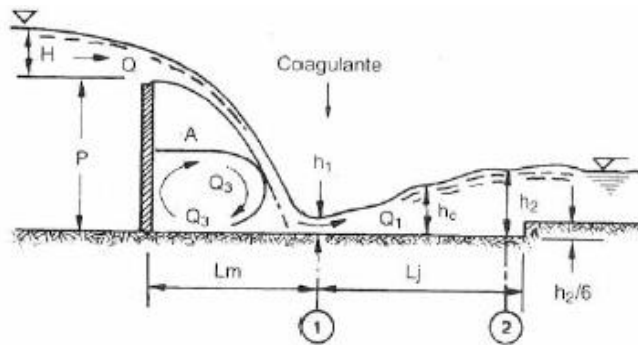
como resultado de la realización del ensayo de “Test de Jarras” en el laboratorio de Sanitarias de la ESPOL.

El caudal de diseño será el que ingresa a la planta de tratamiento es decir es el caudal máximo diario más el 10% del caudal medio. Para el diseño se utilizarán los datos iniciales descritos en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8 Datos iniciales para el diseño del vertedero donde se encontrará el resalto hidráulico.**

| Datos Iniciales                           |                                     |                             |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|
| Caudal Planta de tratamiento, $Q_{pt}$    | 857,49                              | $m^3/día$                   |
|   | 0,010                               | $m^3/s$                     |
|   | 9,9247                              | L/s                         |
| Gravedad, $g$                             | 9,81                                | $m/s^2$                     |
| Propiedades del agua a cierta temperatura |                                     |                             |
| Temperatura, $T$ (°C)                     | Peso específico (N/m <sup>3</sup> ) | Viscosidad dinámica (Kg/ms) |
| 25  | 9781.85                             | 0.000891                    |

A continuación, en la figura 3.14 se presenta un esquema del proceso de mezcla rápida.



**Figura 3.14 Configuración del resalto en un vertedero rectangular.**

**Fuente:**(Romero Rojas, 1999)

Donde:

$Q$ , Caudal de diseño

$H$ , Altura de la lámina de agua

$P$ , Altura de la pared del vertedero

$L_m$ , Longitud del salto

$L_j$ , Longitud del resalto

$h_1$ , Profundidad supercrítica

$h_2$ , Profundidad subcrítica

$h_c$ , Profundidad crítica de flujo

Se asumen las dimensiones para el vertedero rectangular, las cuales se muestran a continuación en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9 Dimensiones del vertedero rectangular.**

|                   |      |   |
|-------------------|------|---|
| <b>B (ancho)</b>  | 0.5  | m |
| <b>P (altura)</b> | 0.35 | m |

Tomando en consideración los criterios de diseño del CEPIS y CPE INEN Parte 9-1: 1992 (INEN, 1992) se calculan los siguientes parámetros.

#### Caudal Unitario

El caudal unitario se lo obtiene de la división del caudal que ingresa a la planta de tratamiento sobre el ancho del vertedero Ecuación (3.10).

$$q = \frac{Q_{pt}}{B} \quad (3.10)$$

Donde:

$Q_{pt}$ , Caudal dentro de la planta de tratamiento  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

$B$ , Ancho del vertedero rectangular [m]

$$q = \frac{0.010 \frac{m^3}{s}}{0.5 m}$$

$$q = 0.020 \frac{m^2}{s}$$

#### Profundidad crítica

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.11)$$

Donde:

$q$ , Caudal unitario  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

$g$ , Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$hc = \left( \frac{\left(0.020 \frac{m^2}{s}\right)^2}{9.81 \frac{m}{s^2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$hc = 0.034 m$$

Una vez obtenida la profundidad crítica, según (Romero Rojas, 1999) mediante la siguiente ecuación 3.12 se verifica que el vertedero pueda ser utilizado como aforador.

$$\frac{P}{hc} > 3 \quad (3.12)$$

Donde:

$P$ , Altura del vertedero rectangular  $[m]$

$hc$ , Profundidad crítica  $[m]$

$$\frac{0.35 m}{0.034 m} > 3$$

$$10.22 > 3 \therefore \text{Cumple}$$

El valor obtenido es mayor a 3 por tanto si se cumple que el vertedero pueda ser usado como aforador.

### Profundidad conjugada en la sección 1

Según (Mejía, 2004) se conoce como profundidad conjugada a las dos posibles profundidades positivas de flujo, una de ellas es mayor a la profundidad crítica correspondiendo al estado subcrítico y la otra de profundidad menor a la crítica o se asocia al estado supercrítico del flujo. En este caso se calculará la profundidad menor utilizando la ecuación 3.13

$$h1 = \frac{\sqrt{2} * hc}{1.06 + \sqrt{\frac{P}{hc}} + 1.5} \quad (3.13)$$

Donde:

$hc$ , Profundidad crítica [m]

$P$ , Altura del vertedero rectangular [m]

$$h1 = \frac{\sqrt{2} * 0.034 \text{ m}}{1.06 + \sqrt{\frac{0.35 \text{ m}}{0.034 \text{ m}}} + 1.5}$$

$$h1 = 0.011 \text{ m}$$

#### Velocidad en la sección 1

$$v1 = \frac{q}{h1} \quad (3.14)$$

Donde:

$q$ , Caudal unitario  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

$h1$ , Profundidad conjugada en la sección 1 [m]

$$v1 = \frac{0.020 \frac{m^2}{s}}{0.011 \text{ m}}$$

$$v1 = 1.84 \frac{m}{s}$$

#### Número de Froude:

De acuerdo con la normativa CPE INEN 5 Parte 9-1 (INEN, 1992) y el manual de CEPIS, el número de Froude debe encontrarse en el rango de  $4.5 < F < 9$  para conseguir un resalto hidráulico estable.

$$F = \frac{v1}{\sqrt{g * h1}} \quad (3.15)$$

Donde:

$v_1$ , velocidad en la sección 1

$h_1$ , Profundidad conjugada en la sección 1 [m]

$g$ , Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$F = \frac{1.84 \frac{m}{s}}{\sqrt{9.81 \frac{m}{s^2} * 0.011 m}}$$

$$F = 5.64$$

El valor obtenido de 5.64, está dentro del rango establecido por la norma.

### Profundidad conjugada en la sección 2

A continuación, se presenta la profundidad conjugada mayor, para el estado subcrítico.

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1) \quad (3.16)$$

Donde:

$F$ , Número de Froude

$h_1$ , Profundidad conjugada en la sección 1 [m]

$$h_2 = \frac{0.011 m}{2} * (\sqrt{1 + 8 * 5.64^2} - 1)$$

$$h_2 = 0.081 m$$

### Velocidad en la sección 2

$$v_2 = \frac{q}{h_2} \quad (3.17)$$

Donde:

$q$ , Caudal unitario  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

$h_2$ , Profundidad conjugada en la sección 2 [m]

$$v_2 = \frac{0.020 \frac{m^2}{s}}{0.081 m}$$

$$v_2 = 0.25 \frac{m}{s}$$

Pérdida de energía en el resalto

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_2 * h_1} \quad (3.18)$$

Donde:

$h_1$ , Profundidad conjugada en la sección 1 [m]

$h_2$ , Profundidad conjugada en la sección 2[m]

$$h = \frac{(0.081 \text{ m} - 0.011 \text{ m})^3}{4 * 0.081 \text{ m} * 0.011 \text{ m}}$$

$$h = 0.099 \text{ m}$$

Longitud del resalto hidráulico

$$L_j = 6 * (h_2 - h_1) \quad (3.19)$$

Donde:

$h_1$ , Profundidad conjugada en la sección 1 [m]

$h_2$ , Profundidad conjugada en la sección 2[m]

$$L_j = 6 * (0.081 \text{ m} - 0.011 \text{ m})$$

$$L_j = 0.421 \text{ m}$$

Velocidad media

$$v_m = \frac{(v_1 + v_2)}{2} \quad (3.20)$$

Donde:

$v_1$ , Velocidad en la sección 1 [m]

$v_2$ , Velocidad en la sección 2[m]

$$v_m = \frac{\left(1.84 \frac{m}{s} + 0.25 \frac{m}{s}\right)}{2}$$

$$v_m = 1.041 \frac{m}{s}$$



### Distancia del vertedero

$$Lm = 4.3 * P^{0.1} * hc^{0.9} \quad (3.21)$$

Donde:

$hc$ , Profundidad crítica [m]

$P$ , Altura del vertedero rectangular [m]

$$Lm = 4.3 * (0.35 \text{ m})^{0.1} * (0.034 \text{ m})^{0.9}$$

$$Lm = 0.186 \text{ m}$$

### Tiempo de mezcla rápida

Según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1, el tiempo de retención debe ser menores a 1s.

$$t = \frac{Lj}{vm} \quad (3.22)$$

Donde:

$Lj$ , Longitud del resalto [m]

$vm$ , Velocidad media  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$$t = \frac{0.421 \text{ m}}{1.041 \frac{m}{s}}$$

$$t = 0.404 \text{ s}$$

El resultado de 0.404s es un valor menor a lo especificado en la norma.

### Gradiente de velocidad

Según la normativa CPE INEN 5 Parte 9-1, el gradiente de velocidad debe mantenerse en el rango de  $1000 \text{ s}^{-1}$  a  $2000 \text{ s}^{-1}$

$$G = \sqrt{\frac{(\gamma * h)}{\mu * t}} \quad (3.23)$$

Donde:

$\gamma$ , Peso específico del agua  $\left[\frac{N}{m^3}\right]$

$\mu$ , Viscosidad dinámica  $\left[\frac{kg}{m*s}\right]$

$h$ , Pérdida de energía en el resalto [m]

$t$ , Tiempo de mezcla rápida [s]

$$G = \sqrt{\frac{\left(9781.85 \frac{N}{m^3} * 0.099 m\right)}{0.000891 \frac{kg}{m * s} * 0.404 s}}$$

$$G = 1637.890 s^{-1} \therefore$$

Se puede observar que el gradiente de velocidad obtenido de  $1637.890 s^{-1}$  se encuentra dentro de del rango estipulado en la norma.

Altura de la lámina de agua

$$H = \left(\frac{Q}{1.84 * B}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (3.24)$$

Donde:

$H$ , Altura de la lámina de agua [m]

$Q$ , Caudal de la planta de tratamiento  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

$B$ , Ancho del vertedero [m]

$$H = \left(\frac{0.010 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 0.5 m}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.05 m$$

Estos resultados son preliminares, por tanto, se deben corroborar y ajustar de ser necesario.

Se presenta en la tabla 3.10 un resumen del diseño de coagulación a nivel de prefactibilidad.

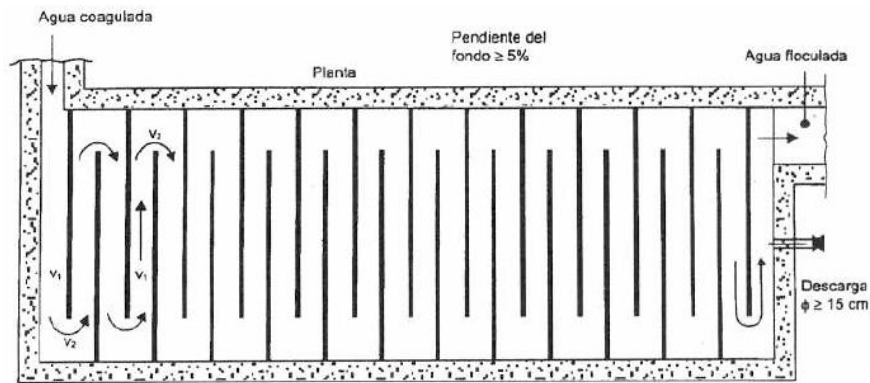
**Tabla 3.10 Resultados del diseño preliminar de la mezcla rápida (Coagulación).**

| <b>Resumen mezcla lenta (Floculación)</b>       |       |          |                   |
|---|-------|----------|-------------------|
| <b>Ancho</b>                                    | B     | 0,5      | m                 |
| <b>Altura</b>                                   | P     | 0,35     | m                 |
| <b>Caudal Unitario</b>                          | q     | 0,020    | m <sup>2</sup> /s |
| <b>Profundidad critica</b>                      | hc    | 0,034    | m                 |
| <b>Se verifica que se puede medir el caudal</b> | P/hc  | 10,22    | SI cumple         |
| <b>Profundidad conjugada 1</b>                  | h1    | 0,011    | m                 |
| <b>Velocidad en la sección 1</b>                | v1    | 1,84     | m/s               |
| <b>Número de Froude</b>                         | F     | 5,64     |                   |
| <b>Profundidad conjugada 2</b>                  | h2    | 0,081    | m                 |
| <b>Velocidad en la sección 2</b>                | v2    | 0,25     | m/s               |
| <b>Pérdida de energía en el resalto</b>         | h     | 0,099    | m                 |
| <b>Longitud del resalto</b>                     | Lj    | 0,421    | m                 |
| <b>Velocidad media</b>                          | Vm    | 1,041    | m/s               |
| <b>Distancia del vertedero</b>                  | Lm    | 0,186    | m                 |
| <b>Tiempo de mezcla rápida</b>                  | t     | 0,404    | s                 |
| <b>Gradiente de velocidad</b>                   | G     | 1637,890 | s <sup>-1</sup>   |
| <b>Altura de la lámina de agua</b>              | H     | 0,05     | m                 |
| <b>Distancia total</b>                          | Lj+Lm | 0,607    | m                 |

### **MEZCLA LENTA (FLOCULACIÓN)**

El siguiente proceso después de la coagulación es la floculación, una vez disperso el coagulante, (Romero Rojas, 1999) el agua ingresa al floculador, en este lugar es donde se forman los flóculos y son transportados de forma lenta hasta el siguiente proceso de tal manera que no se destruyan.

Según (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973), se diseña un floculador hidráulico de flujo horizontal cuando se trata de una planta pequeña, por temas estructurales, cuyo caudal es menor a 50L/s A continuación se presenta un esquema del floculador horizontal (Figura 15).



**Figura 3.15 Esquema de un floculador hidráulico de flujo horizontal. Fuente:**  
(Romero Rojas, 1999)

Los criterios para el diseño del floculador se los obtuvo del manual de (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973) y del estudio de “Análisis de operaciones y procesos alternos para el tratamiento de agua dura que abastece a la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay” (Barcia Carreño & Méndez Ruiz, 2021) los cuales se describen a continuación:

#### Longitud de recorrido del agua (canal)

Para determinar la longitud del recorrido del agua es necesario establecer primero la velocidad y el tiempo de retención del floculador. Según (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973), es posible diseñar dos o tres tramos con el fin de incrementar el espaciado de los tabiques de tal manera que se reduzca la velocidad de forma progresiva, el manual recomienda una alta velocidad al inicio del floculador de entre 0.3m/s a 0.6 m/s y una baja velocidad al final de 0.10m/s a 0.2m/s. No se recomiendan velocidades mayores a 0.8m/s ya que pueden romper los flóculos.

En este caso se diseñará un floculador horizontal con dos tramos y con un tiempo de retención total de 11 minutos. Y se utilizará la ecuación 3.25 para determinar la longitud que recorrerá el agua en cada tramo.

#### Longitud del canal de floculación

$$L = v * t \quad (3.25)$$

Donde:

$L$ , Longitud del canal [m]

$v$ , Velocidad del flujo en el canal  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$t$ , tiempo de retención [s]

En este caso se utilizarán velocidades de entre 0.24m/s y 0.15m/s para el tramo 1 y tramo 2 respectivamente.

#### TRAMO 1

**Tabla 3.11 Datos necesarios para el cálculo de la longitud del canal de floculación del primer tramo.**

| Datos   |          |
|---------|----------|
| v (m/s) | t1 (min) |
| 0.24    | 4        |

$$L = 0.24 \frac{m}{s} * \left( 4 \text{ min} * \frac{60s}{1\text{min}} \right)$$

$$L = 57.6 \text{ m}$$

#### TRAMO 2

**Tabla 3.12 Datos necesarios para el cálculo de la longitud del canal de floculación del segundo tramo.**

| Datos   |          |
|---------|----------|
| v (m/s) | t2 (min) |
| 0.15    | 7        |

$$L = 0.15 \frac{m}{s} * \left( 7 \text{ min} * \frac{60s}{1\text{min}} \right)$$

$$L = 63 \text{ m}$$

#### Volumen de agua a mezclar

Con la siguiente ecuación, se determina el volumen de agua que se mezclará en cada tramo del floculador.

$$V = Q * t \tag{3.26}$$

Donde:

$V$ , Volumen para mezclar [ $m^3$ ]

$Q$ , Caudal de la planta de tratamiento [ $\frac{m^3}{s}$ ]

$t$ , Tiempo de retención [ $s$ ]

TRAMO 1

$$V = 0.010 \frac{m^3}{s} * \left( 4 \text{ min} * \frac{60s}{1\text{min}} \right)$$
$$V = 2.38 m^3$$

TRAMO 2

$$V = 0.010 \frac{m^3}{s} * \left( 7 \text{ min} * \frac{60s}{1\text{min}} \right)$$
$$V = 4.17m^3$$

### Área de la sección del canal

El área de la sección del canal del floculador se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{v} \quad (3.27)$$

Donde:

$A$ , Sección del canal [ $m^2$ ]

$v$ , Velocidad del flujo en el canal [ $\frac{m}{s}$ ]

$Q$ , Caudal dentro de la planta de tratamiento [ $\frac{m^3}{s}$ ]

TRAMO 1

$$A = \frac{0.010 \frac{m^3}{s}}{0.24 \frac{m}{s}}$$

$$A = 0.04 m^2$$

TRAMO 2

$$A = \frac{0.010 \frac{m^3}{s}}{0.15 \frac{m}{s}}$$

$$A = 0.07 \text{ m}^2$$

### Ancho del canal

Para calcular el ancho del canal es necesario definir la altura útil y el borde libre del tabique en cada tramo.

$$Hu = Ht - BL \quad (3.28)$$

Donde:

$BL$ , Borde libre [m]

$Ht$ , Altura del tabique [ $\text{m}^2$ ]

$Hu$ , Altura del agua [m]

$$b = \frac{A}{Hu} \quad (3.29)$$

Donde:

$b$ , Ancho del canal [m]

$A$ , Sección del canal [ $\text{m}^2$ ]

$Hu$ , Altura del agua [m]

### TRAMO 1

Se considera un borde libre de  $BL = 0.1 \text{ m}$  y una altura de tabique de  $Ht = 0.45 \text{ m}$

$$Hu = 0.45 - 0.1 = 0.35 \text{ m}$$

Tomando en consideración la altura útil del canal para el tramo 1 se calcula el ancho del canal entre tabiques para este tramo.

$$b = \frac{0.04 \text{ m}^2}{0.35 \text{ m}}$$

$$b = 0.12 \text{ m}$$

### TRAMO 2

Se considera un borde libre de  $BL = 0.1 \text{ m}$  y una altura de tabique de  $Ht = 0.70 \text{ m}$

$$Hu = 0.70 - 0.1 = 0.60 \text{ m}$$

Tomando en consideración la altura útil del canal para el tramo 2 se calcula el ancho del canal entre tabiques para este tramo.

$$b = \frac{0.07 \text{ m}^2}{0.60 \text{ m}}$$

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

### Espaciamiento del extremo del tabique y pared del floculador

Tanto el manual (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973) como la norma CPE INEN Parte 9-1:5 (INEN, 1992) recomiendan que el espaciamiento en el extremo del tabique sea 1.5 veces el ancho del canal.

$$d = 1.5 * b \quad (3.30)$$

Donde:

$E$ , Espaciamiento del extremo de la mampara y la pared [m]

$b$ , Ancho del canal [m]

TRAMO 1

$$d = 1.5 * 0.12 \text{ m}$$

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

TRAMO 2

$$d = 1.5 * 0.11 \text{ m}$$

$$d = 0.17 \text{ m}$$

### Velocidad de giro

$$Vg = \frac{Q}{E \times Hu} \quad (3.31)$$

Donde:

$Q$ , Caudal dentro de la planta de tratamiento  $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$

$E$ , Espaciamiento del extremo de la mampara y la pared [m]

$Hu$ , Altura del agua [m]



TRAMO 1

$$Vg = \frac{0.010 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{0.18 m \times 0.35m} = 0.158 \frac{m}{s}$$

TRAMO 2

$$Vg = \frac{0.010 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{0.17 m \times 0.60m} = 0.100 \frac{m}{s}$$

Ancho útil total del tanque (Ancho floclador)

$$B = b + E \quad (3.32)$$

Donde:

$B$ , Ancho del Floclador [ $m$ ]

$b$ , Ancho útil de la mampara [ $m$ ]

$E$ , Espaciamiento del extremo de la mampara y la pared [ $m$ ]

TRAMO 1

Se asume un ancho de tabique de  $amp = 2.30 m$

$$B = 2.3 m + 0.18 m$$

$$B = 2.48 m$$

TRAMO 2

Se asume un ancho de tabique de  $amp = 2.4 m$

$$B = 2.40 m + 0.17 m$$

$$B = 2.57 m$$

Número de tramos del canal

$$N = \frac{L}{B} \quad (3.33)$$

Donde:

$M$ , Número de canales del Floclador

$L$ , Longitud del canal [ $m$ ]

$B$ , Ancho del floculador [ $m$ ]

TRAMO 1

$$M = \frac{57.6 \text{ m}}{2.48 \text{ m}}$$

$$M = 23$$

TRAMO 2

$$M = \frac{63 \text{ m}}{2.57 \text{ m}}$$

$$M = 25$$

Número de tabiques

$$N = M - 1 \tag{3.34}$$

Donde:

$M$ , Número de tramos del canal [ $m$ ]

$N$ , Número de tabiques [ $m$ ]

TRAMO 1

$$N = 23 - 1 = 22$$

TRAMO 2

$$N = 25 - 1 = 24$$

Largo del floculador con tabiques

$$L = (N * e) + (M * b) \tag{3.35}$$

Donde:

$L$ , Largo del floculador hidráulico [ $m$ ]

$N$ , Número de tabiques

$M$ , Número de tramos del canal

$b$ , Ancho del canal [ $m$ ]

$e$ , Espesor del tabique [ $m$ ]

## TRAMO 1

Se asume un espesor  $e = 0.08 \text{ m}$

$$L = (22 * 0.008) + (23 * 0.12)$$

$$L = 2.936 \text{ m} \approx 2.94$$

## TRAMO 2

Se asume un espesor  $e = 0.08 \text{ m}$

$$L = (24 * 0.008) + (25 * 0.11)$$

$$L = 2.942 \text{ m} \approx 2.94$$

### Cabezal de pérdida en las vueltas

$$h_1 = k * N * \frac{v^2}{2g} \quad (3.36)$$

Donde:

$h_1$ , Cabezal de pérdidas de cargas debido al cambio de dirección del flujo [m]

$k$ , Coeficiente de pérdida de carga en el cambio de dirección de giro

$v$ , velocidad del flujo en el canal  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

$N$ , Número de canales del floculador

$g$ , Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$

## TRAMO 1

Según normativa CPE INEN 5 parte 9-1:1992 y (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973) el valor de  $k$  varía entre 2 a 4, pero en este proyecto se escoge un valor de  $k = 2.5$

Aceleración de la gravedad  $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$h_1 = \frac{2.5 * \left(0.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 * (22)}{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$h1 = 0.161 \text{ m}$$

## TRAMO 2

Según normativa CPE INEN 5 parte 9-1:1992 (INEN, 1992) y (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973) el valor de  $k$  varía entre 2 a 4, pero en este proyecto se escoge un valor de  $k = 2.5$

Aceleración de la gravedad  $g = 9.81 \frac{m}{s^2}$

$$h1 = \frac{2.5 * \left(0.15 \frac{m}{s}\right)^2 * (24)}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h1 = 0.069 \text{ m}$$

## Radio hidráulico

$$r = \frac{b * H}{2 * H + b} \quad (3.37)$$

Donde:

$Rh$ , Radio hidráulico de la sección [ $m$ ]

$b$ , Ancho del canal [ $m$ ]

$Hu$ , Altura de agua [ $m$ ]

## TRAMO 1

$$Rh = \frac{0.12 \text{ m} * 0.35 \text{ m}}{2 * 0.35 \text{ m} + 0.12 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.051 \text{ m}$$

## TRAMO 2

$$Rh = \frac{0.11 \text{ m} * 0.6 \text{ m}}{2 * 0.6 \text{ m} + 0.11 \text{ m}}$$

$$Rh = 0.050 \text{ m}$$

### Cabezal de pérdida debido al tránsito de flujo en el canal

Al ser el canal de concreto se utiliza el siguiente número de rugosidad de Manning

$$n = 0.013$$

$$h_2 = \left( \frac{n * v}{Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * L \quad (3.38)$$

Donde:

$h_2$ , Cabezal de pérdida debido al tránsito del flujo en el canal [m]

$n$ , Coeficiente de rugosidad de Manning

$v$ , Velocidad del flujo en el canal  $\left[ \frac{m}{s} \right]$

$Rh$ , Radio hidráulico de la sección [m]

$L$ , Longitud del canal [m]

#### TRAMO 1

El radio hidráulico para el tramo 1 es  $Rh = 0.051$

Rugosidad de Manning para canales de concreto es  $n = 0.013$

$$h_2 = \left( \frac{0.013 * 0.24 \frac{m}{s}}{(0.051 m)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * (57.6 m)$$

$$h_2 = 0.029 m$$

#### TRAMO 2

El radio hidráulico para el tramo 2 es  $Rh = 0.050$

Rugosidad de Manning para canales de concreto es  $n = 0.013$

$$h_2 = \left( \frac{0.013 * 0.15 \frac{m}{s}}{(0.050 m)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 * (63 m)$$

$$h_2 = 0.013 m$$

### Cabezal de pérdida total (H)

$$H = h_1 + h_2 \quad (3.39)$$

Donde:

$H$ , Cabezal de pérdida total [m]

$h_1$ , Cabezal de pérdidas de cargas debido al cambio de dirección del flujo [m]

$h_2$ , Cabezal de pérdida debido al tránsito del flujo en el canal [m]

TRAMO 1

$$H = 0.161 \text{ m} + 0.029 \text{ m}$$

$$H = 0.191 \text{ m}$$

TRAMO 2

$$H = 0.069 \text{ m} + 0.013 \text{ m}$$

$$H = 0.082 \text{ m}$$

### Gradiente de velocidad

En la tabla 3.13 se presentan las propiedades que presentó la muestra del lago de ingenierías de la ESPOL a 25°C.

**Tabla 3.13 Propiedades del agua a 25°C.**

| Propiedades del agua a cierta temperatura |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
| T [°C]                                    | Peso específico<br>[N/m <sup>3</sup> ] | Viscosidad dinámica<br>[Pa*s] |
| 25  | 9781.85                                | 0.000891                      |

$$G = \sqrt{\frac{\gamma * H}{\mu * t}} \quad (3.40)$$

Donde:

$G$ , Gradiente de velocidad del proceso de floculación  $\left[\frac{1}{s}\right]$

$\gamma$ , Peso específico del agua  $\left[\frac{N}{m^3}\right]$

$\mu$ , Viscosidad dinámica del agua [Pa \* s]

$H$ , Cabezal de pérdida total [m]

$t$ , Tiempo de retención del agua dentro del floculador hidráulico [s]

TRAMO 1

**Tabla 3.14 Datos necesarios para el cálculo del gradiente de velocidad para el primer tramo.**

| Datos                         |       |              |       |
|-------------------------------|-------|--------------|-------|
| $\gamma$ (N/ m <sup>3</sup> ) | H (m) | $\mu$ (Pa*s) | t (s) |
| 9781.85                       | 0.191 | 0.000891     | 240   |

$$G = \sqrt{\frac{9781.85 \frac{N}{m^3} * 0.191 \text{ m}}{(0.000891 \text{ Pa} * \text{s}) * 240 \text{ s}}}$$

$$G = 93.459 \text{ s}^{-1}$$

TRAMO 2

**Tabla 3.15 Datos necesarios para el cálculo del gradiente de velocidad para el segundo tramo.**

| Datos                         |       |              |       |
|-------------------------------|-------|--------------|-------|
| $\gamma$ (N/ m <sup>3</sup> ) | H (m) | $\mu$ (Pa*s) | t (s) |
| 9781.85                       | 0.082 | 0.000891     | 420   |

$$G = \sqrt{\frac{9781.85 \frac{N}{m^3} * 0.082 \text{ m}}{(0.000891 \text{ Pa} * \text{s}) * 420 \text{ s}}}$$

$$G = 46.207 \text{ s}^{-1}.$$

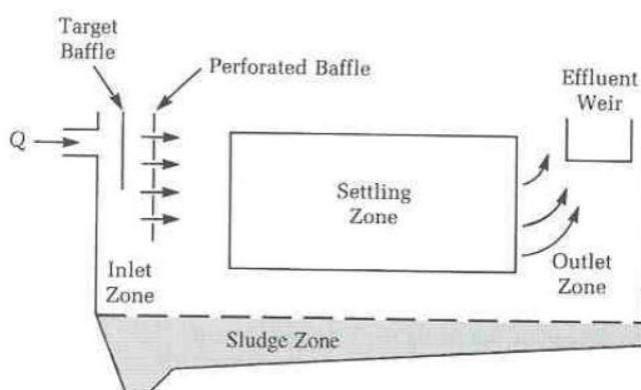
Estos resultados son preliminares, por tanto, se deben corroborar y ajustar de ser necesario. Se presenta en la tabla 3.16 un resumen del diseño de floculación a nivel de prefactibilidad.

**Tabla 3.16 Resultados del diseño preliminar de la mezcla lenta (Floculación).**

| Resumen mezcla lenta (Floculación)                                  |          |         |         |                     |
|---|----------|---------|---------|---------------------|
|   |          | Tramo 1 | Tramo 2 |                     |
| <b>Caudal</b>   | Q planta | 857,492 | 857,49  | m <sup>3</sup> /día |
| <b>Longitud del canal de floculación</b>                            | L        | 58      | 63      | m                   |
| <b>Volumen de agua a mezclar</b>                                    | V        | 2,38    | 4,17    | m <sup>3</sup>      |
| <b>Área transversal del canal</b>                                   | A        | 0,04    | 0,07    | m <sup>2</sup>      |
| <b>Ancho del canal</b>  | b        | 0,12    | 0,11    | m                   |
| <b>Espaciamiento del extremo del tabique y pared del floculador</b> | E        | 0,18    | 0,17    | m                   |
| <b>Velocidad de giro</b>  | Vg       | 0,16    | 0,10    | m/s                 |
| <b>Ancho útil total del tanque (Ancho floculador)</b>               | B        | 2,48    | 2,57    | m                   |
| <b>Número de tramos del canal</b>                                   | M        | 23      | 25      |                     |
| <b>Número de tabiques</b>   | N        | 22      | 24      |                     |
| <b>Largo del floculador</b>   | P        | 2,94    | 2,94    | m                   |
| <b>Pérdida de carga en las vueltas</b>                              | h1       | 0,16    | 0,069   | m                   |
| <b>Pérdida de carga en los canales</b>                              | h2       | 0,029   | 0,013   | m                   |
| <b>Pérdida total</b>  | H        | 0,19    | 0,082   | m                   |
| <b>Gradiente de mezcla</b>  | G        | 93,46   | 46,21   |                     |

## SEDIMENTACIÓN

El siguiente proceso después de pasar por el floculador es la sedimentación para el cual se utiliza un clarificador, sedimentador o decantador, en este punto es cuando las partículas que se encuentran en suspensión decantan (ver la figura 3.16).



**Figura 3.16 Esquema de un sedimentador convencional. Fuente: (Fayllar, 2022)**



Los criterios que se consideran para el diseño del sedimentador se presentan en la tabla 3.17, estos pueden variar según el manual de (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973) y la normativa CPE INEN 5 parte 9-1:1992 (INEN, 1992).

**Tabla 3.17 Criterios utilizados para el diseño del sedimentador.**

| Criterios de diseño recomendado   |     |   |  |   |
|---|-----|---|--|---|
| Periodo de diseño   | 8   | a | 20   | años  |
| No de tanques   | 2   |   |  | Por efectos de OPEX   |
| Periodo de operación  | 24  |   |  | h/día   |
| Tiempo de retención   | 2   | a | 4  | horas   |
| Carga superficial   | 2   | a | 10   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día (volumen de m <sup>2</sup> por día) |
| Profundidad del sedimentador  | 1,5 | a | 2,5  | m   |
| relación de las dimensiones de largo y ancho (L/a)  | 2   | a | 6  |   |
| relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H)                                    | 5   | a | 20   |   |
| El fondo de la unidad debe tener una pendiente  | 5   | a | 10   | %   |
| velocidad de los orificios en las pantallas   |     | < | 0,15   | m/s   |
| La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad                        | 80  | % | del volumen de los lodos se deposita en esa zona |   |
| Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura |     |   |  |   |

### Caudal planta de tratamiento

$$Q_{pt} = 857.49 \frac{m^3}{día}$$

### Número de sedimentadores

Se recomienda al menos 2 sedimentadores por cuestiones de OPEX.

$$n = 2$$

### Caudal por tanque

$$Q_{tanq} = \frac{Q_{pt}}{2} \quad (3.41)$$

Donde:

$Q_{pt}$  , Caudal dentro de la planta de tratamiento  $\left[ \frac{m^3}{s} \right]$

$Q_{tanq}$  , Caudal por tanque sedimentador  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

$$Q_{tanq} = \frac{857.49 \frac{m^3}{día}}{2}$$

$$Q_{tanq} = 428.75 \frac{m^3}{día}$$

### Carga superficial cada sedimentador

Según la norma CPE INEN 5 parte 9-1:1992 (INEN, 1992), la carga superficial se encuentra entre 2 y 20  $m^3/m^2 \cdot día$ , pero esto puede variar ya que dependerá de las características de las partículas que se necesiten remover.

$$CS = \frac{Q_{pt}}{a * L * n} \quad (3.42)$$

Donde:

$CS$ , carga superficial  $[m^3/m^2 * día]$

$Q_{pt}$ , Caudal para la planta de tratamiento  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$a$ , Ancho de cada sedimentador  $[m]$

$L$ , Longitud de cada sedimentador  $[m]$

$n$ , Número de sedimentadores

**Tabla 3.18 Datos para el cálculo de la carga superficial.**

|          |      |   |
|----------|------|---|
| <b>a</b> | 3,25 | m |
| <b>L</b> | 7,75 | m |

$$CS = \frac{428.75 \frac{m^3}{día}}{3,25 m * 7.75 m}$$

$$CS = 17.02 m^3/m^2 * día$$

### Tiempo de retención

$$t = 2.1 h \quad (3.43)$$

### Volumen de sedimentación cada sedimentador

$$V = Q_{tanq} * t \quad (3.44)$$

Donde:

$V$ , Volumen de sedimentación [ $m^3$ ]

$Q_{tanq}$ , Caudal por tanque [ $\frac{m^3}{día}$ ]

$t$ , tiempo de retención [ $h$ ]

$$V = \left( 428.75 \frac{m^3}{día} \right) * \left( 2.1 h \frac{día}{24 h} \right)$$

$$V = 37.515 m^3$$

### Área superficial cada sedimentador

$$A = \frac{Q}{CS} \quad (3.45)$$

Donde:

$A$ , Área superficial [ $m^2$ ]

$Q$ , Caudal por tanque [ $\frac{m^3}{día}$ ]

$CS$ , Área superficial [ $m^3/m^2/día$ ]

$$A = \frac{428.75 \frac{m^3}{día}}{17.02 (m^3/m^2 * día)}$$

$$A = 25.19 m^2$$

### Profundidad del agua

La profundidad del agua se estima con el volumen de sedimentación con respecto al área de cada sedimentador. La norma recomienda una profundidad entre 1.5m a 2.5m, esto excluye el borde libre y la altura donde se acumula el lodo.

$$p = \frac{V}{A} \quad (3.46)$$

Donde:

$p$ , Profundidad del agua [ $m$ ]

$V$ , Volumen de sedimentación [ $m^3$ ]

$A$ , Área superficial [ $m^2$ ]

$$p = \frac{37.52 \text{ m}^3}{25.19 \text{ m}^2}$$

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

### Profundidad del tanque

$$PT = p + BL + HL \quad (3.47)$$

Donde:

$PT$ , Profundidad del tanque [ $m$ ]

$p$ , Profundidad del agua [ $m$ ]

$BL$ , Borde Libre [ $m$ ]

$HL$ , Altura de Lodos [ $m$ ]

**Tabla 3.19 Datos para el cálculo de la profundidad del tanque.**

|                               |      |   |
|-------------------------------|------|---|
| <b>Profundidad de agua, p</b> | 1,50 | m |
| <b>Borde Libre, BL</b>        | 0,47 | m |
| <b>Altura de lodos, HL</b>    | 0,40 | m |

$$PT = 1.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 0.40 \text{ m}$$

$$PT = 2.40 \text{ m}$$

### Relaciones

Longitud/ancho

$$\frac{L}{a} \quad (3.48)$$

Donde:

$L$ , Longitud de cada sedimentador [ $m$ ]

$a$ , Ancho de cada sedimentador [ $m$ ]

$$\frac{L}{a} = \frac{7.75 \text{ m}}{3.25 \text{ m}} = 2.4$$

La relación Longitud/ ancho = 2.4 está dentro del rango que propone la normativa.

Longitud/profundidad

$$\frac{L}{p} \quad (3.49)$$

Donde:

$L$ , Longitud de cada sedimentador [m]

$p$ , Profundidad del agua [m]

$$\frac{L}{p} = \frac{7.75 \text{ m}}{1.50 \text{ m}} = 5.20$$

La relación Longitud/profundidad = 5.07 está dentro del rango que propone la normativa.

La pendiente de fondo se sedimentador se toma como:

$$Pendiente = 10\%$$

Velocidad de flujo en cada sedimentador

$$v = \frac{Q}{86400 * a * p} \quad (3.50)$$

Donde:

$v$ , Velocidad de flujo  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$Q$ , Caudal por tanque  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$a$ , Ancho de cada sedimentador [m]

$p$ , Profundidad del agua [m]

$$v = \frac{428.75 \frac{m^3}{día}}{86400 * 3.25 \text{ m} * 1.50 \text{ m}}$$

$$v = 0.0010 \frac{m}{s}$$

### Área Pantalla

$$A = \frac{Q}{86400 * vp} \quad (3.51)$$

Donde:

$vp$ , Velocidad de paso  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$Q$ , Caudal por tanque  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$A$ , Área pantalla  $[m^2]$

Según CPE INEN 5 parte 9-1:1992 (INEN, 1992), la velocidad de paso a través de los orificios esta entre 0.1m/s a 0.2m/s, para este cálculo se escogerá un valor medio de  $vp = 0.15 \frac{m}{s}$

$$A = \frac{428.75 \frac{m^3}{día}}{86400 * 0,15 \frac{m}{s}} = 0.03m^2$$

### Longitud del vertedero de salida

$$L = \frac{Q}{86400 * qt} \quad (3.52)$$

Donde:

$qt$ , Carga típica de rebose  $[L/sm]$

$Q$ , Caudal por tanque  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$Lv$ , Longitud del vertedero de salida  $[m]$

**Tabla 3.20 Datos para el calculo de la longitud del vertedero de salida.**

|                               |        |           |
|-------------------------------|--------|-----------|
| <b>Q</b>                      | 428.75 | $m^3/día$ |
| <b>Carga típica de rebose</b> | 2.5    | L/s.m     |

$$Lv = \frac{428.75 \frac{m^3}{día} * 1000}{86400 * 2.5 \frac{L}{sm}} = 1.98 m$$

También se calculó la velocidad de sedimentación y la velocidad de resuspensión de la partícula (Floc).

### Velocidad terminal o velocidad de sedimentación

$$Vt = \frac{g(\rho_p - \rho)d^2}{18\mu} \quad (3.53)$$

Donde:

$g$ , Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$d$ , diámetro del floc  $[m]$

$s$ , densidad de floc  $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

$\mu$ , viscosidad dinámica  $[Pa * s]$

$$Vt = \frac{9.81 \frac{m}{s^2} \left(1030 \frac{kg}{m^3} - 1000 \frac{kg}{m^3}\right) (0.001m)^2}{18(0.000891Pa * s)}$$

$$Vt = 0.0184 \frac{m}{s}$$

### Velocidad de resuspensión

Antes de calcular la velocidad de resuspensión es necesario determinar el número de Reynolds para verificar si el flujo es laminar.

$$Re = \frac{Vs * d}{\eta} \quad (3.54)$$

Donde

$\eta$ , viscosidad cinemática  $\left[\frac{kg}{m*s}\right]$

$Vs$ , Velocidad de suspensión  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$d$ , diámetro del floc  $[m]$

$$Vh = \sqrt{\frac{8k(s - 1)g d}{f}} \quad (3.55)$$

Donde:

$k$ , coeficiente de floc

$g$ , Aceleración de la gravedad  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$d$ , diámetro del floc  $[m]$

$s$ , densidad de floc  $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

Para que el flujo sea laminar es necesario que se calcule el número de Reynolds. Según (CEPIS & Arboleda Valencia, 1973), el número de Reynolds debe ser menor a 5 para que el flujo sea flujo laminar.

$$Re = \frac{0.0184 \frac{m}{s} * 0.001m}{0.000894 \frac{kg}{m * s}}$$

$$Re = 0.02$$

Se cumple que es un flujo laminar, ya que cumple con la condición de la norma. Por lo que se procede a calcular a la velocidad de resuspensión.

$$Vh = \sqrt{\frac{8(0.003) \left(1030 \frac{kg}{m^3} - 1\right) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) 0.001m}{2.5}}$$

$$Vh = 0.31 \frac{m}{s}$$

#### Resumen de Velocidades

Velocidad del flujo:  $v = 0.0010 \frac{m}{s}$

Velocidad terminal:  $Vt = 0.0184 \frac{m}{s}$

Velocidad de Resuspensión:  $Vh = 0.31 \frac{m}{s}$

Estos resultados son preliminares, por tanto, se deben corroborar y ajustar de ser necesario. Se presenta en la tabla 3.21 un resumen del diseño de los clarificadores a nivel de prefactibilidad.

**Tabla 3.21 Resultados del diseño preliminar de los clarificadores.**

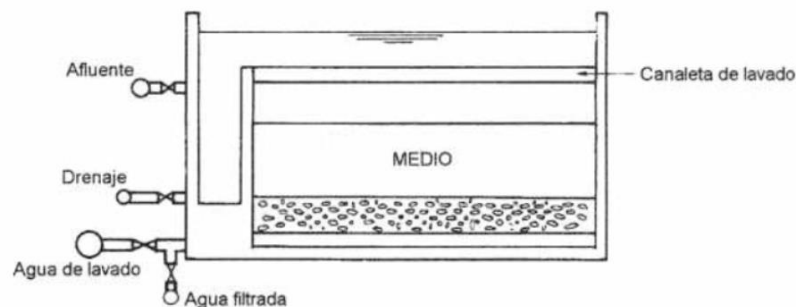
| Resumen diseño del clarificador            |              |        |                                     |
|--|--------------|--------|-------------------------------------|
| Caudal                                     | Q diseño     | 857,49 | m <sup>3</sup> /día                 |
| Número de sedimentadores                   | n            | 2      | u                                   |
| Caudal por tanque                          | Q por tanque | 428,75 | m <sup>3</sup> /día                 |
| Carga superficial cada sedimentador        | CS           | 17,02  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *día |
| Tiempo de retención                        | t            | 2,1    | h                                   |
| Volumen de sedimentación cada sedimentador | V            | 37,515 | m <sup>3</sup>                      |



|   |         |         |                      |
|---|---------|---------|----------------------|
| Área superficial cada sedimentador      | A       | 25,1875 | m <sup>2</sup>       |
| Profundidad del agua                    | p       | 1,49    | m                    |
| Profundidad del tanque                  | PT      | 2,40    | m                    |
| Relaciones                              | L/a     | 2,4     | Longitud/ancho       |
|   | L/p     | 5,20    | Longitud/Profundidad |
| Pendiente                               | -       | 10,00   | %                    |
| Velocidad de flujo en cada sedimentador | v       | 0,0010  | m/s                  |
| Área pantalla                           | Ap      | 0,03    | m <sup>2</sup>       |
| Longitud del vertedero de salida        | Lv      | 1,98    | m                    |
| Velocidad terminal                      | vt o vs | 0,0184  | m/s                  |
| Velocidad de resuspensión               | vh      | 0,31    | m/s                  |

## FILTRACIÓN

El proceso de filtración sirve para eliminar olores y sabores desagradables que contiene el agua en el proceso de tratamiento. Los filtros también retienen las bacterias alojadas en el recurso hídrico mediante su proceso por presión o gravedad según sea el caso. Para este proyecto se considera la implementación de un filtro rápido convencional por gravedad de acuerdo con los datos obtenidos en esta sección.



**Figura 3.17 Esquema típico de un filtro. Fuente:** (Romero Rojas, 1999)

Los filtros se pueden clasificar dependiendo el valor de la tasa de filtración a la cual van a ser sometidos, la figura 3.18 presenta las principales características de los filtros cuyos criterios se deben considerar en el diseño del filtro a nivel de prefactibilidad del presente proyecto.

| Característica         | Filtros lentos de arena        | Filtros rápidos de arena           | Filtros de alta tasa                        |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|
| Tasa de filtración     | 2-5 (<12 m/d)                  | 120 m/d                            | 180 - 480 m/d                               |
| Medio                  | Arena                          | Arena                              | Arena y antracita                           |
| Distribución del medio | No estratificado               | Estratificado: fino a grueso       | Estratificado: grueso a fino                |
| Duración carrera       | 20-60 días                     | 12-36 horas                        | 12 - 36 horas                               |
| Pérdida de carga       | Inicial: 0,6 m<br>final: 1,2 m | Inicial: 0,3 m<br>final: 2,4-3 m   | Inicial: 0,3 m<br>final: 2,4-3 m            |
| Agua de lavado         | No usa                         | 2-4% del agua filtrada             | 6% del agua filtrada                        |
| Profundidad del medio  | 0,6 - 1,0 m                    | 0,60-0,75 m                        | Antracita 0,4 - 0,6 m<br>arena 0,15 - 0,3 m |
| Profundidad de grava   | 0,30 m                         | 0,30-0,45 m                        | 0,30 - 0,45 m                               |
| Drenaje                | Tubería perforada              | Tubería perforada<br>Falsos fondos | Tubería perforada<br>Falsos fondos          |

**Figura 3.18 Principales características de los filtros. Fuente: (Romero Rojas, 1999)**

### Caudal

Para el diseño preliminar del filtro se utiliza el Caudal máximo horario, refiérase a la tabla 3.22.

**Tabla 3.22 Resumen caudal de la planta de tratamiento.**

|                                    |         |                     |
|------------------------------------|---------|---------------------|
| <b>Q planta</b>                    | 857,49  | m <sup>3</sup> /día |
|                                    | 0,010   | m <sup>3</sup> /s   |
|                                    | 9,925   | L/s                 |
| <b>Caudal Máximo horario (Qmh)</b> | 1257.65 | m <sup>3</sup> /día |
|                                    | 0.873   | m <sup>3</sup> /min |
|                                    | 0.015   | m <sup>3</sup> /s   |
| <b>Velocidad (v)</b>               | 0.0010  | m/s                 |

### Cantidad de filtros

$$N = 0.044 * \sqrt{Q} \quad (3.56)$$

Donde:

$Q$ , Caudal máximo horario  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$N$ , Número de filtros  $[m]$

$$N = 0.044 * \sqrt{1257.65}$$

$$N = 1.56$$

Para el diseño se asume 2 filtros.

Al necesitarse dos filtros la capacidad del caudal máximo horario se debe dividir entre dos, obteniendo el caudal de diseño (Qd) presentado en la tabla 3.23.

**Tabla 3.23 resumen Caudal de diseño.**

|                              |        |                     |
|------------------------------|--------|---------------------|
| <b>Caudal de diseño (Qd)</b> | 628.83 | m <sup>3</sup> /día |
|                              | 0.44   | m <sup>3</sup> /min |
|                              | 0.01   | m <sup>3</sup> /s   |

Área del filtro

$$A = \frac{Qd}{v} \quad (3.57)$$

Donde:

A, Área del filtro [m<sup>2</sup>]

Q, Caudal de diseño Qd [ $\frac{m^3}{día}$ ]

Vo, Tasa de carga o de infiltración [ $\frac{m^3}{s}$ ]

$$A = \frac{0.0073 \frac{m^3}{s}}{0.0010 \frac{m}{s}}$$

$$A = 7 m^2$$

El lado y alto asumido para obtener dicha área calculada son a= 2m y b=3.5m.

Tasa de infiltración

$$Vo = \frac{Q}{A} \quad (3.58)$$

Donde:

Q, Caudal de diseño Qd [ $\frac{m^3}{día}$ ]

A, Área del filtro [m<sup>2</sup>]

Vo, Tasa de carga o de infiltración [ $\frac{m^3}{día*m^2}$ ]

$$Vo = \frac{628.83 \frac{m^3}{día}}{7 m^2}$$

$$Vo = 90 \frac{m}{día}$$

### Filtro de alta tasa

De acuerdo con el valor de velocidad obtenido de 90m/día comparando con la figura 3.8 se clasificó el caso de estudio como un filtro rápido de arena y se consideró los parámetros recomendados.

**Tabla 3.24 El medio por el cual se filtrará el agua.**

|       |       |
|-------|-------|
| Medio | Arena |
|-------|-------|

### Distribución del medio

Al ser un filtro rápido por gravedad se considera una distribución del medio como un suelo estratificado que va de suelo fino a suelo grueso.

**Tabla 3.25 La distribución del medio filtrante.**

|                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| Distribución del medio | Estratificado: fino a grueso |
|------------------------|------------------------------|

### Duración de carrera

Se considera una duración de carrera de 15 horas.

**Tabla 3.26 Duración de la carrera.**

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| Duración de carrera | 15 | horas |
|---------------------|----|-------|

### Pérdida de carga

Se toma un valor inicial y final de pérdida de carga referidos en la tabla 3.27.

**Tabla 3.27 Pérdida de carga inicial y final.**

|                  |         |     |       |
|------------------|---------|-----|-------|
| Pérdida de carga | Inicial | 0,3 | horas |
|                  | Final   | 2,5 | horas |

### Agua de lavado

Se considera el 3% del agua de lavado del agua filtrada.

**Tabla 3.28 Porcentaje de agua de lavado del agua filtrada.**

|                |    |                   |
|----------------|----|-------------------|
| Agua de lavado | 3% | del agua filtrada |
|----------------|----|-------------------|

### Profundidad del medio

Teniendo en el medio arena se considera una profundidad de 0.65 metros.

**Tabla 3.29 Profundidad de cada medio filtrante.**

|                              |       |      |   |
|------------------------------|-------|------|---|
| <b>Profundidad del medio</b> | Arena | 0,65 | m |
|------------------------------|-------|------|---|

Profundidad de grava

Teniendo en el medio grava se considera una profundidad de 0.35 metros.

**Tabla 3.30 Profundidad de la grava.**

|                             |      |   |
|-----------------------------|------|---|
| <b>Profundidad de grava</b> | 0,35 | m |
|-----------------------------|------|---|

Drenaje

Se coloca una tubería perforada y un fondo falso para el drenaje del agua filtrada.

**Tabla 3.31 Drenaje del filtro.**

|                |                    |
|----------------|--------------------|
| <b>Drenaje</b> | Tubería perforada. |
|                | Fondo Falso        |

Se considera un borde libre (BL) de 0.2m.

$$H = BL + altura\ de\ medio + arena + grava + drenaje$$

$$H = 0.2m + 0.5m + 0.65m + 0.35m + 0.5m$$

$$H = 2.2m$$

Estos resultados son preliminares, por tanto, se deben corroborar y ajustar de ser necesario. Se presenta en la tabla 3.32 un resumen del diseño de los filtros a nivel de prefactibilidad.

**Tabla 3.32 Resumen diseño de los filtros.**

| <b>Resumen diseño del filtro</b> |                              |         |                     |
|----------------------------------|------------------------------|---------|---------------------|
| <b>Caudal máximo diario</b>      | Qmd                          | 1257,65 | m <sup>3</sup> /día |
| <b>Velocidad del fluido</b>      | v                            | 0.0010  | m/s                 |
| <b>Número de filtros</b>         | N                            | 2       | u                   |
| <b>Caudal de diseño</b>          | Qd                           | 628,83  | m <sup>3</sup> /día |
| <b>Área del filtro</b>           | A                            | 7       | m <sup>2</sup>      |
| <b>Lado</b>                      | a                            | 2,0     | m                   |
| <b>Ancho</b>                     | b                            | 3,5     | m                   |
| <b>Tasas de infiltración</b>     | Vo                           | 90,00   | m/d                 |
| <b>Tipo de filtro</b>            | Filtro rápido (por gravedad) |         |                     |
| <b>Distribución del medio</b>    | Fino a grueso                |         |                     |
| <b>Duración de carrera</b>       | t                            | 15      | horas               |
| <b>Pérdida de carga</b>          | inicial                      | 0,3     | horas               |

|                             |                   |      |       |
|-----------------------------|-------------------|------|-------|
|                             | final             | 2,5  | horas |
| <b>Agua de lavado</b>       | -                 | 3    | %     |
| <b>Profundidad de medio</b> | Arena             | 0,65 | m     |
| <b>Profundidad de grava</b> | -                 | 0,35 | m     |
| <b>Drenaje</b>              | Tubería perforada | 0,5  | m     |
|                             | Fondo Falso       |      |       |
| <b>Altura del filtro</b>    | H                 | 2,2  | m     |

## DESINFECCIÓN

Para la desinfección se utilizará un sistema sencillo, el cual constará de un tanque de contacto que recibirá el caudal producto del proceso de filtración y se le añadirá un agente de desinfectante el cual puede ser físico o químico como se muestra en la tabla 3.33.

**Tabla 3.33 Agentes desinfectantes químicos y físicos. Fuente: (LENNTECH, 2022)**

| Químico  | Físico                |
|--|-----------------------|
| Cloro ( $Cl_2$ )                               | Luz ultravioleta (UV) |
| Dióxido de cloro ( $ClO_2$ )                   |                       |
| Hipoclorito ( $OCl^-$ )                        |                       |
| Ozono Cloro ( $O_3$ )                          | Radiación electrónica |
| Halógeno: bromo Cloro ( $Br_2$ ), yodo (I)     |                       |
| Cloruro de bromo ( $BrCl$ ),                   |                       |
| Metales: Cobre ( $Cu^{2+}$ ), plata ( $Ag^+$ ) | Rayos Gamma           |
| Permanganato potásico ( $KMnO_4$ )             |                       |
| Fenoles  | Sonido                |
| Alcoholes                                      |                       |
| Jabones y detergentes                          |                       |
| Sales de amonio                                | Calor                 |
| Peróxido de hidrogeno                          |                       |
| Distintas ácidos y bases                       |                       |

El agente desinfectante que se utilizará será el hipoclorito de sodio y después de haber realizado el ensayo de break point descrito en el capítulo 3, figura 2.18 se determinó que se le añadirá la dosis óptima de 3.09mg/L la cual se lo aplicará en forma de goteo directamente en el tanque de contacto.

El tiempo de retención que se consideró para el diseño del tanque es de 30min debido a que en el ensayo en el laboratorio se determinó que era el tiempo adecuado para que el agente desinfectante actuará en el agua.

Caudal

**Tabla 3.34 Caudales para el diseño del tanque de desinfección.**

|                         |         |                     |
|-------------------------|---------|---------------------|
| <b>Q máximo horario</b> | 1257,65 | m <sup>3</sup> /día |
|                         | 0,873   | m <sup>3</sup> /min |
| <b>Q diseño</b>         | 857,49  | m <sup>3</sup> /día |
|                         | 0,010   | m <sup>3</sup> /s   |
|                         | 9.925   | L/s                 |
|                         | 0,595   | m <sup>3</sup> /min |

Tiempo de contacto

**Tabla 3.35 Tiempo de contacto en el tanque.**

|          |    |     |
|----------|----|-----|
| <b>t</b> | 30 | min |
|----------|----|-----|

Dosis

**Tabla 3.36 Dosis óptima para el tanque de contacto.**

|              |      |      |
|--------------|------|------|
| <b>Dosis</b> | 3,09 | mg/L |
|--------------|------|------|

Volumen del tanque

$$V = Q * t \tag{3.56}$$

Donde:

$Q$ , Caudal  $\left[\frac{m^3}{día}\right]$

$t$ , tiempo de retención  $[m]$

$V$ , Volumen del tanque  $[m^3]$

**Tabla 3.37 Datos para el cálculo del volumen del tanque.**

|          |       |                   |
|----------|-------|-------------------|
| <b>Q</b> | 0,010 | m <sup>3</sup> /s |
| <b>t</b> | 1800  | s                 |

$$V = Q * t$$

$$V = 0.010 \frac{m^3}{s} * 1800s = 17.86m^3$$

### Diámetro del tanque

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * L}} \quad (3.57)$$

Donde:

$\phi$ , diámetro del tanque [m]

L, altura del tanque [m]

V, Volumen del tanque [m<sup>3</sup>]

**Tabla 3.38 Datos para el cálculo del diámetro del tanque.**

|                           |       |                |
|---------------------------|-------|----------------|
| <b>Volumen del tanque</b> | 18,34 | m <sup>3</sup> |
| <b>Altura del tanque</b>  | 1.5   | m              |

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 17.86m^3}{\pi * 1.5m}} = 3.89m$$

Se realiza una comprobación del diámetro y de la altura seleccionada teniendo los siguientes resultados.

**Tabla 3.39 Diámetro, altura y borde libre seleccionados.**

|                              |      |   |
|------------------------------|------|---|
| <b>Diámetro seleccionado</b> | 4    | m |
| <b>Altura seleccionada</b>   | 1,5  | m |
| <b>Borde Libre, BL</b>       | 0,30 | m |

Por tanto, el volumen real del tanque es:

**Tabla 3.40 Con los datos seleccionados se calcula el volumen real del tanque.**

|                                |       |                |
|--------------------------------|-------|----------------|
| <b>Volumen del tanque Real</b> | 18,85 | m <sup>3</sup> |
|--------------------------------|-------|----------------|

*Volumen del tanque Real > Volumen del tanque*

$$18.85m^3 > 17.86m^3 \therefore ok$$

Estos resultados son preliminares, por tanto, se deben corroborar y ajustar de ser necesario. Se presenta en la tabla 3.41 un resumen del diseño del tanque de contacto a nivel de prefactibilidad.



**Tabla 3.41 Resumen diseño de tanque de contacto.**

| <b>Resumen diseño del tanque de contacto</b> |       |         |                     |
|--|-------|---------|---------------------|
| <b>Caudal máximo diario</b>                  | Qmd   | 1257,65 | m <sup>3</sup> /día |
| <b>Tiempo de contacto</b>                    | t     | 30      | min                 |
| <b>Dosis de hipoclorito de sodio</b>         | NaClO | 3,09    | mg/L                |
| <b>Volumen del tanque</b>                    | V     | 17,86   | m <sup>3</sup>      |
| <b>Diámetro del tanque</b>                   | d     | 3,9     | m                   |
| <b>Diámetro Seleccionado del tanque</b>      | ds    | 4       | m                   |
| <b>Altura del tanque</b>                     | h     | 1,5     | m                   |
| <b>Borde Libre</b>                           | BL    | 0,30    | m                   |
| <b>Volumen del tanque Real</b>               | Vr    | 18,85   | m                   |

### **3.3 Especificaciones técnicas de la solución de inyección de impermeabilizante**

Después del análisis de las alternativas seleccionadas se propuso solucionar el problema del déficit de agua en el embalse para así diseñar una planta potabilizadora de agua para ESPOL. La solución planteada implica que se realicen perforaciones en la presa hasta llegar a la cimentación y se pueda inyectar una lechada impermeabilizante que selle las fracturas de la roca y como resultado se disminuya el caudal de infiltración a través de ella. Las especificaciones técnicas de cada rubro de la solución propuesta se encuentran en el ANEXO B.

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

### 4.1 Objetivos

#### 4.1.1 Objetivo General

Elaborar un análisis ambiental del proyecto “*Valoración y análisis técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de ingenierías de la ESPOL*” mediante la identificación de impactos ambientales que afecten la línea base ambiental, proponiendo medidas de prevención o mitigación que disminuyan los riesgos ambientales durante la implementación del proyecto.

#### 4.1.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los impactos ambientales mediante el análisis de los diferentes medios físicos y socioeconómicos presentes en la zona de estudio para su posterior valoración.
2. Elaborar un plan de prevención ambiental a través de la propuesta de medidas de mitigación para la conservación de la zona intervenida por el proyecto.
3. Determinar el presupuesto ambiental mediante la valoración de las actividades correspondientes a las fases del proyecto para la implementación al presupuesto referencial.

### 4.2 Descripción del proyecto

En este proyecto se propuso realizar la “*Valoración y análisis técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de ingenierías de la ESPOL*”, y en esa búsqueda se encontró que antes de realizar el diseño de la planta de agua potable que estaba prevista, era necesario incrementar el volumen disponible del embalse para contar con el agua necesaria para suplir las necesidades, para esto se debe implementar el diseño de las inyecciones a la presa de tal forma que las filtraciones detectadas en el capítulo 2 puedan ser controladas y que resultó en la alternativa ganadora. (ver tabla 4.1).

**Tabla 4.1 Resumen de la selección de alternativas propuestas en el capítulo 2.**

| Cuadro Resumen de la Selección de Alternativas          |  |  |                                  |  |
|---|--|--|----------------------------------|--|
|   | Alternativa 1  | Alternativa 2  | Alternativa 3                    | Alternativa 4                          |
| <b>Aumentar el nivel de volumen del agua disponible</b> | Disminuir los caudales de infiltración de la presa (fugas) | Diseñar una toma de captación para el riego de CENAE | Trasvase desde el lago de PARCON | Elevar la cota del canal del vertedero |
| Total, Ponderado  | <b>7</b>   | 3.8  | 2.6                              | 3.8                                    |

#### 4.2.1 Tipo de Estudio

Consultando con las Actividades en el “Sistema Único de Información Ambiental” (SIUA), para determinar cuál es la categoría tenemos diferentes caminos. En primer lugar, se tiene el reforzamiento de la presa por medio de inyecciones lo cual se describe con la actividad catalogada como “Construcción de Infraestructura Civil” y posterior a la consulta se tiene la necesidad de un Certificado Ambiental sin necesidad de pago y de manera inmediata, se presenta la información en la figura 4.1.

**Consulta de Actividades Ambientales**

Para conocer la Actividad Ambiental a la que pertenece su proyecto, el proceso que corresponde (Registro Ambiental o Licencia Ambiental), el tiempo de emisión y los costos que genera, haga clic en buscar.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Descripción de la actividad    | CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL                                     |
| Su trámite corresponde a un(a) | CERTIFICADO AMBIENTAL   |
| Tiempo de emisión              | Inmediato.  |
| Costo del trámite              | No tiene. (Tiene un costo si existe remoción de cobertura vegetal nativa) |

Especifique el rango de operación \*

1.0 - 5000.0  superficie en metros cuadrados (m2)

**Figura 4.1 Construcción de Infraestructura Civil. Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SIUA)**

Para el diseño secundario el cual es la Planta de Tratamiento de Aguas se tiene la siguiente actividad catalogada como “Proyectos de Agua Potable (Captación, Conducción, Potabilización y Distribución)” y posterior a la consulta se tiene la necesidad de un Registro Ambiental con un costo de 180 USD y de manera inmediata, se presenta la información en la figura 4.2.

## Consulta de Actividades Ambientales

Para conocer la Actividad Ambiental a la que pertenece su proyecto, el proceso que corresponde (Registro Ambiental o Licencia Ambiental), el tiempo de emisión y los costos que genera, haga clic en buscar.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Descripción de la actividad    | PROYECTOS DE AGUA POTABLE (CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, POTABILIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN)        |
| Su trámite corresponde a un(a) | REGISTRO AMBIENTAL  |
| Tiempo de emisión              | Inmediato.  |
| Costo del trámite              | 180.0 dólares (Tiene un costo adicional si existe remoción de cobertura vegetal nativa) |

Especifique el rango de operación \*

1.0 - 1100.0 litros/ segundo (l/s)

**Figura 4.2 Proyectos de Agua Potable (Captación, Conducción, Potabilización y Distribución). Fuente: Sistema Único de Información Ambiental (SIUA)**

### 4.2.2 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) en la ciudad de Guayaquil- Ecuador, en la presa conecta el área de ingenierías con FADCOM y tiene una longitud de 126 metros. La alternativa seleccionada se implementará en la cimentación de la presa, específicamente en la zona de las familias de fracturas y rocas porosas donde se generan las infiltraciones.



**Figura 4.3 Área de la zona de estudio.**

A continuación, se presenta el detalle de coordenadas de implantación del proyecto en la tabla 4.2 con su respectivo mapa de ubicación figura 4.4.



**Figura 4.4 Área de implantación.**

**Tabla 4.2 Coordenadas del área de implantación.**

| Puntos | Coordenadas UTM WGS 84 -17S |            |
|--------|-----------------------------|------------|
|        | E                           | N          |
| P1     | 615369.00                   | 9762940.00 |
| P2     | 615388.00                   | 9762925.00 |
| P3     | 615288.00                   | 9762853.00 |
| P4     | 615275.00                   | 9762864.00 |

### 4.3 Línea base ambiental

Es importante identificar los posibles impactos que pueden ocasionarse cuando se realice el proyecto por lo que se debe realizar una descripción inicial de la zona.

#### 4.3.1 Medio físico

##### 4.3.1.1 Calidad del aire

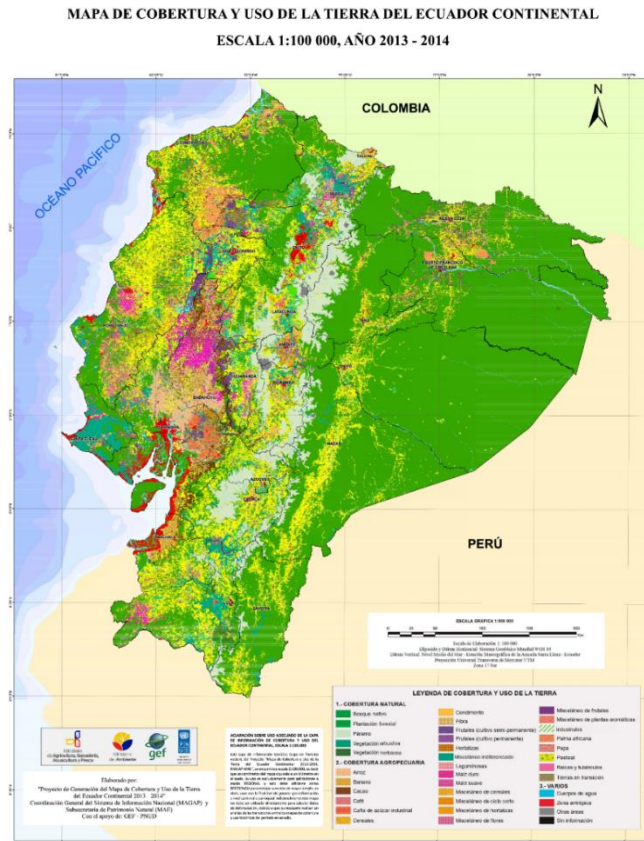
ESPOL por encontrarse en el Bosque Protector Prosperina, una zona rodeada de árboles y alejados de fábricas e industrias que afecten de forma significativa la calidad del aire, se puede decir que el nivel de aire puede ser considerado puro.

##### 4.3.1.2 Tipo de suelos

El suelo de la zona en la que está construido el lago y la presa es de lutitas y terrenos aglomerados con presencia de zeolita, mientras que la presa se compone de un núcleo impermeable de arcilla y espaldones de limo, arena y

arcillas, los dos primeros fueron obtenidos de la formación de un cayo meteorizado por la zona de FADCOM y el último desde CENAE.

Se presenta la distribución territorial de la cobertura y el uso de suelo en el Ecuador extraído del “Sistema Nacional de Información”, figura 4.5.



**Figura 4.5 Mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental.**

**Fuente: Sistema Nacional de Información, SIN 2014**

### 4.3.2 Medio Biótico

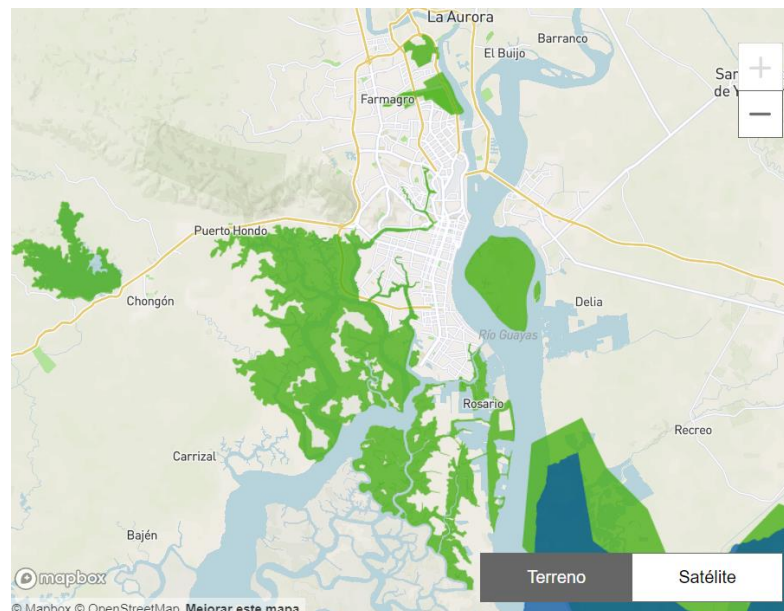
La ESPOL se encuentra dentro del Bosque Protector Prosperina que consta de 711 hectáreas de selva y tan solo 151 hectáreas pertenecen a la ESPOL. El Bosque Prosperina cuenta con un hábitat bastante amplia que se menciona a continuación: (López Alaña & Zambrano Figueroa, 2021)

- a) **Aves:** Pechigris, Mosquero, Pato cuervo, Gallinazo cabeza roja, Gavilán gris. Halcón reidor, Tortolita ecuatoriana, Perico Caretirrojo, Cuco ardilla, entre otras. (ESPOL 2019)
- b) **Mamíferos:** Ardilla de Guayaquil, Murciélago longirostro, Mono araña, Jaguar, Oso hormiguero, Venado cola blanca, entre otros. (ESPOL 2019)

**c) Flora:** Guayacanes, Neem, Pigios Bototillos, Pigos, Fernán Sánchez, Algarrobos, Pechiches, Palo santo, Cascolos, Cocobolos. Balsas. Amarillo. Ceibos. (ESPOL 2019)

Cabe mencionar que las intervenciones futuras serán contempladas dentro de un hábitat alterado ya que se evidencia presencia del factor humano.

En base a la consulta realizada en la plataforma de "Protected Planet" se puede visualizar en la figura 4.6, que la zona de estudio no se encuentra dentro de un área protegida.



**Figura 4.6 Mapa de ubicación que indica las zonas que son protegidas. Fuente: Protected Planet, 2014-2022.**

### **4.3.3 Medio socioeconómico**

#### **4.3.3.1 Población futura**

Tomando como base el análisis de Plan Maestro de agua potable se consideró la población de ESPOL, lo que incluye estudiantes y trabajadores de grado y postgrado la cual luego fue proyectada el año 2035 de diseño, como se puede observar en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3 Tabla de población del área de ingenierías de la ESPOL. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021)**

| AÑO 2035     |                        |               |
|--------------|------------------------|---------------|
| ITEM         | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS |
| 1            | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 13 037        |
| 2            | TRABAJADORES ESPOL     | 1 685         |
| 3            | ESTUDIANTES COPOL      | 1 512         |
| 4            | TRABAJADORES COPOL     | 259           |
| 5            | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6 583         |
| 6            | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1 623         |
| <b>TOTAL</b> |                        | <b>24 699</b> |

#### **4.4 Implementación de inyección de impermeabilizante en la presa de ESPOL**

En base a la alternativa ganadora “Disminuir los caudales de infiltración de la presa” se presenta a continuación el plan de actividades de la fase de construcción presente en el proyecto.

##### **4.4.1 Actividades del proyecto**

A continuación, se analizarán las actividades que pueden ocasionar algún impacto en el área de construcción del proyecto de inyecciones.

##### **Fase de construcción**

1. Instalación del campamento en la obra
2. Perforación de la estructura del pavimento
3. Perforación del terraplén de la presa
4. Perforación de la roca estratificada silicificada
5. Desalojo del material perforado
6. Inyección de lechada impermeabilizante.

##### **4.4.2 Identificación de impactos ambientales durante la implementación de la obra.**

Después de plantear las actividades que interactúan con el medio se procede a determinar el factor y tipo de impacto para cada parámetro como se puede ver en la tabla 4.4.



**Tabla 4.4 Tabla resumen de actividad, factor ambiental e impacto.**

|   | <b>ACTIVIDAD</b>                                  | <b>FACTOR AMBIENTAL</b>                        | <b>IMPACTO</b>   |
|---|---|--|--|
| 1 | Instalación del campamento en obra                | Demanda de mano de obra                        | Generación de empleo   |
|   |   | Salud y seguridad ocupacional                  | Enfermedades en los obreros<br>Accidentes laborales                          |
|   |   | Ruidos en la instalación del container         | Molestias en la comunidad  |
| 2 | Perforación de la estructura del pavimento rígido | Emisión de niveles altos de presión auditiva   | Contaminación auditiva   |
|   |   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill | Contaminación del aire y afectación de la capa de ozono                      |
|   |   | Emisión de material particulado                | Contaminación del aire por presencia de polvo                                |
| 3 | Perforación del terraplén de la presa             | Emisión de niveles altos de presión auditiva   | Contaminación auditiva   |
|   |   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill | Contaminación del aire por gases y afectación de la capa de ozono            |
|   |   | Emisión de material particulado                | Contaminación del aire por presencia de polvo                                |
| 4 | Perforación de la roca estratificada silicificada | Emisión de niveles altos de presión auditiva   | contaminación auditiva   |
|   |   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill | Contaminación del aire por gases y afectación de la capa de ozono            |
|   |   | Emisión de material particulado                | contaminación del aire por presencia de polvo                                |
| 5 | Desalojo del material perforado                   | Emisión de material particulado                | contaminación del aire por presencia de polvo                                |
| 6 | Inyección de lechada impermeabilizante.           | Salud y seguridad ocupacional                  | Sin los EPPs necesarios puede ocasionar erupción cutánea e irritación ocular |
|   |   | Disminución de la infiltración                 | Aumento del volumen disponible en el lago de la ESPOL                        |

#### **4.4.3 Valoración de impactos ambientales de las inyecciones de impermeabilizante en la presa**

Previamente identificados cuales son los impactos ambientales se los valora con diferentes métodos existentes, para este proyecto se emplea la matriz de Leopold. Cada parámetro se evalúa según la escala de valoración cualitativa según (Tito, 2020), tabla 4.5.

La matriz de Leopold es una matriz causa y efecto la cual relaciona las acciones que pueden provocar los efectos y los elementos ambientales, esta matriz se

califica con parámetros de Magnitud (M) e Importancia (I), anteponiendo un signo (+) si genera un impacto positivo y un signo (-) si el impacto es negativo.

**Tabla 4.5 Valoración de los impactos ambientales.**

| Característica                               | Puntaje                  |                         |                           |                           |                            |
|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
|  | 1                        | 2.5                     | 5                         | 7.5                       | 10                         |
| Extensión                                    | Puntual                  | Particular              | Local                     | Generalizada              | Regional                   |
| Duración                                     | Esporádica               | Temporal                | Periódica                 | Recurrente                | Permanente                 |
| Reversibilidad                               | Completamente reversible | Medianamente reversible | Parcialmente irreversible | Medianamente irreversible | Completamente irreversible |
| Magnitud (incidencia sobre factor ambiental) | Poca incidencia          |                         | Mediana incidencia        | Alta incidencia           |                            |

En la tabla 4.6 se tiene la ponderación de los pesos para la evaluación de las actividades.

**Tabla 4.6 Ponderación de los pesos para la evaluación de cada característica.**

| Característica | Peso     |
|----------------|----------|
| Extensión      | 0.4      |
| Duración       | 0.35     |
| Reversibilidad | 0.25     |
|                | <b>1</b> |

A continuación, se tiene la valoración de los impactos ambientales en la tabla 4.7.

## Matriz de Leopold

Tabla 4.7 Matriz de Leopold.

|                             |                                  | Instalación del campamento en obra | Perforación de la estructura del pavimento rígido | Perforación del terraplén de la presa | Perforación de la roca estratificada silicificada | Desalajo del material perforado | Inyección de lechada impermeabilizante | Interacción |          | Sumatoria  |            |
|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------------|--|-------------|----------|------------|------------|
|                             |                                  |                                    |   |                                       |   |                                 |  | Negativa    | Positiva | Negativa   | Positiva   |
| <b>Componentes</b>          | <b>Factores ambientales</b>      |                                    |   |                                       |   |                                 |  |             |          |            |            |
| <b>Medio físico</b>         | <b>Aire</b>                      | -1<br>2,5                          | -2,5<br>2,5                                       | -2,5<br>2,5                           | -2,5<br>2,5                                       | -1<br>1                         | -2,5<br>2,5                            | 6           | 0        | 12<br>13,5 | 0          |
|                             | <b>Suelo</b>                     | 1<br>1                             | -5<br>2,5   | -5<br>2,5                             | -5<br>2,5   | 1<br>1                          | 7,5<br>7,5                             | 3           | 3        | 15<br>7,5  | 9,5<br>9,5 |
| <b>Medio biótico</b>        | <b>Aves</b>                      | 1<br>1                             | 1<br>1  | 1<br>1                                | 1<br>1  | 1<br>1                          | 1<br>1                                 | 0           | 6        | 0          | 6<br>6     |
|                             | <b>Mamíferos</b>                 | 1<br>1                             | 1<br>1  | 1<br>1                                | 1<br>1  | 1<br>1                          | 1<br>1                                 | 0           | 6        | 0          | 6<br>6     |
|                             | <b>Flora</b>                     | 1<br>1                             | 1<br>1  | 1<br>1                                | 1<br>1  | 1<br>1                          | 1<br>1                                 | 0           | 6        | 0          | 6<br>6     |
| <b>Medio Socioeconómico</b> | <b>Población actual y Futura</b> | 1<br>2,5                           | -2,5<br>2,5                                       | 1<br>2,5                              | 1<br>2,5  | -2,5<br>2,5                     | 5<br>2,5                               | 2           | 4        | 5          | 8          |
| <b>Interacción</b>          | <b>Negativa</b>                  | 1                                  | 3   | 2                                     | 2   | 2                               | 1                                      | 11          |          |            |            |
|                             | <b>Positiva</b>                  | 5                                  | 3   | 4                                     | 4   | 4                               | 5                                      |             | 25       |            |            |
| <b>Sumatoria</b>            | <b>Negativa</b>                  | 1<br>2,5                           | 10<br>7,5   | 8<br>5                                | 8<br>5  | 4<br>3,5                        | 3<br>2,5                               |             |          | 32         | 26         |
|                             | <b>Positiva</b>                  | 5<br>6,5                           | 3<br>3  | 4<br>5,5                              | 4<br>5,5  | 4<br>4                          | 15,5<br>13                             |             |          |            | 35,5<br>38 |
| <b>RESULTADOS</b>           |                                  |                                    |   |                                       |   |                                 |  |             |          | 2,91       | 1,42       |
|                             |                                  |                                    |   |                                       |   |                                 |  |             |          | 2.36       | 2          |

**Tabla 4.8. Valoración de impactos.**

| <b>Calificación del Impacto</b> | <b>Valoración del impacto</b> |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Impacto Bajo                    | 1-30                          |
| Impacto Medio                   | 31-61                         |
| Impacto Severo                  | 61-92                         |
| Impacto Crítico                 | > 93                          |

Finalmente se evalúa el impacto de la alternativa ganadora en base a la tabla 4.8 de la escala de valoración según (Tito, 2020). Se obtiene como resultado de la calificación de impactos valores que están entre 1.43 y 2.91 que están en el rango de 1-30 lo que indica que el proyecto tiene un **Impacto Bajo** debido a que está sobre la vía, es decir, es un sector intervenido.

#### **4.4.3.1 Análisis general de impactos del proyecto de inyecciones**

En base a la valoración de la alternativa ganadora dentro de la matriz de Leopold (tabla 4.7) se tiene que los factores ambientales pueden ser afectados levemente desde la fase de instalación de la caseta y con un mayor índice de impacto con la actividad de perforaciones debido a que se tiene el cierre de la vía principal. Se debe considerar aspectos ambientales dentro de la fase de construcción como el ruido que generan las maquinarias al trabajar, el polvo que se ocasiona por el traslado de material y perforaciones y además el humo que las maquinas producen al mantenerse en funcionamiento. Acorde a la matriz no se presenta daños al factor biótico debido a que el lugar de construcción ya se encuentra intervenido. También se debe considerar la salud y protección de los trabajadores por cualquier accidente o falta de conocimiento al portar los EPPs.

#### **4.4.3.2 Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)**

Se crean planes de mitigación para cada grupo de factores que tengan impactos sobre el proyecto.

#### **Control sobre la contaminación del aire y ruido**

Teniendo presente la contaminación en el aire y la molestia a los habitantes del sector se elabora el siguiente plan de prevención:

**Tabla 4.9 Medidas propuestas para el control sobre la contaminación del aire y ruido.**

| IMPACTO                    | ACTIVIDADES                     | MEDIDA PROPUESTA   | INDICADORES                        | VERIFICACIÓN                |
|----------------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|
| <b>Generación de Ruido</b> | Desalojo de material            | Regular el tiempo de uso de la maquinaria                        | Sonómetro digital                  | Revisión del funcionamiento |
|                            | Perforaciones                   |  |                                    |                             |
| <b>Generación de polvo</b> | Desalojo de material            | Uso de lona de protección en la volqueta que transporta material | Disminución del polvo              | Evidencia fotográfica       |
| <b>Generación de smock</b> | Funcionamiento de la maquinaria | Regular el tiempo de uso de la maquinaria                        | Disminución de producción de smock | Revisión del funcionamiento |

### **Plan de manejo de desechos (PMD)**

Debido a que el proyecto consta de la inyección de una lechada especial en la cimentación de la presa se debe considerar un plan de manejo de desechos para evitar accidentes laborales.

**Tabla 4.10 Medida propuesta para el manejo de desechos.**

| IMPACTO                                     | ACTIVIDADES                     | MEDIDA PROPUESTA  | INDICADORES                | VERIFICACIÓN                  |
|---|---------------------------------|---|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Generación de residuos contaminantes</b> | Inyección de lechada Cementicia | Contar con un cubeto de recolección de desechos (tanque cónico de 1000 L) | Uso del cubeto de desechos | Chequeo del área              |
|   |                                 |   |                            | Sin registro de contaminación |

### **Plan de relaciones comunitarias (PRC)**

Es imprescindible contar con el apoyo de los moradores o habitantes del lugar, porque de lo contrario se puede generar sabotaje u oposición al proceso de construcción.

**Tabla 4.11 Medida propuesta para la relación con la comunidad.**

| IMPACTO                          | ACTIVIDADES   | MEDIDA PROPUESTA                                   | INDICADORES                        | VERIFICACIÓN                  |
|----------------------------------|---------------|--|------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Problemas con la sociedad</b> | Cierre de vía | Plan de información sobre la obra a los habitantes | Charlas de socialización, volantes | Conformidad de los habitantes |

### **Plan de contingencia (PC)**

En caso de tener problemas con la comunidad se recomienda tener charlas de mediación con la comunidad para mantener una mejor relación con los habitantes del sector de la construcción de la obra.

## Plan de seguridad y salud ocupacional (PSSO)

Toda obra de construcción se encuentra vulnerable a cualquier tipo de accidente por lo que se recomienda realizar charlas de capacitación en seguridad del personal, tanto con información sobre letreros, el uso de los EPPs, y el uso del botiquín de primeros auxilios. De esta manera los obreros se encuentran al pendiente de evitar cualquier accidente. En el caso de ocurrir un accidente comunicarse con Bienestar Estudiantil dentro de la ESPOL y dependiendo la gravedad del asunto llamar al 911.

**Tabla 4.12 Medida propuesta para la seguridad y salud ocupacional.**

| IMPACTO                       | ACTIVIDADES               | MEDIDA PROPUESTA            | INDICADORES            | VERIFICACIÓN               |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|
| Salud y seguridad ocupacional | Construcción del proyecto | Charlas de capacitación     | Número de charlas      | Fotografías                |
|                               |                           | Uso de los EPPs             |                        |                            |
|                               |                           | Simulaciones de emergencias | Número de simulaciones | Asistencias en las charlas |
|                               |                           | Uso de señaléticas          |                        |                            |

### Limpieza y cierre de obra

Las obras finalizadas deben de ser entregadas de manera pulcra, eliminando residuos o excedente de material sobre la acera o vía por ende se plantea tener la utilización del cubeto propuesto en la sección de manejo de desechos y limpiar toda la vía sin dejar material que pueda afectar a la flora aledaña a la carretera.

## 4.5 Análisis de la Interacción del Lago con el Medio

Para un estudio más completo del proyecto con el ambiente, en este apartado se abordará los factores que interactúan y afectan al Lago de ingenierías.

### 4.5.1 Interacción del Lago con el Medio

En base a la valoración del lago de ingenierías de la ESPOL se conoce que existe una microcuenca de aporte la cual escurre directamente al embalse. El área de tecnologías es parte de la microcuenca y consta de diferentes tipos de cultivos que emplean productos químicos, al presentarse los meses de lluvia el agua se

mezcla con dichos agentes químicos que combinados con la escorrentía superficial tienen llegada al embalse generando contaminación.

Hasta antes del año del 2021 CENAE tenía su estación de bombeo aguas abajo de la presa, captando las fugas por infiltración debajo del núcleo de arcilla. Este departamento realizó la gestión para que en el mismo año se cambie de lugar el bombeo ubicándose la toma directamente del lago, junto al bombeo que tiene la ESPOL para riego, este cambio generó un impacto significativo en la reducción de los niveles de agua del embalse. CENAE bombea directamente del embalse 83.000 m<sup>3</sup> aproximadamente, lo que genera un impacto al paisajismo debido a que en verano el lago se va secando conforme pasan los meses hasta volver a llenarse con los meses de lluvia.

De la recopilación de datos en campo hasta el año 2022 la ESPOL cuenta con una cisterna de aguas servidas en la misma caseta de bombeo que tiene CENAE. La cisterna está ubicada a poquísimos metros del embalse, la cual puede llegar a generar contaminación al recurso hídrico.

Anteriormente se realizaban proyectos relacionados a la vida acuática dentro del lago de ESPOL, lo cual ocasiona un uso no adecuado del embalse por la utilización indebida de productos químicos.

Por último, la plantación de lechuguines es considerada un problema en el lago de ingenierías de ESPOL debido a que no permite que los rayos del sol penetren en el agua y se oxigene, además de disminuir el volumen de almacenamiento del embalse.

#### **4.5.2 Medidas de prevención para las interacciones del Lago con el medio**

El embalse presenta diversos factores que afectan su naturaleza, los mismos que deben ser controlados con un plan de manejo ambiental, se presentan a continuación:

Se crea un plan de manejo para reducir la contaminación por el uso de fertilizantes dentro de la microcuenca de aportación al lago, dicho embalse se alimenta por escorrentía en época invernal.

**Tabla 4.13 Medida propuesta para mitigar la contaminación de la cuenca de aporte del embalse.**

| IMPACTO   | ACTIVIDADES | MEDIDA PROPUESTA | INDICADORES                                 | VERIFICACIÓN    |
|---|-------------|------------------|---|-----------------|
| Contaminación de la cuenca de aporte del embalse por uso de Fertilizantes | Escorrentía | Abono natural    | Disminución de la contaminación del embalse | Agua más limpia |

CENAE tiene un tiempo de bombeo del embalse muy alto, el cual puede ser regulado con el siguiente plan de manejo.

**Tabla 4.14 Medida propuesta para mitigar la disminución del volumen de agua del embalse.**

| IMPACTO                                     | ACTIVIDADES     | MEDIDA PROPUESTA              | INDICADORES  | VERIFICACIÓN       |
|---|-----------------|-------------------------------|--|--------------------|
| Disminución del volumen de agua del embalse | Bombeo de CENAE | Controlar las horas de bombeo | Disminuye la reducción del volumen de agua del embalse | revisión y control |

ESPOL cuenta con una cisterna de aguas servidas en la misma caseta de bombeo que va a CENAE, esta cisterna está ubicada a pocos metros del lago, para evitar contaminación por alguna fuga se debe seguir el siguiente plan:

**Tabla 4.15 Medida para mitigar la posible contaminación de aguas servidas.**

| IMPACTO                                 | ACTIVIDADES                | MEDIDA PROPUESTA                                 | INDICADORES        | VERIFICACIÓN        |
|---|----------------------------|--|--------------------|---------------------|
| Posible contaminación de aguas servidas | Cisterna de aguas servidas | Reubicar la cisterna a un lugar distante al lago | Desalojo del lugar | Inspección en sitio |

Como se especificó en la sección anterior marítima debe regular el uso que le da al lago dirigida a la vida acuática, por lo que se presenta el siguiente plan de manejo:

**Tabla 4.16 Medida para mitigar el posible uso no adecuado del lago.**

| IMPACTO                  | ACTIVIDADES                            | MEDIDA PROPUESTA      | INDICADORES                   | VERIFICACIÓN |
|--------------------------|--|-----------------------|-------------------------------|--------------|
| Uso no adecuado del lago | Empleo del lago en proyectos marítimos | Erradicar la práctica | Mejora de la calidad del agua | Inspecciones |



Es importante el control de las plantaciones y crecimientos de lechuguines en el embalse, ya que eso disminuye el volumen del lago por lo que se presenta la siguiente medida para mitigar este problema.

**Tabla 4.17 Medida para mitigar el crecimiento de lechuguines en el embalse.**

| IMPACTO                          | ACTIVIDADES                       | MEDIDA PROPUESTA   | INDICADORES                                    | VERIFICACIÓN |
|----------------------------------|-----------------------------------|--|--|--------------|
| <b>Plantación de Lechuguines</b> | Eliminar los lechuguines del lago | En verano sacar los lechuguines y dejar secar al sol para proceder a realizar un relleno orgánico. | Oxigenación del lago.<br>Mejora al paisajismo. | Inspección   |

#### 4.6 Conclusiones y recomendaciones

1. Se pudo identificar las actividades, los factores ambientales y los posibles impactos ambientales que pueden darse en la fase constructiva de la alternativa seleccionada que es la pantalla impermeabilizante en la zona de la cimentación de la presa.
2. Las medidas de mitigación y prevención que se han propuesto no solo están orientadas a los posibles impactos ambientales producidos por las fases constructivas de la solución, sino también, toma en consideración la valoración inicial realizada al lago donde se detectaron algunos posibles impactos que afectan de forma directa al lago de la ESPOL.
3. Se determinó que el impacto ambiental de la implementación de alternativa seleccionada, tomando como base la escala de valoración, según (Tito, 2020), es de impacto bajo debido a que su valor ambiental está por debajo de 3.
4. Se obtuvo la consulta ambiental en la plataforma del SIUA, donde rectifica que la implementación de la pantalla de impermeabilización no genera un impacto significativo, la actividad principal CIU es “Construcción de Infraestructura Civil”, se emite un certificado ambiental sin costo alguno y de adquisición inmediata.
5. El plan de Manejo Ambiental tendrá un costo de USD 7.482,42 y un plazo de 5 meses que debe ser considerado en el presupuesto del proyecto.

# CAPÍTULO 5

## 5. PRESUPUESTO

### 5.1 Estructura de desglose de trabajo (EDT)

Es el desglose de las actividades que se realizarán en la obra por lo cual permite visualizar de forma más clara y directa los rubros que están involucrados en cada grupo y servirá de base para la realización del presupuesto referencial de la obra. En ANEXO B se presenta la estructura de desglose de trabajo (EDT)

### 5.2 Descripción de rubros

Los rubros se describen en tres bloques acorde a cada actividad que se realice en el proyecto, correspondiente a la solución de inyección de impermeabilizante en la cimentación de la presa. En el ANEXO B, en la sección de especificaciones técnicas se describe cada rubro de la obra.

- 1 Obras preliminares
  - 1.1 Trazado y replanteo
  - 1.2 Cerramiento provisional
  - 1.3 Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas)  
/bodega
  - 1.4 Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación)
  - 1.5 Barreras-segur-polietileno (t-jersey)
  
- 2 Adecuaciones y perforaciones
  - 2.1 perforación de 3" en estructura de pavimento
  - 2.2 perforación de 3" en terraplén
  - 2.3 perforación de 3" en roca estratificada silicificada
  - 2.4 desalojo de material perforado
  - 2.5 inyección de lechada impermeabilizante
  - 2.6 relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido
  - 2.7 reposición de estructura de pavimento rígido por perforación  $f'c=280$   
kg/cm<sup>2</sup>
  - 2.8 señalización horizontal de tráfico

- 3 Manejo ambiental
  - 3.1 control y monitoreo de ruido
  - 3.2 control y monitoreo de material particulado
  - 3.3 control y monitoreo de gases
  - 3.4 cubeto de recolección de fluidos contaminantes
  - 3.5 socialización de la obra con la comunidad
  - 3.6 charlas de mediación con la comunidad
  - 3.7 charla de seguridad y salud ocupacional
  - 3.8 limpieza y cierre de obra

### 5.3 Análisis de costos unitarios

Se realizó el presupuesto tomando en consideración los costos directos que se generan por la utilización de equipo, mano de obra, materiales y transporte en cada APU de acuerdo a cada rubro, pero también se añadió un porcentaje que representa el costo indirecto por concepto de gastos administración central, gastos generales y de administración de obra, financiamiento, imprevistos y utilidad obteniendo el costo total de obra sin presupuesto ambiental de USD 267.485,64.

El detalle de los costos unitarios de cada rubro de la solución de impermeabilización se puede encontrar en el ANEXO B.

### 5.4 Descripción de cantidades de obra

En la tabla 5.1, se puede encontrar la unidad y la cantidad de cada rubro propuesto.

**Tabla 5.1 Tabla de cantidades de obra.**

| <b>OBRA: SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN</b> |  |          |                |
|--|--|----------|----------------|
| <b>1</b>   | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>  |          |                |
| 1,1  | Trazado y replanteo  | 62,88    | m <sup>2</sup> |
| 1,2  | Cerramiento provisional  | 573,30   | m <sup>2</sup> |
| 1,3  | Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas) / bodega | 2,00     | m <sup>2</sup> |
| 1,4  | Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación)                            | 5,00     | Mes            |
| 1,5  | Barreras-segur-polietileno (t-jersey)  | 12,00    | u              |
| <b>2</b>   | <b>ADECUACIONES Y PERFORACIONES</b>  |          |                |
| 2,1  | Perforación de 3" en estructura de pavimento                                   | 126,00   | m              |
| 2,2  | Perforación de 3" en terraplén   | 3.528,00 | m              |

|          |   |          |                |
|----------|---|----------|----------------|
| 2,3      | Perforación de 3" en roca estratificada silicificada                                    | 1.764,00 | m              |
| 2,4      | Desalojo de material perforado  | 51,90    | m <sup>3</sup> |
| 2,5      | Inyección de lechada impermeabilizante  | 280,00   | m <sup>3</sup> |
| 2,6      | Relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido                          | 65,00    | m <sup>3</sup> |
| 2,7      | Reposición de estructura de pavimento rígido por perforación f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> | 1,43     | m <sup>3</sup> |
| 2,8      | Señalización horizontal de trafico  | 126,00   | m              |
| <b>3</b> | <b>MANEJO AMBIENTAL</b>   |          |                |
| 3,1      | Control y monitoreo de ruido  | 1,00     | u              |
| 3,2      | Control y monitoreo de material particulado   | 1,00     | u              |
| 3,3      | Control y monitoreo de gases  | 1,00     | u              |
| 3,4      | Cubeto de recolección de fluidos contaminantes  | 2,00     | u              |
| 3,5      | Socialización de la obra con la comunidad   | 5,00     | u              |
| 3,6      | Charlas de mediación con la comunidad   | 4,00     | u              |
| 3,7      | Charla de seguridad y salud ocupacional   | 2,00     | u              |
| 3,8      | Limpieza y cierre de obra   | 1.595,00 | m <sup>2</sup> |

### 5.5 Valoración integral del costo del proyecto incluyendo las medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental

Para la solución de inyección de tiene un presupuesto referencial al cual también se le debe asociar un costo relacionado al plan manejo ambiental. Como se puede observar en la tabla 5.2, el valor de plan manejo ambiental representa 2.72 % del del presupuesto total, lo que significa que no tiene un impacto significativo.

**Tabla 5.2 Costo de la solución de inyección de impermeabilización en la presa.**

| Proyecto  | Presupuestos   | Rubro ambiental | Precio total   | Porcentaje de rubro Ambiental |
|---|----------------|-----------------|----------------|-------------------------------|
| Solución de inyección de impermeabilización de la presa | USD 267.485,64 | USD 7.482,42    | USD 274.968,06 | 2,72%                         |

Adicional se realizó una curva de inversión para visualizar como se distribuye la inversión a lo largo de los meses de la construcción de la obra, esta se puede observar en el ANEXO B.

## **5.6 Cronograma de obra**

Una vez realizado el presupuesto y el análisis de los precios unitarios de cada rubro se procede a realizar el cronograma de la obra, el cual se llevará a cabo en 5 meses y se lo puede encontrar en el ANEXO B.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Se analizó el lago de ingenierías de la ESPOL mediante trabajos en campo y recopilación de datos para determinar si el lago cuenta con un volumen disponible de agua suficiente para poder satisfacer las necesidades de la ESPOL.
2. Se determinó en base al balance de hídrico que el volumen total de entradas al lago es menor al volumen total de salidas para el año 2022 teniendo un déficit de agua, así mismo, para el año de diseño de la PTAP al año 2035 se mantuvo el déficit, con lo cual se propuso una solución que se enfocará en disminuir los caudales que se infiltran a través de la presa del lago.
3. Para incrementar el volumen disponible del lago de ingenierías de la ESPOL se propone la implementación de la solución de la pantalla de inyecciones para el año 2035.
4. Mediante la solución de inyecciones en la roca fracturada, se espera disminuir las filtraciones de agua a través de la presa con una eficiencia del 95%. Se obtendrá un volumen disponible de 258 441 m<sup>3</sup> contra una necesidad de 163 229 m<sup>3</sup> para el año 2035 que es suficiente para el aprovechamiento del recurso dentro de la ESPOL.
5. Se realizó la caracterización del agua del lago de ingenierías de la ESPOL en laboratorio para 4 puntos de muestreo: en el muelle de marítima, cercano a FADCOM, aledaño a las cabañas y en la parte baja del lago, próximo a la Y. Adicionalmente, se priorizó el punto 3 denominada como P3 situada a nivel de las cabañas del lago donde se realizaron ensayos adicionales porque era el sitio de mayor profundidad.
6. Se plantearon limitantes en el uso del lago de ingenierías de la ESPOL mediante el empleo de medidas de mitigación dentro del análisis ambiental con la finalidad de mejorar la calidad del agua del embalse.
7. Reduciendo al 75% la capacidad del bombeo de agua del lago a CENAE disminuye la cantidad de salidas del embalse en 21 559,42 m<sup>3</sup>

8. Gracias al análisis del ensayo de Break Point se logró determinar la cantidad óptima de cloro con un valor de 3.09 mg/l, el cual se debe usar en el proceso de cloración en la Planta de tratamiento de agua potable, para purificar el agua del lago de ingenierías de la ESPOL.
9. Tomando en consideración los procesos y operaciones unitarias de las PTAP, el presente proyecto realizó el diseño de la Planta de tratamiento a nivel de prefactibilidad debido a que los suscritos se enfocaron a incrementar el volumen de agua del embalse para poder aprovechar el recurso hídrico.
10. El lago cuenta con un volumen disponible de agua para el año de construcción de la solución (año 2035) capaz de suplir las necesidades dentro de la ESPOL dando paso a futuros proyectos para la mejora del diseño de la planta de tratamiento a nivel de prefactibilidad y llevarlo a un diseño final para abastecer de agua potable a la población.
11. El costo de construcción de la solución de inyecciones más el Plan de Manejo Ambiental de USD 274.968,06 y se amortizaría en 16 meses, ya que si se hace una comparación con el pago de la planilla anual promedio de USD 210.639,22 que ESPOL por concepto de agua potable a prestadores externos este valor puede recuperarse en menos de año y medio. Es importante recalcar, que este es el primer paso el aprovechamiento sostenible de lago de ingenierías.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda ejecutar correctamente el plan de mitigación ambiental para evitar la contaminación en el lago por emisión de residuos.
2. Se recomienda reducir al 75% la capacidad de bombeo a CENAE debido a que tiene un valor de salida de agua muy alto.
3. Se recomienda controlar el uso de fertilizantes dentro de la cuenca que aporta de agua al lago de ingenierías de la ESPOL.
4. Se recomienda tener un control en el uso del lago para evitar contaminación importante la cual llegue a perjudicar el hábitat de los animales que viven en el Campus.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, K. E., Altamirano, L. M., & Cárdenas, J. W. (2017). *A Preliminary 3D Model of a Reservoir in Ecuador using an Unconventional Low-Budget Hydroacoustical System*.
- Bakker, K. (1999). The politics of hydropower: developing the Mekong. *Political Geography*, 18(2), 209–232. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0962-6298\(98\)00085-7](https://doi.org/10.1016/S0962-6298(98)00085-7)
- Barcia Carreño, M. B., & Méndez Ruiz, J. I. (2021). *Análisis de operaciones y procesos alternos para el tratamiento de agua dura que abastece a la Parroquia San Cristóbal, Cantón Paute, Provincia del Azuay*. ESPOL.
- Cadena Cazar, M., & Yáñez Rojas, A. (2002). *Evaluación del Potencial Turístico Recreativo del Lago de la ESPOL*. ESPOL.
- CENAE. (2022). *Campo Experimental y de Enseñanza Agropecuaria*.
- CEPIS, & Arboleda Valencia, J. (1973). *Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua*.
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2015). *ECONOMÍA CIRCULAR*.
- Chávez, M. Á. (2022). *Estudios y diseños de la presa de embalse del lago de la ESPOL*.
- CIDTA USAL. (2011). *DESBASTE Y TAMIZADO*. [https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/libros/Uni\\_05/DESBASTE.PDF](https://cidta.usal.es/cursos/simulacion/modulos/libros/Uni_05/DESBASTE.PDF)
- Cruz Cabrera, O. O., & Hidalgo Calva, K. M. (2021). *Plan Maestro de Agua Potable, Alcantarillado Sanitario y Pluvial para ESPOL*. ESPOL.
- Dirección de Recursos Hídricos. (s/f). *Calidad de agua*. Recuperado el 2 de julio de 2022, a partir de <http://www.rekursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- Domínguez Espinosa, R., & Pacho Carrillo, D. (2003). Efluentes de la industrialización del maíz: ¿contaminante o recurso valioso? *Revista de La Universidad Autónoma de Yucatán*.
- FAO. (2006). *Permeabilidad del suelo*. [https://www.fao.org/fishery/static/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s09.htm](https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm)



- Fayllar. (2022). *Settling Tanks*. <https://fayllar.org/theory-theory-operation-design.html>
- IBAL. (2022). *DISEÑO HIDRAULICO DE ACUEDUCTOS MENORES*. <https://www.ibal.gov.co/sites/default/files/ibal/sites/default/files/images/stories/Dise%C3%B1o%20hidraulico%20de%20acueductos.pdf>
- INAMHI. (2012). *ANUARIO METEOROLÓGICO 2010*. <http://www.inamhi.gob.ec>
- INEN. (1992). *Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Jesus, J. B. de. (2015). Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju-SE. *Scientia Plena*, 11(5). <https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2161>
- L., C. D., A., I., & L., E. S. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457845044002>
- LENNTECH. (2022). *Que es la desinfección del agua?* <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>
- López Alaña, J. I., & Zambrano Figueroa, C. E. (2021). *Análisis del Sistema Existente y Diseños de Optimización del Sistema Matriz de Agua Potable de la ESPOL*. ESPOL.
- Mejía, F. J. (2004, febrero). LA FUNCIÓN FUERZA ESPECÍFICA EN CANALES. *Revista EIA*, 1–10. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n1/n1a07.pdf>
- Mendoza, F., & Larreta, E. (2018). *Levantamiento topográfico de la ciclovia Lago - Espol*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Libro Blanco del Agua en España*.
- NEC. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11 CAPÍTULO 16 NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*.
- Ordoñez Sánchez, A. (2015). *EVALUACIÓN DE UN SEDIMENTADOR DE ALTA TASA CON UN MODELO DE DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL (DFC)*. UNAM.
- Orenda Technologies. (2017). *Que es el punto de ruptura del cloro*. <https://blog.orendatech.com/es/entendiendo-el-puntode-rupturadelcloro>

- Pereira, L. S., Perrier, A., Allen, R. G., Alves, I., & Pereira, L. S. (1996). *Evapotranspiration: Review of concepts and future trends*.  
*EVAPOTRANSPIRATION: CONCEPTS AND FUTURE TRENDS*.  
<https://www.researchgate.net/publication/288894244>
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Potabilización del agua*.
- Silva Arroyave, S. M. (2008, julio). Evaluación de la Calidad del agua del futuro embalse Porce iii Por la influencia de la descarga del Embalse Porce ii Modelo de simulación de calidad del agua del futuro embalse Porce iii. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 21–37.
- TULSMA. (2015). ANEXO1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA. En *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*.
- Universidad Tecnológica Nacional. (2022). *Operaciones y procesos unitarios*.
- Veliz, J. (2012). Historia de Espol. *Historia de ESPOL*.

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

Formulario de Registro Ambiental

## FORMULARIO DE REGISTRO AMBIENTAL

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>TRÁMITE (suia)</b>   | CERTIFICADO AMBIENTAL                   |
| <b>FECHA</b>            | Julio 2022                              |
| <b>PROPONENTE</b>       | Ing. Carola María Gordillo Vera         |
| <b>ENTE RESPONSABLE</b> | Gerencia de Infraestructura de la ESPOL |

|   |  |                                       |  |
|---|--|---------------------------------------|--|
| <b>Registro Ambiental</b><br><br>1. <u>Información del proyecto</u><br>2. Datos generales<br>3. Marco legal referencial<br>4. Descripción del proceso<br>5. Descripción del área de implantación<br>6. Principales impactos ambientales<br>7. Plan de manejo ambiental (PMA)<br>8. Inventario forestal<br>9. Finalización | <b>1. INFORMACION DEL PROYECTO</b>   |                                       |  |
|   | <b>1.1 PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD</b><br>(Fases y nombre proyecto)   |                                       |  |
|   | “Valoración y análisis técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de ingenierías de la ESPOL”<br><br>El proyecto cuenta con una fase:<br>1) Fase de construcción.   |                                       |  |
|   | <b>1.2 ACTIVIDAD ECONOMICA</b><br>(Según Catalogo de proyecto, obra o actividad)   |                                       |  |
|   | Código de catálogo   | CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL |  |
|   | F429   |                                       |  |
|   | <b>1.3 RESUMEN DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD</b><br>(Según Catalogo de proyecto, obra o actividad)  |                                       |  |
|   | Se quiere aprovechar el agua del “Lago de ESPOL” dentro de las áreas de ingenierías, sin embargo, no se cuenta con la suficiente cantidad de volumen disponible de agua debido que se presenta filtraciones o fugas por debajo de la presa. Por ello nace la necesidad de tapar las fisuras en las rocas fracturadas debajo del núcleo de la presa, realizando inyecciones con una lechada especial para construir una pantalla de impermeabilización y evitar las continuas filtraciones.<br><br>En base a las investigaciones y aporte para incrementar el volumen disponible del lago, se plantea que para un futuro se diseñe la planta de tratamiento para tratar el agua del Lago de ESPOL para su aprovechamiento dentro del área de ingenierías. |                                       |  |

|                           |  |                  |                       |
|---------------------------|--|------------------|-----------------------|
| <b>Registro Ambiental</b> | <b>2. DATOS GENERALES</b>              |                  |                       |
|                           | <b>SISTEMA DE COORDENADAS (WGS-84)</b> |                  |                       |
|                           | <b>ESTE (X)</b>                        | <b>NORTE (Y)</b> | <b>ALTITUD (msnm)</b> |
|                           | 615369                                 | 9762940          |                       |

|   |  |                                     |                  |
|---|--|-------------------------------------|------------------|
| 1. Información del proyecto             | 615388   | 9762925                             | 53 - 80          |
|   | 615288   | 9762853                             |                  |
|   | 615275   | 9762864                             |                  |
|   | 615369   | 9762940                             |                  |
| 2. <u>Datos generales</u>               | <b>ESTADO DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD (FASE)</b>      |                                     |                  |
| 3. Marco legal referencial              | <input checked="" type="checkbox"/>                      | Construcción                        |                  |
| 4. Descripción del proceso              | <input type="checkbox"/>                                 | Rehabilitación y/o Ampliación       |                  |
| 5. Descripción del área de implantación | <input type="checkbox"/>                                 | Operación y mantenimiento           |                  |
| 6. Principales impactos ambientales     | <input type="checkbox"/>                                 | Cierre y Abandono                   |                  |
| 7. Plan de manejo ambiental (PMA)       | <b>DIRECCION DEL PROYECTO, OBRA O ACTIVIDAD</b>          |                                     |                  |
| 8. Inventario forestal                  | Campus Gustavo Galindo Km 35 de la vía perimetral, ESPOL |                                     |                  |
| 9. finalización                         | <b>PROVINCIA</b>   | <b>CANTON</b>                       | <b>PARROQUIA</b> |
|   | Guayas   | Guayaquil                           |                  |
|   | <b>TIPO DE ZONA</b>                                      |                                     |                  |
|   | Urbana   | <input checked="" type="checkbox"/> |                  |
|   | Rural  | <input type="checkbox"/>            |                  |

|   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| 1. Información del proyecto             | <b>DATOS DEL PROMOTOR</b>   |   |  |
|   | <b>NOMBRE</b>   |   |  |
|   | Ing. Carola María Gordillo Vera   |   |  |
|   | <b>CORREO ELECTRONICO DEL PROMOTOR</b>  |   | <b>TELEFONO/CELULAR</b>                |
|   | cgordill@espol.edu.ec   |   | 0981130986                             |
|   | <b>DOMICILIO DEL PROMOTOR</b>   |   |  |
|   | Escuela Superior Politécnica del Litoral  |   |  |
|   | <b>CARACTERISTICAS DE LA ZONA</b>   |   |  |
|   | <b>Infraestructura:</b>   |   |  |
|   | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/>  | Industrial                             |
| <input checked="" type="checkbox"/>     | <input type="checkbox"/>  | Otros: -Geotécnica en la presa del embalse (Inyecciones de lechada) |  |
| 2. <u>Datos generales</u>               | <b>DESCRIPCION DE LA ZONA</b>   |   |  |
| 3. Marco legal referencial              | La Escuela Superior Politécnica del Litoral se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil al norte de la ciudad en el km 35 de la vía perimetral. Dentro de ESPOL se encuentra la zona del proyecto delimitado al Oeste con el área de ingenieras, al Este con FADCON y al Sur se encuentra situado el embalse. El proyecto se enfoca en tapar las fugas de agua debajo del núcleo de arcilla de la presa. |   |  |
| 4. Descripción del proceso              | <b>ESPACIO FISICO DEL PROYECTO</b>  |   |  |
| 5. Descripción del área de implantación | Área del proyecto (m <sup>2</sup> )   | 123.371   | Área de implantación (m <sup>2</sup> ) |
| 6. Principales impactos ambientales     |   |   | 2.300                                  |
| 7. Plan de manejo ambiental (PMA)       |   |   |  |
| 8. Inventario forestal                  |   |   |  |

|                             |                   |   |    |  |    |   |                  |   |
|-----------------------------|-------------------|---|----|--|----|---|------------------|---|
| 9. Finalización             | Agua potable      | x | SI |  | NO | Consumo de agua por mes (m <sup>3</sup> ) | 16.000           |   |
|                             | Energía eléctrica | x | SI |  | NO | Consumo energía eléctrica por mes (Kw/h)  | ---              |   |
|                             | Acceso vehicular  | x | SI |  | NO | Tipo de vías:                             | Vías Principales | x |
|                             | Alcantarillado    | x | SI |  | NO |   | Vías Secundarias |   |
| <b>SITUACION DEL PREDIO</b> |                   |   |    |  |    |   |                  |   |
|                             |                   |   |    |  |    | Alquiler                                  |                  |   |
|                             |                   |   |    |  |    | Concesionadas                             |                  |   |
|                             |                   |   |    |  |    | Propia                                    |                  |   |
|                             |                   | x |    |  |    | Otros (Publica)                           |                  |   |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Registro Ambiental</b><br><br>1. Información del proyecto<br>2. Datos generales<br>3. <u>Marco legal referencial</u><br>4. Descripción del proceso<br>5. Descripción del área de implantación<br>6. Principales impactos ambientales<br>7. Plan de manejo ambiental (PMA)<br>8. Inventario forestal<br>9. Finalización | <b>3. MARCO LEGAL REFERENCIAL</b>   |  |
|   | Usted deberá ajustarse al siguiente marco legal   |  |
|   | <b>NORMATIVAS</b>   |  |
|   | <b>Constitución de la República del Ecuador</b>   |  |
|   | Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, <i>sumak kawsay</i> . Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. |  |
|   | Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas: 27. El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.  |  |
|   | Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural   |  |
|   | <b>Ley de Gestión Ambiental</b>   |  |
|   | Art. 19.- Las obras públicas, privadas o mixtas, y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.   |  |
|   | Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo  |  |

|  |  |
|--|--|
|  | <p><b>Ley de Fomento y Desarrollo Agropecuario</b></p>   |
|  | <p><b>Art. ...-</b> Los centros agrícolas, cámaras de agricultura y organizaciones campesinas sujetas de crédito del Banco Nacional de Fomento y las empresas importadoras de maquinaria, equipos, herramientas e implementos de uso agropecuario, nuevos de fábrica, podrán también importar dichos bienes reconstruidos o repotenciados, que no se fabriquen en el país, dotados de los elementos necesarios para prevenir la contaminación del medio ambiente, previa autorización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, con la obligación de mantener una adecuada provisión y existencia de repuestos para estos equipos, así como del suministro de servicios técnicos de mantenimiento y reparación durante todo el período de vida útil de estos bienes, reconociéndose como máximo para el efecto, el período de diez años desde la fecha de la importación. El Ministerio de Agricultura y Ganadería sancionará a las empresas importadoras de equipos reconstruidos o repotenciados, que no suministren inmediatamente los repuestos o servicios, con una multa de mil a cinco mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica y, dichas empresas quedarán obligadas a indemnizar al comprador tanto por daño emergente como por lucro cesante, por todo el tiempo que la maquinaria o equipos estuvieren paralizados por falta de repuestos o servicios de reparación</p> |
|  | <p><b>Acuerdo Ministerial 134</b></p>  |
|  | <p>Mediante Acuerdo Ministerial 134 publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 812 de 18 de octubre de 2012, se reforma el Acuerdo Ministerial No. 076, publicado en Registro Oficial Segundo Suplemento No. 766 de 14 de agosto de 2012, se expidió la Reforma al artículo 96 del Libro III y artículo 17 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3516 de Registro Oficial Edición Especial No. 2 de 31 de marzo de 2003; Acuerdo Ministerial No. 041, publicado en el Registro Oficial No. 401 de 18 de agosto de 2004; Acuerdo Ministerial No. 139, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 164 de 5 de abril de 2010, con el cual se agrega el Inventario de Recursos Forestales como un capítulo del Estudio de Impacto Ambiental</p>  |
|  | <p><b>Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas</b></p>  |
|  | <p><b>Art. 150.-</b> Los constructores y contratistas respetarán las ordenanzas municipales y la legislación ambiental del país, adoptarán como principio la minimización de residuos en la ejecución de la obra. Entran dentro del alcance de este apartado todos los residuos (en estado líquido, sólido o gaseoso) que genere la propia actividad de la obra y que en algún momento de su existencia pueden representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores o del medio ambiente.</p>   |



Art. 151.- Los constructores y contratistas son los responsables de la disposición e implantación de un plan de gestión de los residuos generados en la obra o centro de trabajo que garantice el cumplimiento legislativo y normativo vigente

**Acuerdo Ministerial No. 061**

Art. 262 “De los Informes Ambientales de Cumplimiento. - Las actividades regularizadas mediante un Registro Ambiental serán controladas mediante un Informe Ambiental de Cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la Autoridad Ambiental Competente.

Estos Informes, deberán evaluar el cumplimiento de lo establecido en la normativa ambiental, plan de manejo ambiental, condicionantes establecidas en el permiso ambiental respectivo y otros que la autoridad ambiental lo establezca. De ser el caso el informe ambiental contendrá un Plan de Acción que contemple medidas correctivas y/o de rehabilitación.

**Art. 263 De la periodicidad y revisión.** - Sin perjuicio que la Autoridad Ambiental Competente pueda disponer que se presente un Informe Ambiental de Cumplimiento en cualquier momento en función del nivel de impacto y riesgo de la actividad, una vez cumplido el año de otorgado el registro ambiental a las actividades, se deberá presentar el primer informe ambiental de cumplimiento; y en lo posterior cada dos (2) años contados a partir de la presentación del primer informe de Cumplimiento.

**NTE INEN 1108 sexta revisión**

4.2 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano**

| Parámetro                                     | Unidad | Límite permitido <sup>b</sup> | Método de ensayo <sup>c</sup>                      |
|---|--------|-------------------------------|--|
| Arsénico                                      | mg/L   | 0,01                          | Standard Methods 3114                              |
| Cadmio  | mg/L   | 0,003                         | Standard Methods 3113                              |
| Cloro libre residual                          | mg/L   | 0,3 a 1,5                     | Standard Methods 4500 Cl <sup>-</sup>              |
| Cobre   | mg/L   | 2,0                           | Standard Methods 3111                              |
| Color aparente                                | Pt-Co  | 15                            | Standard Methods 2120                              |
| Cromo (cromo total)                           | mg/L   | 0,05                          | Standard Methods 3113                              |
| Fluoruro                                      | mg/L   | 1,5                           | Standard Methods 4500-F <sup>-</sup>               |
| Mercurio                                      | mg/L   | 0,006                         | Standard Methods 3112                              |
| Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) | mg/L   | 50,0                          | Standard Methods 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |
| Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) | mg/L   | 3,0                           | Standard Methods 4500-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> |
| Plomo   | mg/L   | 0,01                          | Standard Methods 3113                              |
| Turbiedad <sup>a</sup>                        | NTU    | 5                             | Standard Methods 2130                              |

<sup>a</sup> Se conoce también como *Turbidez*.

<sup>b</sup> Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

<sup>c</sup> En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

**Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente**

**TULSMA Libro II de la gestión ambiental**

Art. 2.- Objetivos. - El Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable constituye un órgano asesor del presidente de la República que tiene como objetivo principal:

|  |   |
|--|---|
|  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentar propuestas armónicas de políticas generales del desarrollo sustentable, que tiendan a la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;</li> <li>2. Presentar propuestas de estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional al Ministerio del Ambiente en cuanto al Plan Ambiental Ecuatoriano;</li> <li>3. Pronunciarse sobre las consultas que le fueren planteadas por el presidente de la República;</li> <li>4. Expedir el Estatuto Orgánico Funcional del Consejo Nacional de Desarrollo Sustentable y sus reformas cuando fueren necesarias;</li> <li>5. Brindar asesoramiento preventivo en materia ambiental; y, 6. Otros que por disposiciones legales o reglamentarias deba realizar.</li> </ol>  |
|  | <p><b>Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente Libro VI de la calidad ambiental</b></p>  |
|  | <p>Art. 203.- De la minimización de impactos. - Para aquellos proyectos que afecten de forma directa o indirecta áreas con cobertura vegetal primaria, bosques nativos, áreas protegidas, ecosistemas sensibles, se deberá analizar todas las alternativas tecnológicas existentes a nivel nacional e internacional para minimizar los impactos; para el análisis de alternativas se contemplará principalmente el aspecto ambiental. Cuando se requiera instalar oleoductos, gaseoductos, mineroductos, líneas de flujo, líneas de transmisión eléctrica, helipuertos y/o accesos carrozables en zonas con bosques primarios, bosques protegidos y por excepción y con los limitantes establecidos en la Constitución en áreas protegidas, la planificación de los derechos de vía deberá acoger entre otras, las siguientes disposiciones: a) Evitar la tala de árboles de gran dimensión, especies sensibles, amenazadas y sitios sensibles. b) Utilizar un solo derecho de vía en el que se incluya: el acceso carrozable, líneas de transmisión eléctrica, líneas de flujo, oleoductos, gasoductos, mineroductos o tuberías y ductos para transporte de otros materiales. c) El desbroce máximo permitido en promedio para el derecho de vía es de diez (10) metros de ancho debiéndose aplicar tecnología para construcción, que permita minimizar el desbroce.</p> <p>Art. 251.- Plan de Manejo Ambiental. - Incluirán entre otros un Plan de Monitoreo Ambiental que ejecutará el sujeto de control, el plan establecerá los aspectos ambientales, impactos y parámetros a ser monitoreados, la periodicidad de los monitoreos, y la frecuencia con que debe reportar los resultados a la Autoridad Ambiental Competente. De requerirlo la Autoridad Ambiental Competente podrá disponer al Sujeto de Control que efectúe modificaciones y actualizaciones al Plan de Manejo Ambiental. Para el caso de las actividades, obras o proyectos que cuenten con un permiso ambiental, deberán remitir conforme a los lineamientos emitidos por la Autoridad Ambiental Competente un reporte de los muestreos que</p> |

|   |          |  |
|---|----------|--|
| <p>permitan la caracterización ambiental de los aspectos físicos, químicos y biológicos de los recursos de acuerdo con la actividad que esté desarrollando. La Autoridad Ambiental Competente sobre la base de estos resultados podrá disponer al sujeto de control la ejecución de medidas de prevención, mitigación y/o rehabilitación.</p> |          |  |
| <p>He leído y comprendo las Normativas</p>  | <p>x</p> |  |

|   | 4. DESCRIPCION DE PROCESOS – FASES   |  |  |
|---|--|--|--|
|   | MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS   | ACTIVIDAD  | IMPACTOS POTENCIALES   |
| <p><b>Registro Ambiental</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Información del proyecto</li> <li>2. Datos generales</li> <li>3. Marco legal referencial</li> <li>4. <u>Descripción del proceso</u></li> <li>5. Descripción del área de implantación</li> <li>6. Principales impactos ambientales</li> <li>7. Plan de manejo ambiental (PMA)</li> <li>8. Inventario forestal</li> <li>9. Finalización</li> </ol> | <p>Insumo: madera<br/>Equipos: Herramienta menor, EPPs, señalización</p>                   | <p>Instalación del campamento en obra</p>                | <p>Generación de empleo.<br/>Molestias en la comunidad por cierre de vía.</p>  |
|   | <p>Maquinaria: Trackdill, estación total.<br/>Equipos: Herramienta menor, palas, EPPs.</p> | <p>Perforación de la estructura del pavimento rígido</p> | <p>Contaminación auditiva.<br/>Contaminación del aire y afectación de la capa de ozono debido al polvo y gases de las maquinarias.</p> |
|   | <p>Maquinaria: Trackdill.<br/>Equipos: Herramienta menor, palas, EPPs.</p>                 | <p>Perforación del terraplén de la presa</p>             | <p>Contaminación auditiva.<br/>Contaminación del aire y afectación de la capa de ozono debido al polvo y gases de las maquinarias.</p> |
|   | <p>Maquinaria: Trackdill.<br/>Equipos: Herramienta menor, palas, EPPs.</p>                 | <p>Perforación de la roca estratificada silicificada</p> | <p>Contaminación auditiva.<br/>Contaminación del aire y afectación de la capa de ozono debido al polvo y gases de las maquinarias.</p> |
|   | <p>Maquinaria: Volqueta, retroexcavadora<br/>Equipos: Herramienta menor, palas, EPPs.</p>  | <p>Desalojo del material perforado</p>                   | <p>Contaminación del aire por presencia de polvo.</p>  |
|   | <p>Maquinaria: Trackdill, camión mixer.<br/>Equipos: Herramienta menor, palas, EPPs.</p>   | <p>Inyección de lechada impermeabilizante.</p>           | <p>Aumento del volumen disponible en el lago de la ESPOL.</p>  |

|   |                                  | 5. DESCRIPCION DEL AREA DE IMPLANTACION |                 |                               |          |
|---|----------------------------------|---|-----------------|-------------------------------|----------|
|   |                                  | CLIMA                                   |                 |                               |          |
| <b>Registro Ambiental</b><br><br>10. Información del proyecto<br>11. Datos generales<br>12. Marco legal referencial<br>13. Descripción del proceso<br>14. Descripción del área de implantación<br>15. Principales impactos ambientales<br>16. Plan de manejo ambiental (PMA)<br>17. Inventario forestal<br>18. Finalización |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | x                                       | Cálido - húmedo |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  |   | Cálido - seco   |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   | Tipo de Suelo                    |   |                 |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | x                                       | Arcilloso       | x                             | Arenosos |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   | Tipo de suelo                    |   | Francos         | x                             | Rocosos  |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | Saturados                               |                 | Otros                         |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
| Pendiente del Suelo   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   | x                                | Llano (pendiente menor al 30%)          |                 | Montañoso (terreno quebrado)  |          |
| Pendiente del suelo   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | Ondulado (pendiente mayor al 30%)       |                 |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
| Demografía (población más cercana)  |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | Entre 0 y 1.000 hbts.                   |                 | Entre 1.001 y 10.000 hbts.    |          |
| Demografía  |                                  |   |                 |                               |          |
|   | x                                | Entre 10.001 y 100.000 hbts.            |                 | Más de 100.000 hbts.          |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
| Abastecimiento de agua población  |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
|   |                                  | Agua lluvia                             | x               | Agua potable                  |          |
|   |                                  |   |                 |                               |          |
| 1. Información del proyecto   | Abastecimiento de agua población | Conexión domiciliaria                   |                 | Cuerpo de aguas superficiales |          |
| 2. Datos generales  |                                  |   |                 |                               |          |

|  |   |   |                |   |
|--|---|---|----------------|---|
| 3. Marco legal referencial                         |   | Grifo publico                                 |                | Pozo profundo                               |
|  |   |   |                |   |
| 4. Descripción del proceso                         |   | Tanquero                                      |                |   |
|  |   |   |                |   |
| 5. Descripción del área de implantación            | <b>Evacuación de aguas servidas población</b> |   |                |   |
|  |   |   |                |   |
| 6. Principales impactos ambientales                | Evacuación de aguas servidas población        | x   | Alcantarillado | Cuerpos de aguas superficiales              |
|  |   |   | Fosa séptica   | Letrina                                     |
|  |   |   | Ninguno        |   |
| 7. Plan de manejo ambiental (PMA)                  |   |   |                |   |
| 8. Inventario forestal                             |   |   |                |   |
| 9. Finalización                                    | <b>Electrificación</b>                        |   |                |   |
|  |   |   |                |   |
| Electrificación                                    |   | Planta eléctrica                              | x              | Red publica                                 |
|  |   | Otra  |                |   |
|  |   |   |                |   |
| <b>Vialidad y acceso a la población</b>            |   |   |                |   |
|  |   |   |                |   |
| Vialidad y acceso a la población                   |   | Caminos vecinales                             | x              | Vías principales                            |
|  |   | Vías secundarias                              |                | Otras                                       |
|  |   |   |                |   |
| <b>Organización social</b>                         |   |   |                |   |
|  |   |   |                |   |
| Organización social                                |   | Primer grado (comunal, barrial, urbanización) | x              | Segundo grado (Cooperativa, Precooperativa) |
|  |   | Tercer grado (Asociaciones, recintos)         |                |   |
|  |   |   |                |   |
| <b>Componente fauna</b>                            |   |   |                |   |
| Piso zoo geográfico donde se encuentra el proyecto |   |   |                |   |
|  |   |   | x              | Tropical Noroccidental (0-800 msnm)         |

|  |   |          |   |                                |
|--|---|----------|---|--------------------------------|
|  |   |          |   |                                |
|  |   |          |   | Tropical Oriental (0-800 msnm) |
|  |   |          |   |                                |
|  |   |          |   |                                |
|  | X | Anfibios | X | Aves                           |
|  |   |          |   |                                |
|  | X | Insectos |   | Mamíferos                      |
|  |   |          |   |                                |
|  | X | Peces    | X | Reptiles                       |
|  |   |          |   |                                |
|  |   | Ninguna  |   |                                |
|  |   |          |   |                                |

| 6. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES        |   |        |   |
|--|---|--------|---|
| MATERIALES E INSUMOS                       |   |        |   |
| Registro Ambiental                         | ACTIVIDAD   | FACTOR | IMPACTO   |
| 1. Información del proyecto                | Instalación del campamento en obra                | HUMANO | Demanda de mano de obra.<br>Salud y seguridad ocupacional.<br>Ruidos en la instalación provisional. |
| 2. Datos generales                         | Perforación de la estructura del pavimento rígido | HUMANO | Emisión de niveles altos de presión auditiva.   |
| 3. Marco legal referencial                 |   | AIRE   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill.<br>Emisión de material particulado.                 |
| 4. Descripción del proceso                 | Perforación del terraplén de la presa             | HUMANO | Emisión de niveles altos de presión auditiva.   |
| 5. Descripción del área de implantación    |   | AIRE   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill.   |
| 6. <u>Principales impactos ambientales</u> |   | SUELO  | Emisión de material particulado.<br>Alteración del suelo.   |
| 7. Plan de manejo ambiental (PMA)          | Perforación de la roca estratificada silicificada | HUMANO | Emisión de niveles altos de presión auditiva.   |
| 8. Inventario forestal                     |   | AIRE   | Emisión de gases por combustión del Trackdrill.   |
| 9. Finalización                            |   | SUELO  | Emisión de material particulado.<br>Alteración del suelo.   |

|  |   |                 |   |
|--|---|-----------------|---|
|  | Desalojo del material perforado         | AIRE            | Emisión de material particulado.                                  |
|  | Inyección de lechada impermeabilizante. | HUMANO<br>SUELO | Salud y seguridad ocupacional.<br>Disminución de la infiltración. |

## ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

| 7. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL   |  |                             |            |             |            |
|---|--|-----------------------------|------------|-------------|------------|
| (ingresar los planes que apliquen a su proyecto, obra o actividad)  |  |                             |            |             |            |
| Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)   |  |                             |            |             |            |
| Actividad   | Responsable  | Fecha inicio                | Fecha fin  | Presupuesto |            |
| <b>Registro Ambiental</b><br><br>1. Información del proyecto<br>2. Datos generales<br>3. Marco legal referencial<br>4. Descripción del proceso<br>5. Descripción del área de implantación<br>6. Principales impactos ambientales<br>7. <u>Plan de manejo ambiental (PMA)</u><br>8. Inventario forestal<br>9. Finalización | <b>Control y Monitoreo de Ruido</b><br>Las actividades de perforación y uso de maquinaria generan ruido. Se previene controlando el uso necesario de las maquinarias.  | Constructor<br>Fiscalizador | Agosto     | Diciembre   | USD 143,39 |
|   | <b>Control y Monitoreo de Material Particulado</b><br>El traslado del material desalojado genera que partículas de polvo y escombros se propaguen en el camino. Se previene con la utilización de una lona para la volqueta. | Constructor<br>Fiscalizador | Septiembre | Diciembre   | USD 113,30 |
|   | <b>Control y Monitoreo de Gases</b><br>Ciertas maquinarias generan muchos gases contaminantes a la atmosfera. Se previene controlando  | Constructor<br>Fiscalizador | Agosto     | Diciembre   | USD 128,35 |

|  |  |   |                     |                  |                    |
|--|--|---|---------------------|------------------|--------------------|
|  | el uso necesario de las maquinarias.   |   |                     |                  |                    |
| <b>Plan de manejo de desechos (PMD)</b>      |  |   |                     |                  |                    |
|  | <b>Actividad</b>   | <b>Responsable</b>                        | <b>Fecha inicio</b> | <b>Fecha fin</b> | <b>Presupuesto</b> |
|  | <b>Cubeto de Recolección de Fluidos Contaminantes</b><br>La solución de inyección de lechada especial tiene compuestos químicos peligrosos para el ser humano si entran en contacto. Se previene teniendo un plan de manejo de residuos como un cubeto de recolección del exceso de fluidos contaminantes. | Proponente<br>Constructor<br>Fiscalizador | Agosto              | Noviembre        | USD 422,96         |
| <b>Plan de relaciones comunitarias (PRC)</b> |  |   |                     |                  |                    |
|  | <b>Actividad</b>   | <b>Responsable</b>                        | <b>Fecha inicio</b> | <b>Fecha fin</b> | <b>Presupuesto</b> |
|  | <b>Información a los estudiantes</b><br>Debido a que los estudiantes son los afectados por el cierre de vía. Para evitar problemas con la comunidad se tiene un plan de información del cierre y detalles pertinentes de la obra que deben conocer.  | Proponente                                | Agosto              | Agosto           | USD 1129,54        |



| <b>Plan de contingencias (PC)</b>  |                             |                     |                  |                    |
|--|-----------------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| <b>Actividad</b>   | <b>Responsable</b>          | <b>Fecha inicio</b> | <b>Fecha fin</b> | <b>Presupuesto</b> |
| <b>Plan de Contingencias</b><br>En caso de emergencias médicas comunicarse con el 911.<br>En caso de problemas con la comunidad se recomienda tener charlas de mediación con la comunidad. | Proponente<br>Constructor   | Agosto              | Noviembre        | USD 732,43         |
| <b>Plan de seguridad y salud ocupacional (PSSO)</b>  |                             |                     |                  |                    |
| <b>Actividad</b>   | <b>Responsable</b>          | <b>Fecha inicio</b> | <b>Fecha fin</b> | <b>Presupuesto</b> |
| <b>Seguridad y Salud ocupacional</b><br>Realizar charlas de capacitación en seguridad del personal, tanto el uso de los EPPs, y el uso del botiquín de primero auxilios.                   | Proponente                  | Agosto              | Agosto           | USD 459,07         |
| <b>Plan de cierre, abandono y entrega del área (PCA)</b>   |                             |                     |                  |                    |
| <b>Actividad</b>   | <b>Responsable</b>          | <b>Fecha inicio</b> | <b>Fecha fin</b> | <b>Presupuesto</b> |
| <b>Plan de cierre de obra</b><br>Al finalizar la obra se debe verificar que todo esté en buen estado y limpio, para que posterior no se ocasione ningún accidente.                         | Constructor<br>Fiscalizador | Diciembre           | Diciembre        | USD 4353,37        |

| Cronograma del Plan de Manejo Ambiental                  |       |   |   |   |   |                 |
|--|-------|---|---|---|---|-----------------|
| PMA  | meses |   |   |   |   | Costo USD       |
|  | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 |                 |
| Plan de prevención y mitigación de impactos (PPM)        |       |   |   |   |   | 385,04          |
| Plan de manejo de desechos (PMD)                         |       |   |   |   |   | 422,96          |
| Plan de relaciones comunitarias (PRC)                    |       |   |   |   |   | 1129,55         |
| Plan de contingencias (PC)                               |       |   |   |   |   | 732,43          |
| Plan de seguridad y salud ocupacional (PSSO)             |       |   |   |   |   | 459,07          |
| <i>Plan de cierre, abandono y entrega del área (PCA)</i> |       |   |   |   |   | 4353,37         |
| <b>TOTAL</b>   |       |   |   |   |   | <b>7.482,42</b> |

| 8. INVENTARIO FORESTAL  |  |
|---|--|
| <p><b>Registro Ambiental</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Información del proyecto</li> <li>2. Datos generales</li> <li>3. Marco legal referencial</li> <li>4. Descripción del proceso</li> <li>5. Descripción del área de implantación</li> <li>6. Principales impactos ambientales</li> <li>7. Plan de manejo ambiental (PMA)</li> <li>8. <u>Inventario forestal</u></li> <li>9. Finalización</li> </ol> | <p style="text-align: center;"><b>Su proyecto tiene remoción de cobertura vegetal nativa?</b></p> <p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SI      <input checked="" type="checkbox"/> NO         </p> |

# **ANEXO B**

(Especificaciones técnicas, Presupuesto, Costos indirectos, APUS, EDT y  
Cronograma Valorado, Curva de inversión)

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA “SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN”

## 1. OBRAS PRELIMINARES

### 1.1 Trazado y replanteo

**Descripción:** Este rubro comprende ubicar y delimitar las áreas a perforar con la utilización de equipo topográfico, para posterior marcar el área de los 252 taladros de inyección.

**Unidad:** metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

**Equipos:** herramienta manual (5% M/O.), Equipo Topográfico.

**Mano de obra:** Maestro mayor (Estr. Ocup. C1), Topógrafo (En Construcción - Estr.Oc.C1), Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2)

**Materiales:** Piola de construcción, Clavo para concreto, Aerosol para marcar.

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo a las áreas ejecutadas y será pagado en metros cuadrados.

### 1.2 Cerramiento provisional

**Descripción:** Comprende los metros cuadrados de malla de tela verde a ubicar en este caso se tomará en cuenta el perímetro de la zona a intervenir por la altura de la malla para obtener el área.

**Unidad:** metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

**Equipos:** herramienta manual (5% M/O.).

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2), Maestro mayor (Estr. Ocup. C1).

**Materiales:** caña rolliza 6mts, Malla tela verde, clavos 2 1/2".

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo a las áreas ejecutadas y será pagado en metros cuadrados.

### **1.3 Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas/bodega**

**Descripción:** Se construirá la caseta donde permanecerá el guardián durante su jornada de trabajo será construida de tablas, cuarterones, el techo es de zinc y tendrá un foco de 110W en la parte central de la caseta además de un tomacorriente.

**Unidad:** metros cuadrados (m<sup>2</sup>)

**Equipos:** herramienta manual (5% M/O.), Equipo Topográfico.

**Mano de obra:** Maestro mayor (Estr. Ocup. C1), Topógrafo (En Construcción - Estr.Oc.C1), Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2)

**Materiales:** Tablas, cuarterón, clavos 2 1/2", Zinc, Boquilla, FOCO 110W, Tomacorriente de 110 voltios

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo a las áreas ejecutadas y será pagado en metros cuadrados.

### **1.4 Alquiler de batería sanitaria (Incluye instalación)**

**Descripción:** Se alquilará baterías sanitarias portátiles para el uso del personal que se encuentre en obra incluye instalación por parte de la empresa que proporcione el servicio.

**Unidad:** Mes

**Materiales:** Batería sanitarias portátil (Alquiler 2uni) incluye instalación y desinstalación

**Forma de pago:** Este rubro se cancelará de forma mensual.

### **1.5 Barreras-Segur-Polietileno (T-Jersey)**

**Descripción:** Las barreras de polietileno(T-Jersey) tendrán las medidas estándar y se las ubicará para impedir el paso de vehículos a la zona que se intervendrá

**Unidad:** unidad (U)

**Equipos:** herramienta manual (5% M/O.).

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2)

**Materiales:** Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno, Agua.

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades instaladas y prestando el servicio requerido.

## **ADECUACIONES Y PERFORACIONES**

### **2.1 Perforación de 3" en estructura de pavimento**

**Descripción:** Consiste 252 taladros de perforación de 3" a lo largo de los 126 m de pavimento rígido en vía principal de ESPOL que conecta el área de ingenierías con FADCOM con la utilización de un Trackdrill neumático

**Unidad:** metros lineales (m)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Compresor 750 cfm, Trackdrill neumático

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), OP. Track drill, Ayudante de perforador, Residente de obra.

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros lineales (m).

### **2.2 Perforación de 3" en terraplén**

**Descripción:** Consiste en 252 taladros de perforación de 3" en el terraplén del núcleo de arcilla que forma parte de la presa ubicada en vía principal de ESPOL que conecta el área de ingenierías con FADCOM con la utilización de un Trackdrill neumático.

**Unidad:** metros lineales (m)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Compresor 750 cfm, Trackdrill neumático

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), OP. Track drill, Ayudante de perforador, Residente de obra

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros lineales (m).

### **2.3 Perforación de 3" en roca estratificada silicificada**

**Descripción:** Consiste en 252 taladros de perforación de 3" en la roca estratificada silicificada que forma parte de la presa ubicada en vía principal de ESPOL que conecta el área de ingenierías con FADCOM con la utilización de un Trackdrill neumático.

**Unidad:** metros lineales (m)

**Equipos:** herramienta manual (5% M/O.).

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2), Maestro mayor (Estr. Ocup. C1).

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros lineales (m).

#### **2.4 Desalojo de material perforado**

**Descripción:** Este rubro comprende en el desalojo de 51.90 m<sup>3</sup> de material perforado tanto del pavimento rígido, terraplén, y roca estratificada silicificada.

**Unidad:** metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Volquete de 8 M<sup>3</sup>

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2).

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

#### **2.5 Inyección de lechada impermeabilizante**

**Descripción:** Este rubro comprende la inyección de lechada impermeabilizante con la utilización de una inyectora de suelos y rocas. Esta lechada tiene en su composición Cemento tipo I, un aditivo plastificante y un reductor de agua.

**Unidad:** metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Inyectora de suelos y rocas, Generador 20KVA, Mezcladora manual

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Residente de obra

**Materiales:** Cemento tipo I (50 kg), Agua, Sikament N100, Intraplast - Z

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

#### **2.6 Relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido**

**Descripción:** Este rubro comprende el relleno de los taladros sin inyectar, se utilizará suelo/cemento fluido.

**Unidad:** metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Residente de obra

**Materiales:** Agua, Cemento tipo I (50 kg), Suelo Limo - Arcilloso

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

## **2.7 Reposición de estructura de pavimento rígido por perforación $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$**

**Descripción:** Se repondrá el pavimento rígido extraído de la perforación de los 252 taladros en la zona de intervención.

**Unidad:** metros cúbicos (m<sup>3</sup>)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Concretera.

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2), Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

**Materiales:** Cemento tipo I (50 kg), Agua, Arena Gruesa (incl. Transporte), Ripio.

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

## **2.8 Señalización horizontal de tráfico**

**Descripción:** Se pintura la señalización horizontal en la parte central de la via de la ESPOL, utilizando pintura de tráfico amarillo.

**Unidad:** metros lineales (m)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Pintor (Estr. Ocup. D2)

**Materiales:** Pintura de trafico

**Forma de pago:** Será medido y pagado en metros lineales (m).

# **MANEJO AMBIENTAL**

## **3.1 Control y monitoreo de ruido**

**Descripción:** Este rubro comprende en la utilización de un sonómetro digital con el fin de controlar y monitorear el ruido en la zona de intervención.

**Unidad:** unidad (U)

**Equipos:** Sonómetro digital

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2)



**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades que prestando el servicio requerido.

### **3.2 Control y monitoreo de material particulado**

**Descripción:** Este rubro comprende en la utilización de un equipo/muestreo, monitoreo/análisis con el fin de controlar y monitorear el material particulado generados en la zona de intervención.

**Unidad:** unidad (U)

**Equipos:** equipo/muestreo, monitoreo/análisis

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2)

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades que prestando el servicio requerido.

### **3.3 Control y monitoreo de gases**

**Descripción:** Este rubro comprende en la utilización de un equipo/muestreo, monit./análisis/gases con el fin de controlar y monitorear los gases generados en la zona de intervención.

**Unidad:** unidad (U)

**Equipos:** equipo/muestreo, monit./análisis/gases

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2)

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades que prestando el servicio requerido.

### **3.4 Cubeto de recolección de fluidos contaminantes**

**Descripción:** Este cubeto, es un tanque cónico de 1000L, servirá para recoger los fluidos que resulten de las perforaciones para evitar que se contamine el suelo.

**Unidad:** unidad (U)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O, Bomba de agua de 3"

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2)

**Materiales:** Tanque cónico 1000L

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades instaladas y que prestando el servicio requerido.

### **3.5 Socialización de la obra con la comunidad**

**Descripción:** Este rubro comprende en brindar charlas informativas de la construcción a ejecutar, rutas alternas y el beneficio que tendrán los habitantes gracias a la implementación de la obra con el fin de evitar oposición al proceso de construcción.

**Unidad:** unidad (U)

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Residente de obra

**Materiales:** Charlas informativas.

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades dadas.

### **3.6 Charlas de mediación con la comunidad**

**Descripción:** Este rubro se ejecuta en el caso de presentarse problemas entre la población y la construcción de la obra, mediante charlas de mediación con la comunidad para llegar a un acuerdo y continuar con la ejecución de obra.

**Unidad:** unidad (U)

**Mano de obra:** Residente de obra

**Materiales:** Mediación con la comunidad.

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades dadas.

### **3.7 Charlas de seguridad y salud ocupacional**

**Descripción:** Este rubro trata acerca de brindar charlas de capacitación en seguridad del personal, tanto en información sobre letreros, uso de los EPPs y del botiquín de primeros auxilios con la finalidad de tomar medidas de seguridad y estar preparados ante cualquier posible accidente laboral.

**Unidad:** unidad (U)

**Mano de obra:** Residente de obra

**Materiales:** Charla de seguridad y salud ocupacional.

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo con las unidades dadas.

### **3.7 Limpieza y cierre de obra**

**Descripción:** Este rubro comprende la finalización de obra, se limpian los escombros del lugar en el que se realizó la construcción y se entrega la obra al cliente.

**Unidad:** unidad (m<sup>2</sup>)

**Equipos:** Herramienta menor 5% M/O

**Mano de obra:** Peón (Estr. Ocup. E2), Albañil (Estr. Ocup. D2), Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)

**Forma de pago:** El rubro se cancelará de acuerdo a las áreas ejecutadas y será pagado en metros cuadrados.

## PRESUPUESTO

### TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE: ROSALES Y VELÁSQUEZ**

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

**PROYECTO: VALORACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO EN LA BÚSQUEDA DE SOLUCIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL LAGO DE INGENIERIAS DE LA ESPOL**

| RUBRO No,              | DESCRIPCIÓN   | UNIDAD         | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL      |
|------------------------|---|----------------|----------|-----------------|-------------------|
| <b>1</b>               | <b>OBRAS PRELIMINARES</b>   |                |          |                 | <b>2 014,79</b>   |
| 1,1                    | Trazado y replanteo   | m <sup>2</sup> | 62,88    | 3,496           | 219,82            |
| 1,2                    | Cerramiento provisional   | m <sup>2</sup> | 573,30   | 1,09            | 625,83            |
| 1,3                    | Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas) / bodega          | m <sup>2</sup> | 2,00     | 104,37          | 208,73            |
| 1,4                    | Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación)                                     | Mes            | 5,00     | 160,00          | 800,00            |
| 1,5                    | Barreras-segur-polietil (t-jersey)  | u              | 12,00    | 13,367          | 160,40            |
| <b>2</b>               | <b>ADECUACIONES Y PERFORACIONES</b>   |                |          |                 | <b>220 254,00</b> |
| 2,1                    | Perforación de 3" en estructura de pavimento  | m              | 126,00   | 7,330           | 923,56            |
| 2,2                    | Perforación de 3" en terraplén  | m              | 3 528,00 | 15,228          | 53 724,56         |
| 2,3                    | Perforación de 3" en roca estratificada silicificada                                    | m              | 1 764,00 | 30,456          | 53 724,45         |
| 2,4                    | Desalojo de material perforado  | m <sup>3</sup> | 51,90    | 1,158           | 60,08             |
| 2,5                    | Inyección de lechada impermeabilizante  | m <sup>3</sup> | 280,00   | 390,370         | 109 303,72        |
| 2,6                    | Relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido                          | m <sup>3</sup> | 65,00    | 34,077          | 2 215,03          |
| 2,7                    | Reposición de estructura de pavimento rígido por perforación f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> | 1,43     | 79,450          | 113,22            |
| 2,8                    | Señalización horizontal de tráfico  | m              | 126,00   | 1,503           | 189,38            |
| <b>3</b>               | <b>MANEJO AMBIENTAL</b>   |                |          |                 | <b>6 217,56</b>   |
| 3,1                    | Control y monitoreo de ruido  | u              | 1,00     | 119,150         | 119,15            |
| 3,2                    | Control y monitoreo de material particulado   | u              | 1,00     | 94,150          | 94,15             |
| 3,3                    | Control y monitoreo de gases  | u              | 1,00     | 106,650         | 106,65            |
| 3,4                    | Cubeto de recolección de fluidos contaminantes  | u              | 2,00     | 175,729         | 351,46            |
| 3,5                    | Socialización de la obra con la comunidad   | u              | 5,00     | 187,722         | 938,61            |
| 3,6                    | Charlas de mediación con la comunidad   | u              | 4,00     | 152,155         | 608,62            |
| 3,7                    | Charla de seguridad y salud ocupacional   | u              | 2,00     | 190,733         | 381,47            |
| 3,8                    | Limpieza y cierre de obra,  | m <sup>2</sup> | 1 595,00 | 2,268           | 3 617,46          |
| <b>COSTO DIRECTO</b>   |   |                |          |                 | <b>228 486,35</b> |
| <b>COSTO INDIRECTO</b> |   |                |          |                 | <b>46 481,71</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>     |   |                |          |                 | <b>274 968,06</b> |

**NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA,**

**PRECIO TOTAL DE LA OFERTA ES DE: USD**

**274 968,06**

**SON: DOSCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS SESENTA Y OCHO, CON 06/100 DÓLARES**

Guayaquil, 7 de septiembre de 2022  
(LUGAR Y FECHA)

|                             |
|-----------------------------|
| Costo directo de la obra    |
| Plazo de ejecución en meses |

|            |
|------------|
| 228 486,35 |
| 5,00       |

### A. GASTOS DE ADMINISTRACION CENTRAL

| A,1    | HONORARIOS SUELDOS Y PRESTACIONES DIRECTIVOS, TECNICOS, PROFESIONALES |     |          |             |          |
|--------|---|-----|----------|-------------|----------|
| Código | Descripción   | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| A,1,1  | Gerente   | MES | 1,00     | 1 600,00    | 1 600,00 |
|        |   |     |          |             | 1 600,00 |

| A,2    | HONORARIOS SUELDOS Y PRESTACIONES PERSONAL ADMINISTRATIVO |     |          |             |          |
|--------|---|-----|----------|-------------|----------|
| Código | Descripción   | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| A,2,1  | Secretaria  | MES | 1,00     | 500,00      | 500,00   |
| A,2,2  | Contador  | MES | 1,00     | 400,00      | 400,00   |
|        |   |     |          |             | 900,00   |

| A,3,1  | DEPRECIACION RENTAS MANTENIMIENTO OFICINAS E INSTALACIONES |     |          |             |          |
|--------|--|-----|----------|-------------|----------|
| Código | Descripción  | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| A,3,1  | Arriendo / hipoteca oficinas                               | MES | 1,00     | 400,00      | 400,00   |
| A,3,2  | Pago de servicios  | MES | 1,00     | 100,00      | 100,00   |
| A,3,3  | Equipos de oficina   | MES | 1,00     | 25,00       | 25,00    |
|        |  |     |          |             | 525,00   |

| A,4    | GASTOS DE OFICINA      |     |          |             |          |
|--------|------------------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código | Descripción            | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| A,4,1  | Suministro de oficina  | MES | 1,00     | 50,00       | 50,00    |
| A,4,2  | Suministro de limpieza | MES | 1,00     | 50,00       | 50,00    |
|        |                        |     |          |             | 100,00   |

| A,7    | SEGUROS       |     |          |             |          |
|--------|---------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código | Descripción   | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| A,7,1  | Seguro Social | MES | 1,00     | 231,50      | 231,50   |
|        |               |     |          |             | 231,50   |

|  |
|--|
| TOTAL (A)                              |
| TOTAL ANUAL                            |
| CAPACIDAD DE EJECUCION DE OBRA POR AÑO |
| MONTO DE EJECUCION EN EL AÑO           |
| COSTO INDIRECTO ADMINISTRACION         |

|              |
|--------------|
| 3 356,50     |
| 16 782,50    |
| 228 486,00   |
| <b>7,35%</b> |

COSTOS DE OPERACIÓN CENTRAL DEL 5% AL 10% DEL COSTO DIRECTO

**B. GASTOS GENERALES Y DE ADMINISTRACION DE OBRA**

| B,1 HONORARIOS SUELDOS Y PRESTACIONES TECNICOS, PROFESIONALES |                       |     |          |             |          |
|---|-----------------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código  | Descripción           | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| B,1,1   | Ingeniero Residente   | MES | 1,00     | 1 200,00    | 1 200,00 |
| B,1,2   | Ayudante de residente | MES | 1,00     | 700,00      | 700,00   |
|   |                       |     |          |             | 1 900,00 |

| B,2 HONORARIOS SUELDOS Y PRESTACIONES PERSONAL ADMINISTRATIVO |             |     |          |             |          |
|---|-------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código  | Descripción | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| B,2,1   | Bodeguero   | MES | 1,00     | 700,00      | 700,00   |
| B,2,2   | Guardia     | MES | 2,00     | 700,00      | 1 400,00 |
|   |             |     |          |             | 2 100,00 |

| B,3 DEPRECIACION RENTAS MANTENIMIENTO OFICINAS E INSTALACIONES |                        |     |          |             |          |
|--|------------------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código   | Descripción            | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| B,3,1  | Suministro de oficina  | MES | 1,00     | 50,00       | 50,00    |
| B,3,2  | Pago de servicios      | MES | 1,00     | 75,00       | 100,00   |
| B,3,3  | Suministro de limpieza | MES | 1,00     | 50,00       | 50,00    |
|  |                        |     |          |             | 200,00   |

| B,4 INSTALACIONES PROVISIONALES |                    |     |          |             |          |
|---------------------------------|--------------------|-----|----------|-------------|----------|
| Código                          | Descripción        | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
| B,4,1                           | Container en campo | MES | 1,00     | 350,00      | 350,00   |
|                                 |                    |     |          |             | 350,00   |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| TOTAL COSTOS DE OBRA (B)              | 4 550,00   |
| PLAZO DE EJECUCION DE LA OBRA (MESES) | 5,00       |
| COSTO TOTAL DE ADMINISTRACION DE OBRA | 22 750,00  |
| COSTO DIRECTO DE LA OBRA              | 569 000,00 |

|  |              |
|--|--------------|
| % DE COSTOS INDIRECTOS DE ADMINISTRACION DE OBRA | <b>4,00%</b> |
|--|--------------|

COSTOS DE ADMINISTRACION DE OBRA DEL 4% AL 12% DEL COSTO DIRECTO

### C. FINANCIAMIENTO

| Código | Descripción    | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
|--------|----------------|-----|----------|-------------|----------|
| C,1    | FINANCIAMIENTO | MES | 1,00     | 2 284,86    | 2 284,86 |
|        |                |     |          |             | 2 284,86 |

% COSTO INDIRECTO DE GASTOS FINANCIEROS

**1,00%**

COSTOS DE FINANCIAMIENTO DEL 1% AL 5% DEL COSTO DIRECTO

### D. IMPREVISTOS

| Código | Descripción | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total |
|--------|-------------|-----|----------|-------------|----------|
|        | IMPREVISTOS | MES | 1,00     | 4 569,73    | 4 569,73 |
|        |             |     |          |             | 4 569,73 |

% COSTO INDIRECTO DE IMPREVISTOS

**2,00%**

COSTOS DE IMPREVISTOS DE OBRA DEL 2% AL 5% DEL COSTO DIRECTO

### E. UTILIDAD

| Código | Descripción | UND | Cantidad | P, Unitario | P, Total  |
|--------|-------------|-----|----------|-------------|-----------|
|        | UTILIDAD    | GLB | 1,00     | 13 709,18   | 13 709,18 |
|        |             |     |          |             | 13 709,18 |

% COSTO INDIRECTO DE UTILIDAD

**6,00%**

UTILIDAD DEL 4% AL 12 % DEL COSTO DIRECTO

**TOTAL COSTOS INDIRECTOS**

**20,34%**

| COSTOS INDIRECTOS                               |               |
|---|---------------|
| A. GASTOS DE ADMINISTRACION CENTRAL             | 7,35%         |
| B. GASTOS GENERALES Y DE ADMINISTRACION DE OBRA | 4,00%         |
| C. FINANCIAMIENTO                               | 1,00%         |
| D. IMPREVISTOS                                  | 2,00%         |
| E. UTILIDAD                                     | 6,00%         |
| <b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>                  | <b>20,34%</b> |

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:**

ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 1 DE 21

**ID RUBRO:** 1,1

**RUBRO:** Trazado y replanteo

**UNIDAD:** m<sup>2</sup>

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,127 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                           |          |           |              |             |                |
|--|----------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>                       | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Herramienta menor 5% M/O                 |          |           |              |             | 0,1387         |
| Equipo Topográfico                       | 1,00     | 3,750     | 3,750        | 0,1272      | 0,4771         |
| SUBTOTAL M                               |          |           |              |             | <b>0,61580</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                      |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>               | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)           | 0,500    | 4,290     | 2,145        | 0,1272      | 0,27292        |
| Topógrafo (En Construcción - Estr.Oc.C1) | 1,000    | 4,290     | 4,290        | 0,1272      | 0,54584        |
| Peón (Estr. Ocup. E2)                    | 3,000    | 3,830     | 11,490       | 0,1272      | 1,46195        |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)                 | 1,000    | 3,870     | 3,870        | 0,1272      | 0,49241        |
| SUBTOTAL N                               |          |           |              |             | <b>2,77312</b> |
| <b>MATERIALES</b>                        |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                       | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                |
| Piola de construcción                    | m        | 3,000     | 0,010        | 0,03000     |                |
| Clavo para concreto                      | kg       | 0,039     | 1,600        | 0,06200     |                |
| Aerosol para marcar                      | L        | 0,002     | 8,600        | 0,01500     |                |
| SUBTOTAL O                               |          |           |              |             | <b>0,10700</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                        |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                       | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|  |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL P                               |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>3,49592</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 0,711          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 4,207          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>4,21</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: ROSALES Y VELÁSQUEZ

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 2 DE 21

ID RUBRO: 1,2

RUBRO: Cerramiento provisional

UNIDAD: m<sup>2</sup>

DETALLE:

RENDIMIENTO

0,042 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                    |                |           |              |             |                |
|-----------------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| DESCRIPCION                       | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                   | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Herramienta menor<br>5% M/O       |                |           |              |             | 0,0184         |
| SUBTOTAL M                        |                |           |              |             | <b>0,01836</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>               |                |           |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN (CATEG)               | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                   | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Peón (Estr. Ocup. E2)             | 1,000          | 3,830     | 3,830        | 0,0419      | 0,16033        |
| Maestro mayor (Estr.<br>Ocup. C1) | 0,250          | 4,290     | 1,073        | 0,0419      | 0,04492        |
| Albañil (Estr. Ocup.<br>D2)       | 1,000          | 3,870     | 3,870        | 0,0419      | 0,16201        |
| SUBTOTAL N                        |                |           |              |             | <b>0,36726</b> |
| <b>MATERIALES</b>                 |                |           |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|                                   |                | A         | B            | C=A*B       |                |
| CAÑA ROLLIZA<br>6MTS              | u              | 0,050     | 1,200        | 0,06000     |                |
| Malla tela verde                  | m <sup>2</sup> | 1,000     | 0,600        | 0,60000     |                |
| CLAVOS 2 1/2"                     | kg             | 0,021     | 2,200        | 0,04600     |                |
| SUBTOTAL O                        |                |           |              |             | <b>0,70600</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                 |                |           |              |             |                |
| DESCRIPCIÓN                       | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                |
|                                   |                | A         | B            | C=A*B       |                |
|                                   |                |           |              |             |                |
| SUBTOTAL P                        |                |           |              |             | <b>0,00000</b> |

|  |        |                |
|--|--------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO<br/>(M+N+O+P)</b> |        | <b>1,09162</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>           | 20,34% | 0,222          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>              |        | 1,314          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                    |        | <b>1,31</b>    |

ESTOS PRECIOS NO  
INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 3 DE 21

**ID RUBRO:** 1,3

**RUBRO:** Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas) / bodega

**UNIDAD:** m<sup>2</sup>

**DETALLE:** RENDIMIENTO 3,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                 |                |           |              |             |                 |
|--------------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>             | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                                | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Herramienta menor 5% M/O       |                |           |              |             | 2,0513          |
| SUBTOTAL M                     |                |           |              |             | <b>2,05125</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>            |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>     | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                                | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Peón (Estr. Ocup. E2)          | 2,000          | 3,830     | 7,660        | 3,0000      | 22,98000        |
| Maestro mayor (Estr. Ocup. C1) | 0,500          | 4,290     | 2,145        | 3,0000      | 6,43500         |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)       | 1,000          | 3,870     | 3,870        | 3,0000      | 11,61000        |
| SUBTOTAL N                     |                |           |              |             | <b>41,02500</b> |
| <b>MATERIALES</b>              |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>             | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                 |
|                                |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
| Tablas                         | u              | 12,000    | 3,200        | 38,40000    |                 |
| Cuartern                       | u              | 3,500     | 3,700        | 12,95000    |                 |
| CLAVOS 2 1/2"                  | kg             | 0,450     | 2,200        | 0,99000     |                 |
| Zinc                           | m <sup>2</sup> | 1,000     | 5,950        | 5,95000     |                 |
| Boquilla                       | u              | 1,000     | 0,600        | 0,60000     |                 |
| FOCO 110W                      | u              | 1,000     | 1,020        | 1,02000     |                 |
| Tomacorriente de 110 voltios   | u              | 2,000     | 0,690        | 1,38000     |                 |
| SUBTOTAL O                     |                |           |              |             | <b>61,29000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>              |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>             | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                 |
|                                |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
|                                |                |           |              |             |                 |
| SUBTOTAL P                     |                |           |              |             | <b>0,00000</b>  |

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>104,36625</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 21,232           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 125,598          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>125,60</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

**ID RUBRO:** 1,4  
**RUBRO:** Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación)  
**DETALLE:**

**HOJA 4 DE 21**  
**UNIDAD:** Mes  
**RENDIMIENTO**

| <b>EQUIPOS</b>   |          |           |              |             |                  |
|--|----------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>   | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
|  |          |           |              |             |                  |
| <b>SUBTOTAL M</b>  |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>   | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
|  |          |           |              |             |                  |
| <b>SUBTOTAL N</b>  |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |
| <b>MATERIALES</b>  |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>   | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                  |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
| Bateria sanitarias portátil (Alquiler 2uni) incluye instalacion y desinstalacion | mes      | 1,000     | 160,000      | 160,00000   |                  |
| <b>SUBTOTAL O</b>  |          |           |              |             | <b>160,00000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>  |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>   | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                  |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
|  |          |           |              |             |                  |
| <b>SUBTOTAL P</b>  |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> | <b>160,00000</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34%<br>32,549 |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          | 192,549          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                | <b>192,55</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:**

ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

**HOJA 5 DE 21**

**ID RUBRO:** 1,5

**RUBRO:** Barreras-segur-polietil (t-jersey)

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,333 h/u

| <b>EQUIPOS</b>   |                |           |              |             |                 |
|--|----------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>   | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|  | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Herramienta menor 5% M/O                                     |                |           |              |             | 0,1277          |
| SUBTOTAL M   |                |           |              |             | <b>0,12767</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>  |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>                                   | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|  | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Peón (Estr. Ocup. E2)  | 2,000          | 3,830     | 7,660        | 0,3333      | 2,55333         |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)                                     | 0,500          | 3,870     | 1,935        | 0,0000      | 0,00000         |
| SUBTOTAL N   |                |           |              |             | <b>2,55333</b>  |
| <b>MATERIALES</b>  |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>   | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                 |
|  |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
| Barrera de seguridad portátil tipo New Jersey de polietileno | u              | 0,050     | 212,000      | 10,60000    |                 |
| Agua   | m <sup>3</sup> | 0,080     | 1,080        | 0,08600     |                 |
| SUBTOTAL O   |                |           |              |             | <b>10,68600</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>  |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>   | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                 |
|  |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
|  |                |           |              |             |                 |
| SUBTOTAL P   |                |           |              |             | <b>0,00000</b>  |

|                                      |        |                 |
|--------------------------------------|--------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |        | <b>13,36700</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% | 2,719           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |        | 16,086          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                |        | <b>16,09</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 6 DE 21

**ID RUBRO:** 2,1

**RUBRO:** Perforación de 3" en estructura de pavimento

**UNIDAD:** m

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,050 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |          |           |              |             |                |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Herramienta menor 5% M/O   |          |           |              |             | 0,0514         |
| Compresor 750 cfm          | 1,00     | 45,000    | 45,000       | 0,0500      | 2,2500         |
| Trackdrill neumático       | 2,00     | 40,000    | 80,000       | 0,0500      | 4,0000         |
| SUBTOTAL M                 |          |           |              |             | <b>6,30142</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 2,000    | 3,830     | 7,660        | 0,0500      | 0,38300        |
| OP. Track drill            | 1,000    | 4,090     | 4,090        | 0,0500      | 0,20450        |
| Ayudante de perforador     | 2,000    | 3,870     | 7,740        | 0,0500      | 0,38700        |
| Residente de obra          | 0,250    | 4,310     | 1,078        | 0,0500      | 0,05390        |
| SUBTOTAL N                 |          |           |              |             | <b>1,02840</b> |
| <b>MATERIALES</b>          |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|                            |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL O                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>          |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|                            |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL P                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>7,32982</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 1,491          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | <b>8,821</b>   |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>8,82</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 7 DE 21

**ID RUBRO:** 2,2

**RUBRO:** Perforación de 3" en terraplén

**UNIDAD:** m

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,143 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |          |           |              |             |                 |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Herramienta menor 5% M/O   |          |           |              |             | 0,1469          |
| Compresor 750 cfm          | 1,00     | 45,000    | 45,000       | 0,1429      | 6,4286          |
| Trackdrill neumático       | 1,00     | 40,000    | 40,000       | 0,1429      | 5,7143          |
| <b>SUBTOTAL M</b>          |          |           |              |             | <b>12,28976</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 2,000    | 3,830     | 7,660        | 0,1429      | 1,09429         |
| OP. Track drill            | 1,000    | 4,090     | 4,090        | 0,1429      | 0,58429         |
| Ayudante de perforador     | 2,000    | 3,870     | 7,740        | 0,1429      | 1,10571         |
| Residente de obra          | 0,250    | 4,310     | 1,078        | 0,1429      | 0,15400         |
| <b>SUBTOTAL N</b>          |          |           |              |             | <b>2,93829</b>  |
| <b>MATERIALES</b>          |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                 |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                 |
|                            |          |           |              |             |                 |
| <b>SUBTOTAL O</b>          |          |           |              |             | <b>0,00000</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>          |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                 |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                 |
|                            |          |           |              |             |                 |
| <b>SUBTOTAL P</b>          |          |           |              |             | <b>0,00000</b>  |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>15,22805</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 3,098           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 18,326          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>18,33</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

**HOJA 8 DE 21**

**ID RUBRO:** 2,3

**RUBRO:** Perforación de 3" en roca estratificada silicificada

**UNIDAD:** m

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,286 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |                 |                  |                     |                    |                 |
|----------------------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | <b>CANTIDAD</b> | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                            | <b>A</b>        | <b>B</b>         | <b>C=A*B</b>        | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
| Herramienta menor 5% M/O   |                 |                  |                     |                    | 0,2938          |
| Compresor 750 cfm          | 1,00            | 45,000           | 45,000              | 0,28571            | 12,8571         |
| Trackdrill neumático       | 1,00            | 40,000           | 40,000              | 0,28571            | 11,4286         |
| <b>SUBTOTAL M</b>          |                 |                  |                     |                    | <b>24,57954</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | <b>CANTIDAD</b> | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                            | <b>A</b>        | <b>B</b>         | <b>C=A*B</b>        | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 2,000           | 3,830            | 7,6600              | 0,2857             | 2,18860         |
| OP. Track drill            | 1,000           | 4,090            | 4,0900              | 0,2857             | 1,16860         |
| Ayudante de perforador     | 2,000           | 3,870            | 7,7400              | 0,2857             | 2,21140         |
| Residente de obra          | 0,250           | 4,310            | 1,0775              | 0,2857             | 0,30790         |
| <b>SUBTOTAL N</b>          |                 |                  |                     |                    | <b>5,87650</b>  |
| <b>MATERIALES</b>          |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                 |
|                            |                 | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                            |                 |                  |                     |                    |                 |
| <b>SUBTOTAL O</b>          |                 |                  |                     |                    | <b>0,00000</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>          |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                 |
|                            |                 | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                            |                 |                  |                     |                    |                 |
| <b>SUBTOTAL P</b>          |                 |                  |                     |                    | <b>0,00000</b>  |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>30,45604</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 6,196           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 36,652          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>36,65</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: ROSALES Y VELÁSQUEZ

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 9 DE 21

ID RUBRO: 2,4

RUBRO: Desalojo de material perforado

UNIDAD: m<sup>3</sup>

DETALLE:

RENDIMIENTO

0,104 h/u

| EQUIPOS  |          |           |              |             |                   |
|--|----------|-----------|--------------|-------------|-------------------|
| DESCRIPCION  | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R             |
| Herramienta menor 5% M/O<br>Volquete de 8 M <sup>3</sup> | 0,125    | 25,000    | 3,125        | 0,1037      | 0,03971<br>0,3240 |
| SUBTOTAL M   |          |           |              |             | <b>0,36368</b>    |
| MANO DE OBRA   |          |           |              |             |                   |
| DESCRIPCIÓN (CATEG)                                      | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R             |
| Peón (Estr. Ocup. E2)                                    | 2,000    | 3,830     | 7,660        | 0,1037      | 0,79410           |
| SUBTOTAL N   |          |           |              |             | <b>0,79410</b>    |
| MATERIALES   |          |           |              |             |                   |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                   |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                   |
| SUBTOTAL O   |          |           |              |             | <b>0,00000</b>    |
| TRANSPORTE   |          |           |              |             |                   |
| DESCRIPCIÓN  | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                   |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                   |
| SUBTOTAL P   |          |           |              |             | <b>0,00000</b>    |

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>1,15778</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 0,236          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | <b>1,394</b>   |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>1,39</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

**ID RUBRO:** 2,5

**HOJA 10 DE 21**

**RUBRO:** Inyección de lechada impermeabilizante

**UNIDAD:** m<sup>3</sup>

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

1,924 h/u

| <b>EQUIPOS</b>              |                |           |              |             |                  |
|-----------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>          | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                             | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Herramienta menor 5% M/O    | 1,00           | 20,000    | 20,000       | 1,92400     | 1,88841          |
| Inyectora de suelos y rocas | 1,00           | 15,000    | 15,000       | 1,92400     | 38,48004         |
| Generador 20KVA             | 1,00           | 15,000    | 15,000       | 1,92400     | 28,86003         |
| Mezcladora manual           | 1,00           | 0,250     | 0,250        | 1,92400     | 0,48100          |
| <b>SUBTOTAL M</b>           |                |           |              |             | <b>69,70948</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>         |                |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>  | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                             | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Peón (Estr. Ocup. E2)       | 4,000          | 3,830     | 15,320       | 1,924       | 29,47571         |
| Residente de obra           | 1,000          | 4,310     | 4,310        | 1,924       | 8,29245          |
| <b>SUBTOTAL N</b>           |                |           |              |             | <b>37,76816</b>  |
| <b>MATERIALES</b>           |                |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>          | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                  |
|                             |                | A         | B            | C=A*B       |                  |
| Cemento tipo I (50 kg)      | Saco           | 29,186    | 7,080        | 206,63688   |                  |
| Agua                        | m <sup>3</sup> | 0,482     | 1,080        | 0,52056     |                  |
| Sikament N100               | Kg             | 17,510    | 1,450        | 25,38950    |                  |
| Intraplast - Z              | Kg             | 43,779    | 1,150        | 50,34585    |                  |
| <b>SUBTOTAL O</b>           |                |           |              |             | <b>282,89279</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>           |                |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>          | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                  |
|                             |                | A         | B            | C=A*B       |                  |
|                             |                |           |              |             |                  |
| <b>SUBTOTAL P</b>           |                |           |              |             | <b>0,00000</b>   |

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> | <b>390,37043</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% 79,414    |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          | 469,784          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                | <b>469,78</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 11 DE 21

**ID RUBRO:** 2,6

**RUBRO:** Relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido

**UNIDAD:** m<sup>3</sup>

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,400 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |                |           |              |             |                 |
|----------------------------|----------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                            | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Herramienta menor 5% M/O   |                |           |              |             | 0,39162         |
| SUBTOTAL M                 |                |           |              |             | <b>0,39162</b>  |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|                            | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 5,000          | 3,830     | 19,150       | 0,4000      | 7,66000         |
| Residente de obra          | 0,100          | 4,310     | 0,431        | 0,4000      | 0,17240         |
| SUBTOTAL N                 |                |           |              |             | <b>7,83240</b>  |
| <b>MATERIALES</b>          |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                 |
|                            |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
| Agua                       | m <sup>3</sup> | 0,530     | 1,080        | 0,57240     |                 |
| Cemento tipo I (50 kg)     | Saco           | 3,200     | 7,080        | 22,65600    |                 |
| Suelo Limo - Arcilloso     | m <sup>3</sup> | 0,750     | 3,500        | 2,62500     |                 |
| SUBTOTAL O                 |                |           |              |             | <b>25,85340</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>          |                |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                 |
|                            |                | A         | B            | C=A*B       |                 |
|                            |                |           |              |             |                 |
| SUBTOTAL P                 |                |           |              |             | <b>0,00000</b>  |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>34,07742</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 6,932           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 41,009          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>41,01</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 12 DE 21

**ID RUBRO:** 2,7

**RUBRO:** Reposición de estructura de pavimento rígido por perforación

**f'c=280 kg/cm<sup>2</sup>**

**UNIDAD:** m<sup>3</sup>

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

0,333 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                          |                |           |              |             |                    |
|---|----------------|-----------|--------------|-------------|--------------------|
| DESCRIPCIÓN                             | CANTIDAD       | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO              |
|   | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R              |
| Herramienta menor 5% M/O<br>Concreteira | 1,00           | 4,800     | 4,800        | 0,33333     | 0,00000<br>1,60000 |
| SUBTOTAL M                              |                |           |              |             | <b>1,60000</b>     |
| <b>MANO DE OBRA</b>                     |                |           |              |             |                    |
| DESCRIPCIÓN (CATEG)                     | CANTIDAD       | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO              |
|   | A              | B         | C=A*B        | R           | D=C*R              |
| Peón (Estr. Ocup. E2)                   | 5,000          | 3,830     | 19,150       | 0,3333      | 6,38333            |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)                | 1,000          | 3,870     | 3,870        | 0,3333      | 1,29000            |
| Maestro mayor (Estr. Ocup. C1)          | 0,500          | 4,290     | 2,145        | 0,3333      | 0,71500            |
| SUBTOTAL N                              |                |           |              |             | <b>8,38833</b>     |
| <b>MATERIALES</b>                       |                |           |              |             |                    |
| DESCRIPCIÓN                             | UNIDAD         | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                    |
|   |                | A         | B            | C=A*B       |                    |
| Cemento tipo I (50 kg)                  | Saco           | 8,250     | 7,080        | 58,41000    |                    |
| Agua                                    | m <sup>3</sup> | 0,650     | 1,080        | 0,70200     |                    |
| Arena Gruesa (incl. Transporte)         | m <sup>3</sup> | 0,950     | 9,000        | 8,55000     |                    |
| Ripio                                   | m <sup>3</sup> | 0,180     | 10,000       | 1,80000     |                    |
| SUBTOTAL O                              |                |           |              |             | <b>69,46200</b>    |
| <b>TRANSPORTE</b>                       |                |           |              |             |                    |
| DESCRIPCIÓN                             | UNIDAD         | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                    |
|   |                | A         | B            | C=A*B       |                    |
| SUBTOTAL P                              |                |           |              |             | <b>0,00000</b>     |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>79,45033</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 16,163          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 95,613          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>95,61</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**  
**HOJA 13 DE 21**

**ID RUBRO:** 2,8  
**RUBRO:** Señalización horizontal de trafico  
**DETALLE:** RENDIMIENTO  
**UNIDAD:** m  
0,009 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |          |           |              |             |                |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Herramienta menor 5% M/O   |          |           |              |             | 0,00014        |
| SUBTOTAL M                 |          |           |              |             | <b>0,00014</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 0,041    | 3,830     | 0,157        | 0,0090      | 0,00141        |
| Pintor (Estr. Ocup. D2)    | 0,041    | 3,870     | 0,159        | 0,0090      | 0,00143        |
| SUBTOTAL N                 |          |           |              |             | <b>0,00284</b> |
| <b>MATERIALES</b>          |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                |
| Pintura de trafico         | gl       | 0,100     | 15,000       | 1,50000     |                |
| SUBTOTAL O                 |          |           |              |             | <b>1,50000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>          |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|                            |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL P                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>1,50298</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 0,306          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 1,809          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>1,81</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA  
Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 14 DE 21

**ID RUBRO:** 3,1

**RUBRO:** Control y monitoreo de ruido

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

5,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |          |           |              |             |                  |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Sonómetro digital          | 0,50     | 40,000    | 20,000       | 5,00000     | 100,0000         |
| SUBTOTAL M                 |          |           |              |             | <b>100,00000</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 1,000    | 3,830     | 3,830        | 5,0000      | 19,15000         |
| SUBTOTAL N                 |          |           |              |             | <b>19,15000</b>  |
| <b>MATERIALES</b>          |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                  |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
|                            |          |           |              |             |                  |
| SUBTOTAL O                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |
| <b>TRANSPORTE</b>          |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                  |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
|                            |          |           |              |             |                  |
| SUBTOTAL P                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>119,15000</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 24,239           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 143,389          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>143,39</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

**HOJA 15 DE 21**

**ID RUBRO:** 3,2

**RUBRO:** Control y monitoreo de material particulado

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

5,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                      |                 |                  |                     |                    |                 |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>                  | <b>CANTIDAD</b> | <b>TARIFA</b>    | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                                     | <b>A</b>        | <b>B</b>         | <b>C=A*B</b>        | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
| EQUIPO/MUESTREO, MONITOREO/ANÁLISIS | 0,50            | 30,000           | 15,000              | 5,00000            | 75,0000         |
| SUBTOTAL M                          |                 |                  |                     |                    | <b>75,00000</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                 |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>          | <b>CANTIDAD</b> | <b>JORNAL/HR</b> | <b>COSTO HORA</b>   | <b>RENDIMIENTO</b> | <b>COSTO</b>    |
|                                     | <b>A</b>        | <b>B</b>         | <b>C=A*B</b>        | <b>R</b>           | <b>D=C*R</b>    |
| Peón (Estr. Ocup. E2)               | 1,000           | 3,830            | 3,830               | 5,0000             | 19,15000        |
| SUBTOTAL N                          |                 |                  |                     |                    | <b>19,15000</b> |
| <b>MATERIALES</b>                   |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                  | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>PRECIO UNIT.</b> | <b>COSTO</b>       |                 |
|                                     |                 | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                                     |                 |                  |                     |                    |                 |
| SUBTOTAL O                          |                 |                  |                     |                    | <b>0,00000</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                   |                 |                  |                     |                    |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                  | <b>UNIDAD</b>   | <b>CANTIDAD</b>  | <b>TARIFA</b>       | <b>COSTO</b>       |                 |
|                                     |                 | <b>A</b>         | <b>B</b>            | <b>C=A*B</b>       |                 |
|                                     |                 |                  |                     |                    |                 |
| SUBTOTAL P                          |                 |                  |                     |                    | <b>0,00000</b>  |

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>94,15000</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 19,153          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 113,303         |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>113,30</b>   |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**  
**HOJA 16 DE 21**

**ID RUBRO:** 3,3

**RUBRO:** Control y monitoreo de gases

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

5,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                                   |          |           |              |             |                 |
|--|----------|-----------|--------------|-------------|-----------------|
| <u>DESCRIPCION</u>                               | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| EQUIPO/MUESTREO,<br>MONITOREO/ANÁLISIS/<br>GASES | 0,50     | 35,000    | 17,500       | 5,00000     | 87,5000         |
| SUBTOTAL M                                       |          |           |              |             | <b>87,50000</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>                              |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>                       | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO           |
|  | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R           |
| Peón (Estr. Ocup. E2)                            | 1,000    | 3,830     | 3,830        | 5,0000      | 19,15000        |
| SUBTOTAL N                                       |          |           |              |             | <b>19,15000</b> |
| <b>MATERIALES</b>                                |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                               | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                 |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                 |
|  |          |           |              |             |                 |
| SUBTOTAL O                                       |          |           |              |             | <b>0,00000</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                                |          |           |              |             |                 |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                               | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                 |
|  |          | A         | B            | C=A*B       |                 |
|  |          |           |              |             |                 |
| SUBTOTAL P                                       |          |           |              |             | <b>0,00000</b>  |

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> | <b>106,65000</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% 21,696    |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          | 128,346          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                | <b>128,35</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 17 DE 21

**ID RUBRO:** 3,4

**RUBRO:** Cubeto de recolección de fluidos contaminantes

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

3,450 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                                  |          |                |              |             |                   |
|---|----------|----------------|--------------|-------------|-------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>                              | CANTIDAD | TARIFA         | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |
|   | A        | B              | C=A*B        | R           | D=C*R             |
| Herramienta menor 5% M/O<br>Bomba de agua de 3" | 0,50     | 0,050<br>3,160 | 1,580        | 3,45000     | 0,00000<br>5,4510 |
| SUBTOTAL M                                      |          |                |              |             | <b>5,45100</b>    |
| <b>MANO DE OBRA</b>                             |          |                |              |             |                   |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>                      | CANTIDAD | JORNAL/HR      | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO             |
|   | A        | B              | C=A*B        | R           | D=C*R             |
| Peón (Estr. Ocup. E2)                           | 2,000    | 3,830          | 7,660        | 3,4500      | 26,42700          |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)                        | 0,500    | 3,870          | 1,935        | 3,4500      | 6,67575           |
| SUBTOTAL N                                      |          |                |              |             | <b>33,10275</b>   |
| <b>MATERIALES</b>                               |          |                |              |             |                   |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                              | UNIDAD   | CANTIDAD       | PRECIO UNIT. | COSTO       |                   |
|   |          | A              | B            | C=A*B       |                   |
| Tanque cónico 1000L                             | u        | 0,750          | 182,900      | 137,17500   |                   |
| SUBTOTAL O                                      |          |                |              |             | <b>137,17500</b>  |
| <b>TRANSPORTE</b>                               |          |                |              |             |                   |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                              | UNIDAD   | CANTIDAD       | TARIFA       | COSTO       |                   |
|   |          | A              | B            | C=A*B       |                   |
|   |          |                |              |             |                   |
| SUBTOTAL P                                      |          |                |              |             | <b>0,00000</b>    |

|                                      |        |                  |
|--------------------------------------|--------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |        | <b>175,72875</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% | 35,749           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |        | 211,478          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                |        | <b>211,48</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

### DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

**ID RUBRO:** 3,5

**HOJA 18 DE 21**

**RUBRO:** Socialización de la obra con la comunidad

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

1,500 h/u

| <b>EQUIPOS</b>             |          |           |              |             |                  |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>         | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| SUBTOTAL M                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>        |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u> | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Peón (Estr. Ocup. E2)      | 0,500    | 3,830     | 1,915        | 1,5000      | 2,87250          |
| Residente de obra          | 0,750    | 4,310     | 3,233        | 1,5000      | 4,84950          |
| SUBTOTAL N                 |          |           |              |             | <b>7,72200</b>   |
| <b>MATERIALES</b>          |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                  |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
| Charlas informativas       | u        | 1,000     | 180,000      | 180,00000   |                  |
| SUBTOTAL O                 |          |           |              |             | <b>180,00000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>          |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>         | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                  |
|                            |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
| SUBTOTAL P                 |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |

|                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>  | <b>187,72200</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b> 20,34% | 38,189           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>           | 225,911          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                 | <b>225,91</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE: ROSALES Y VELÁSQUEZ

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN

HOJA 19 DE 21

ID RUBRO: 3,6

RUBRO: Charlas de mediación con la comunidad

UNIDAD: u

DETALLE:

RENDIMIENTO

1,000 h/u

| EQUIPOS                    |          |           |              |                  |                |
|----------------------------|----------|-----------|--------------|------------------|----------------|
| DESCRIPCION                | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO      | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R                | D=C*R          |
|                            |          |           |              |                  |                |
| SUBTOTAL M                 |          |           |              |                  | <b>0,00000</b> |
| MANO DE OBRA               |          |           |              |                  |                |
| DESCRIPCIÓN (CATEG)        | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO      | COSTO          |
|                            | A        | B         | C=A*B        | R                | D=C*R          |
| Residente de obra          | 0,500    | 4,310     | 2,155        | 1,0000           | 2,15500        |
| SUBTOTAL N                 |          |           |              |                  | <b>2,15500</b> |
| MATERIALES                 |          |           |              |                  |                |
| DESCRIPCIÓN                | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO            |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B            |                |
| Mediación con la comunidad | u        | 0,750     | 200,000      | 150,00000        |                |
| SUBTOTAL O                 |          |           |              | <b>150,00000</b> |                |
| TRANSPORTE                 |          |           |              |                  |                |
| DESCRIPCIÓN                | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO            |                |
|                            |          | A         | B            | C=A*B            |                |
|                            |          |           |              |                  |                |
| SUBTOTAL P                 |          |           |              | <b>0,00000</b>   |                |

|                                      |        |                  |
|--------------------------------------|--------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |        | <b>152,15500</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% | 30,953           |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |        | 183,108          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                |        | <b>183,11</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**  
**HOJA 20 DE 21**

**ID RUBRO:** 3,7

**RUBRO:** Charla de seguridad y salud ocupacional

**UNIDAD:** u

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

1,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                          |          |           |              |             |                  |
|---|----------|-----------|--------------|-------------|------------------|
| <u>DESCRIPCION</u>                      | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|   | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| SUBTOTAL M                              |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |
| <b>MANO DE OBRA</b>                     |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>              | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO            |
|   | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R            |
| Residente de obra                       | 0,750    | 4,310     | 3,233        | 1,0000      | 3,23300          |
| SUBTOTAL N                              |          |           |              |             | <b>3,23300</b>   |
| <b>MATERIALES</b>                       |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                      | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                  |
|   |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
| Charla de seguridad y salud ocupacional | u        | 0,750     | 250,000      | 187,50000   |                  |
| SUBTOTAL O                              |          |           |              |             | <b>187,50000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>                       |          |           |              |             |                  |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>                      | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                  |
|   |          | A         | B            | C=A*B       |                  |
| SUBTOTAL P                              |          |           |              |             | <b>0,00000</b>   |

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> | <b>190,73300</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% 38,801    |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          | 229,534          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                | <b>229,53</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

**NOMBRE DEL OFERENTE:** ROSALES Y VELÁSQUEZ

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

HOJA 21 DE 21

**ID RUBRO:** 3,8

**RUBRO:** Limpieza y cierre de obra.

**UNIDAD:** m<sup>2</sup>

**DETALLE:**

**RENDIMIENTO**

1,000 h/u

| <b>EQUIPOS</b>                 |          |           |              |             |                |
|--------------------------------|----------|-----------|--------------|-------------|----------------|
| <u>DESCRIPCIÓN</u>             | CANTIDAD | TARIFA    | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Herramienta menor 5% M/O       |          | 0,050     |              |             | 0,10800        |
| SUBTOTAL M                     |          |           |              |             | <b>0,10800</b> |
| <b>MANO DE OBRA</b>            |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN (CATEG)</u>     | CANTIDAD | JORNAL/HR | COSTO HORA   | RENDIMIENTO | COSTO          |
|                                | A        | B         | C=A*B        | R           | D=C*R          |
| Peón (Estr. Ocup. E2)          | 0,500    | 3,830     | 1,915        | 1,0000      | 1,91500        |
| Albañil (Estr. Ocup. D2)       | 0,030    | 3,870     | 0,116        | 1,0000      | 0,11600        |
| Maestro mayor (Estr. Ocup. C1) | 0,030    | 4,290     | 0,129        | 1,0000      | 0,12900        |
| SUBTOTAL N                     |          |           |              |             | <b>2,16000</b> |
| <b>MATERIALES</b>              |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>             | UNIDAD   | CANTIDAD  | PRECIO UNIT. | COSTO       |                |
|                                |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|                                |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL O                     |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |
| <b>TRANSPORTE</b>              |          |           |              |             |                |
| <u>DESCRIPCIÓN</u>             | UNIDAD   | CANTIDAD  | TARIFA       | COSTO       |                |
|                                |          | A         | B            | C=A*B       |                |
|                                |          |           |              |             |                |
| SUBTOTAL P                     |          |           |              |             | <b>0,00000</b> |

|                                      |        |                |
|--------------------------------------|--------|----------------|
| <b>TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b> |        | <b>2,26800</b> |
| <b>INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>       | 20,34% | 0,461          |
| <b>COSTO TOTAL DE RUBRO</b>          |        | 2,729          |
| <b>VALOR OFERTADO</b>                |        | <b>2,73</b>    |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Guayaquil, 7 de Septiembre de 2022

## Estructura de desglose de trabajo (EDT)

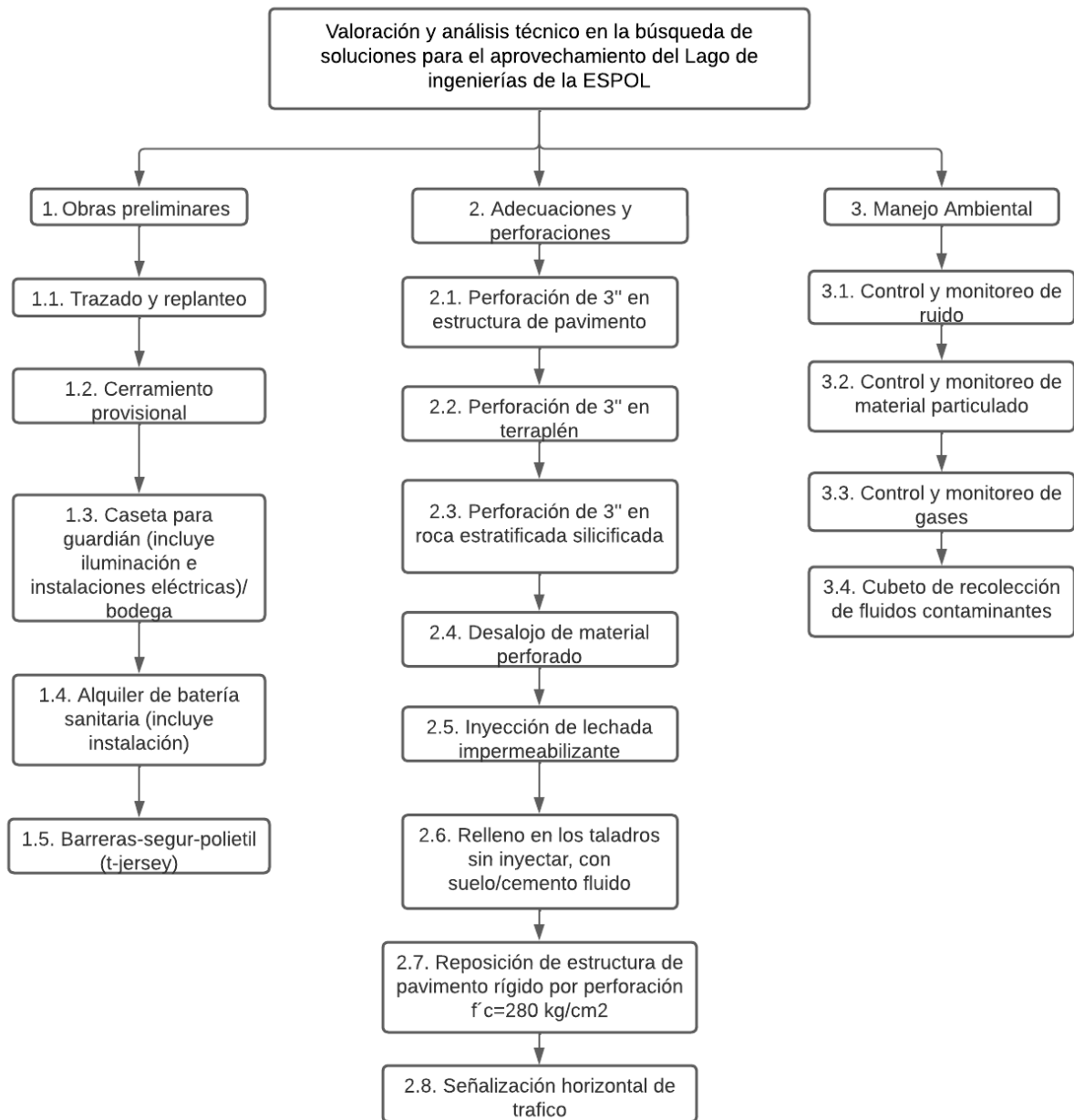


Figura 6.1 Estructura de desglose de trabajo.

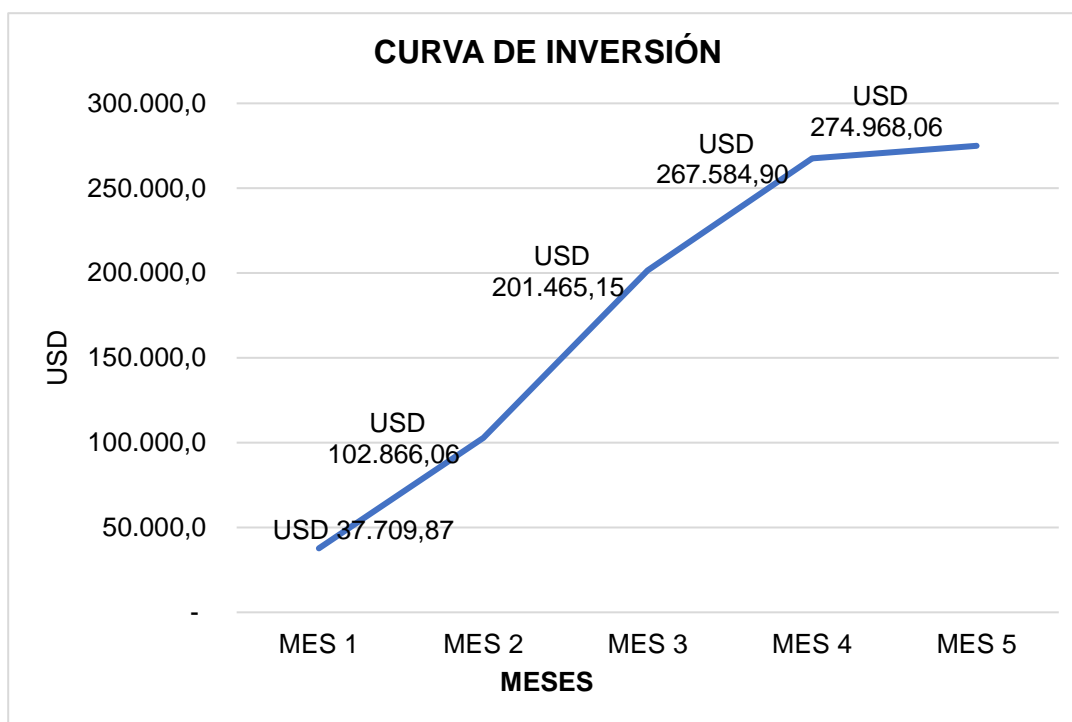
### CRONOGRAMA DE TRABAJO VALORADO

| Determinación del costo de la solución de inyecciones de impermeabilización |   |          |                 |              | Tiempo en Meses |            |            |            |            |
|---|---|----------|-----------------|--------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|
|   | Rubro   | Cantidad | Precio unitario | Precio total | 1               | 2          | 3          | 4          | 5          |
| <b>1</b>  | <b>Obras preliminares</b>   |          |                 |              |                 |            |            |            |            |
| 1,1   | Trazado y replanteo   | 62,88    | 4,21            | 264,54       | 264,54          |            |            |            |            |
| 1,2   | Cerramiento provisional   | 573,30   | 1,31            | 753,14       | 753,14          |            |            |            |            |
| 1,3   | Caseta para guardián (incluye iluminación e instalaciones eléctricas) /bodega           | 2,00     | 125,60          | 251,20       | 251,20          |            |            |            |            |
| 1,4   | Alquiler de batería sanitaria (incluye instalación)                                     | 5,00     | 192,55          | 962,75       | 962,75          |            |            |            |            |
| 1,5   | Barreras-segur-polietil (t-jersey)  | 12,00    | 16,09           | 193,04       | 193,04          |            |            |            |            |
| <b>2</b>  | <b>Adecuaciones y perforaciones</b>   |          |                 |              |                 |            |            |            |            |
| 2,1   | Perforación de 3" en estructura de pavimento  | 126,00   | 8,82            | 1111,44      | 1111,44         |            |            |            |            |
| 2,2   | Perforación de 3" en terraplén  | 3.528,00 | 18,33           | 64653,92     | 32326,96        | 32326,96   |            |            |            |
| 2,3   | Perforación de 3" en roca estratificada silicificada                                    | 1.764,00 | 36,65           | 64653,79     |                 | 32326,90   | 32326,90   |            |            |
| 2,4   | Desalojo de material perforado  | 51,90    | 1,39            | 72,31        | 24,10           | 24,10      | 24,10      |            |            |
| 2,5   | Inyección de lechada impermeabilizante  | 280,00   | 469,78          | 131539,73    |                 |            | 65769,86   | 65769,86   |            |
| 2,6   | Relleno en los taladros sin inyectar, con suelo/cemento fluido                          | 65,00    | 41,01           | 2665,64      |                 |            |            |            | 2665,64    |
| 2,7   | Reposición de estructura de pavimento rígido por perforación f'c=280 kg/cm <sup>2</sup> | 1,43     | 95,61           | 136,25       |                 |            |            |            | 136,25     |
| 2,8   | Señalización horizontal de trafico  | 126,00   | 1,81            | 227,90       |                 |            |            |            | 227,90     |
| <b>3</b>  | <b>Manejo ambiental</b>   |          |                 |              |                 |            |            |            |            |
| 3,1   | Control y monitoreo de ruido  | 1,00     | 143,39          | 143,39       | 47,80           | 47,80      | 47,80      |            |            |
| 3,2   | Control y monitoreo de material particulado   | 1,00     | 113,30          | 113,30       | 37,77           | 37,77      | 37,77      |            |            |
| 3,3   | Control y monitoreo de gases  | 1,00     | 128,35          | 128,35       | 42,78           | 42,78      | 42,78      |            |            |
| 3,4   | Cubeto de recolección de fluidos contaminantes  | 2,00     | 211,48          | 422,96       | 105,74          | 105,74     | 105,74     | 105,74     |            |
| 3,5   | Socialización de la obra con la comunidad   | 5,00     | 225,91          | 1129,55      | 1129,55         |            |            |            |            |
| 3,6   | Charlas de mediación con la comunidad   | 4,00     | 183,11          | 732,43       |                 | 244,14     | 244,14     | 244,14     |            |
| 3,7   | Charla de seguridad y salud ocupacional   | 2,00     | 229,53          | 459,07       | 459,07          |            |            |            |            |
| 3,8   | Limpieza y cierre de obra.  | 1.595,00 | 2,73            | 4353,37      |                 |            |            |            | 4353,37    |
| 274968,06   |   |          |                 |              |                 |            |            |            |            |
| <b>Inversión mensual</b>  |   |          |                 |              | 37709,870       | 65156,188  | 98599,091  | 66119,747  | 7383,164   |
| <b>Avance parcial en %</b>  |   |          |                 |              | 13,71%          | 23,70%     | 35,86%     | 24,05%     | 2,69%      |
| <b>Inversión acumulada</b>  |   |          |                 |              | 37709,870       | 102866,058 | 201465,150 | 267584,896 | 274968,061 |
| <b>Avance acumulado en %</b>  |   |          |                 |              | 13,71%          | 37,41%     | 73,27%     | 97,31%     | 100,00%    |

## CURVA DE INVERSIÓN

**PROYECTO VALORACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO EN LA BÚSQUEDA DE SOLUCIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL LAGO DE INGENIERIAS DE LA ESPOL**

**DETERMINACIÓN DEL COSTO DE LA SOLUCIÓN DE INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**



| MESES | AVANCE PROGRAMADO | AVANCE ACUMULADO | PORCENTAJE |
|-------|-------------------|------------------|------------|
| MES 1 | 37709,87041       | USD 37.709,87    | 13,71%     |
| MES 2 | 65156,18807       | USD 102.866,06   | 37,41%     |
| MES 3 | 98599,09132       | USD 201.465,15   | 73,27%     |
| MES 4 | 66119,74655       | USD 267.584,90   | 97,31%     |
| MES 5 | 7383,16438        | USD 274.968,06   | 100,00%    |

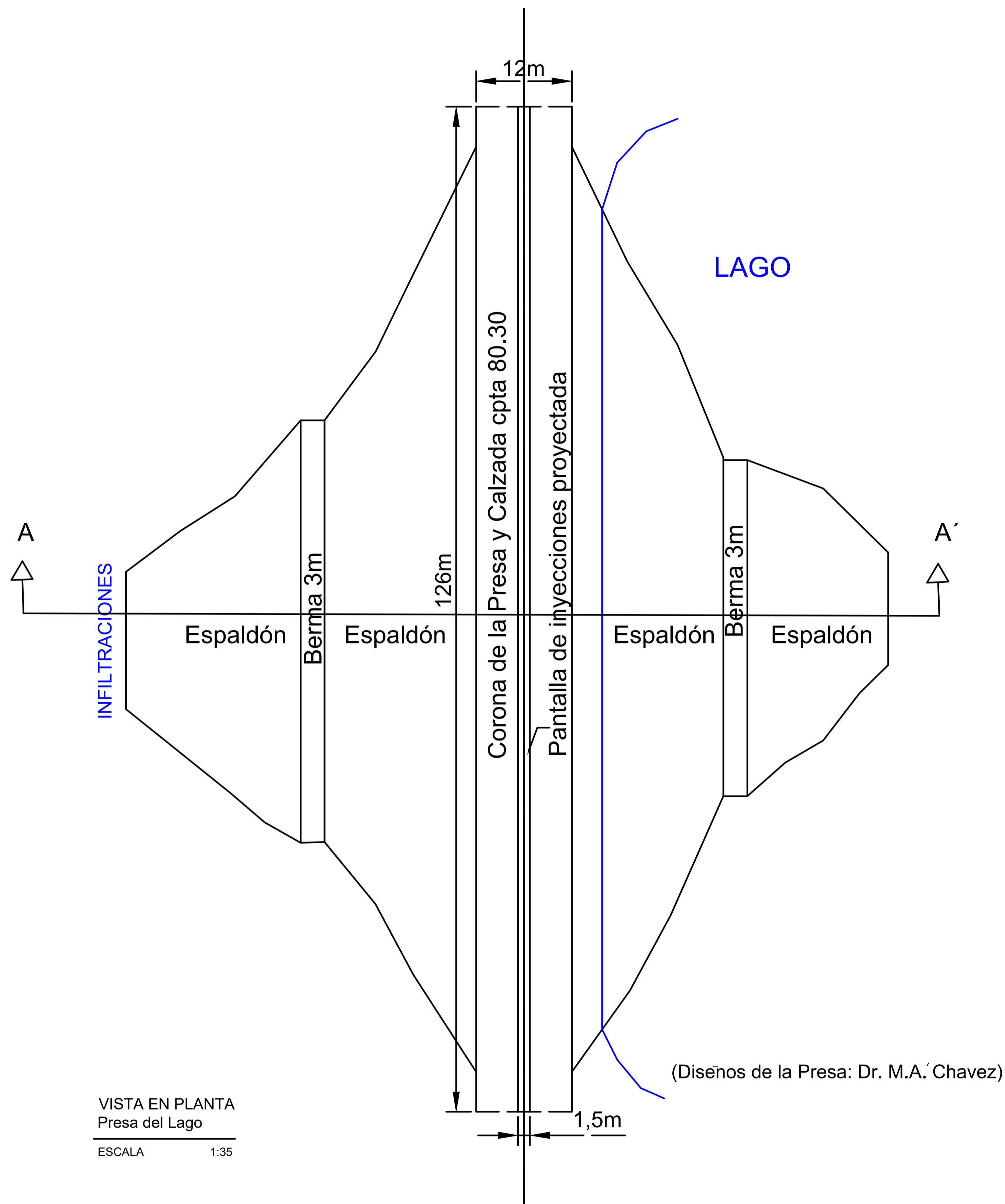
# **ANEXO C**

Planos solución seleccionada, Diseño de PTAP a nivel de prefactibilidad.

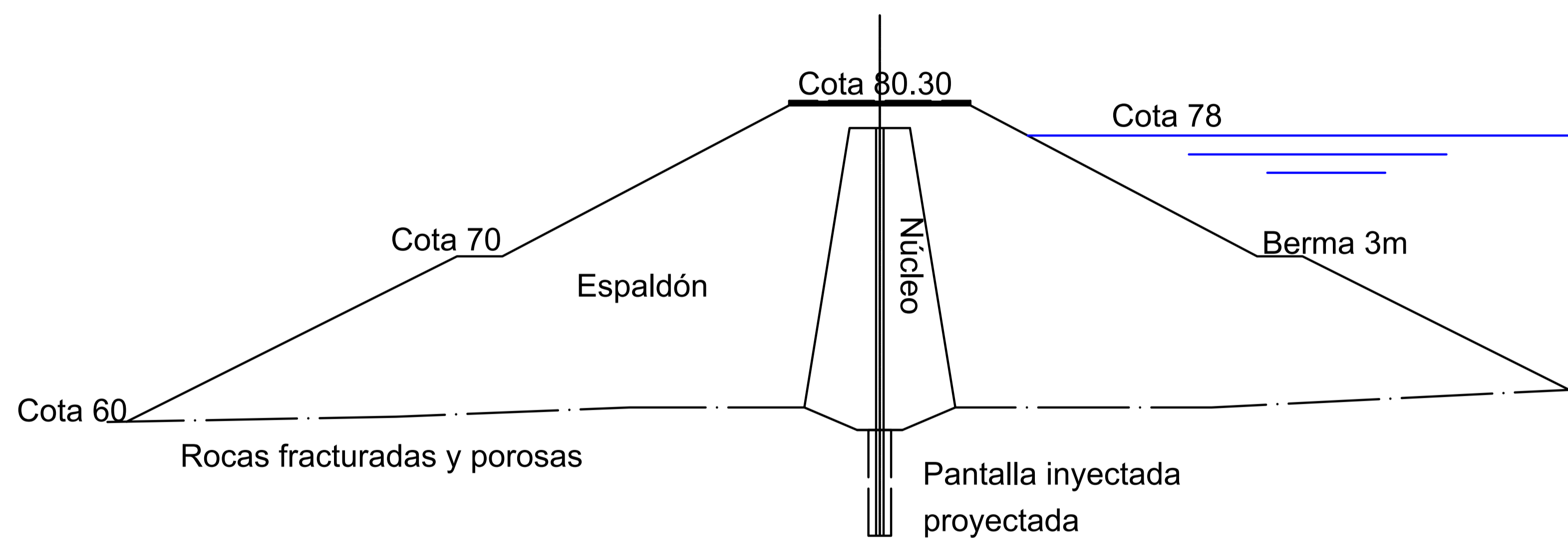




**Provincia:** Guayas  
**Ciudad:** Guayaquil  
**Lugar del Proyecto:** Campus Gustavo Galindo Km 30.5 de la vía perimetral



VISTA EN PLANTA  
 Presa del Lago  
 ESCALA 1:35

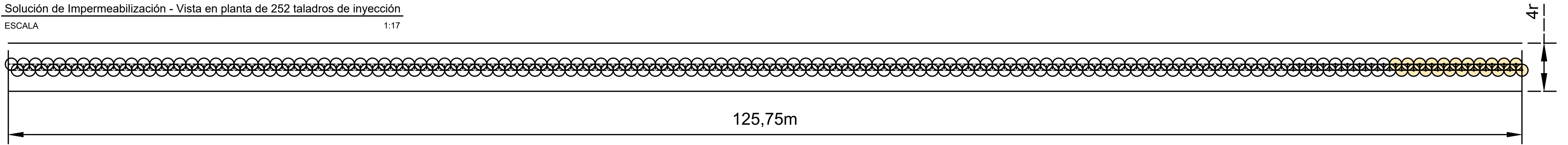


CORTE A-A: PERFIL TÍPICO DE LA PRESA  
 ESCALA 1:25

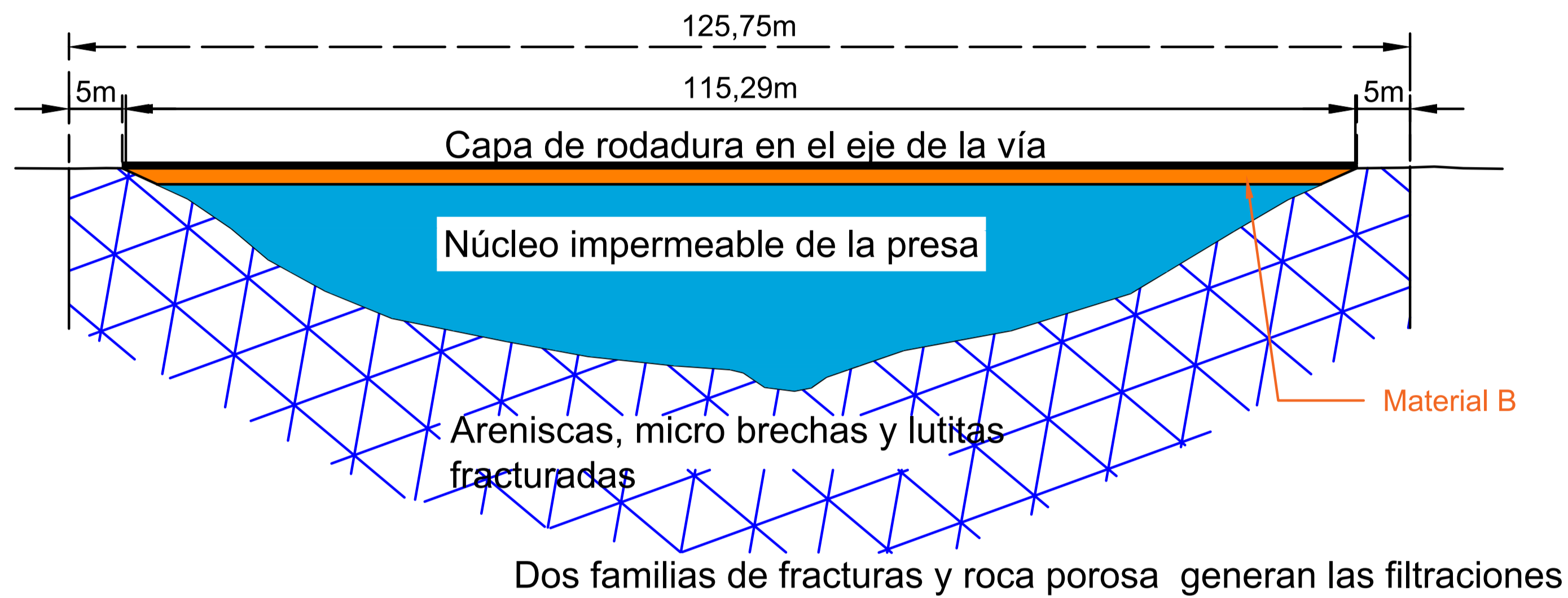
(Diseños de la Presa: Dr. M.A. Chávez)

|   |   |   |                    |
|---|---|---|--------------------|
| <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL</b>   |   |   |                    |
| FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA   |   |   |                    |
| PROYECTO:   |   |   |                    |
| <b>"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"</b> |   |   |                    |
| CONTENIDO:  |   |   |                    |
| <b>Planta y perfil típico de la presa</b>   |   |   |                    |
| Coordinador de Materia Integradora:   | Tutores de Conocimientos Específicos:         | Estudiantes:                                    | Fecha de Entrega:  |
| PhD. Velastegui Andres  | - PhD. Merchán Bethy<br>- Ing. Cabrera Rafael | - Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | 07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:  |   | Lámina:   | Escala:            |
| PhD. Chávez Miguel  |   | E 1/6   | Indicadas          |

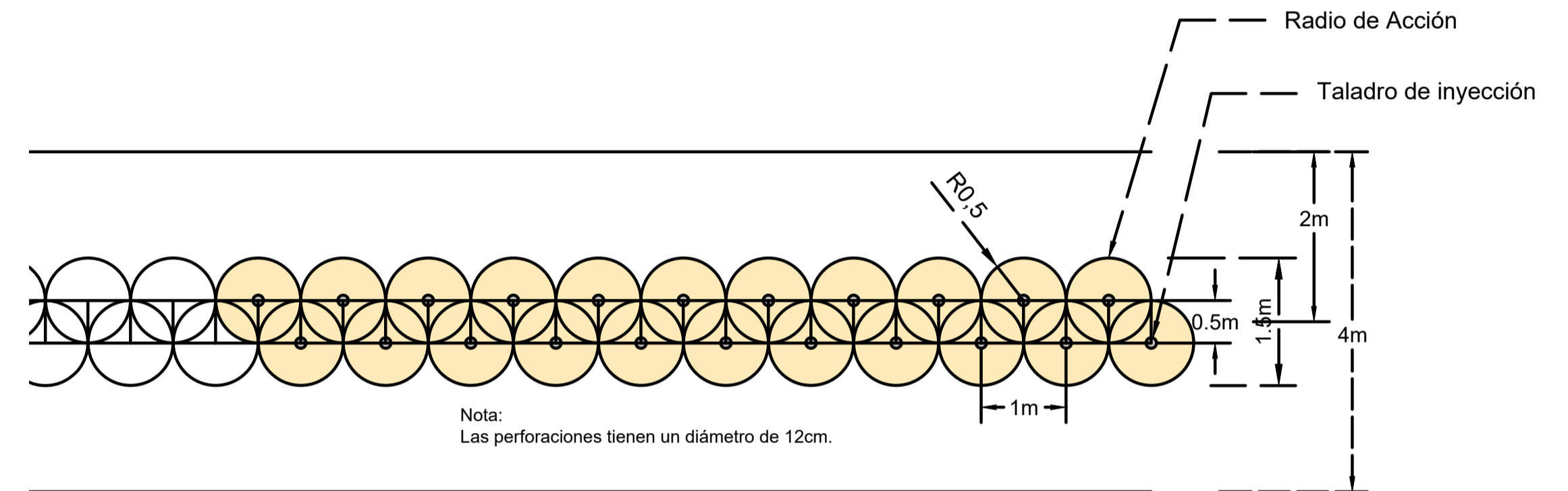
VISTA EN PLANTA PERFORACIONES DE INYECCIÓN  
 Solución de Impermeabilización - Vista en planta de 252 taladros de inyección  
 ESCALA 1:17



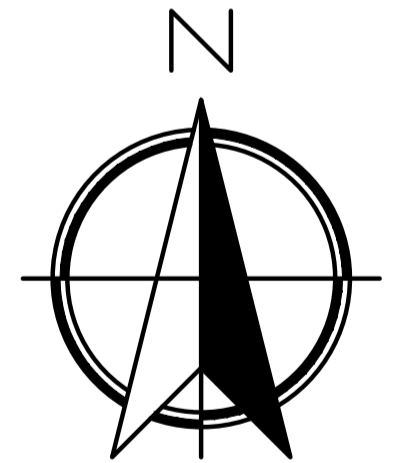
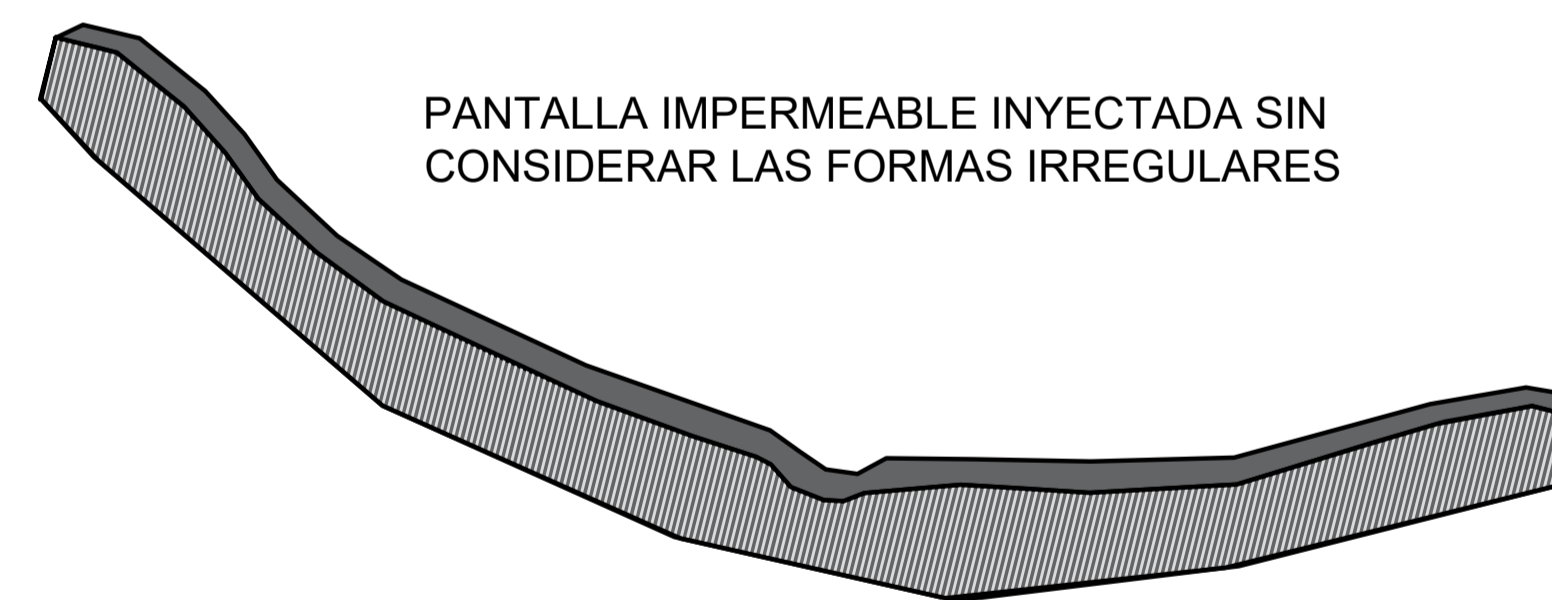
PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA Y CIMENTACIÓN  
 ESCALA 1:40



VISTA EN PLANTA  
 Detalles de los taladros y radio de acción de las inyecciones  
 ESCALA 1:6

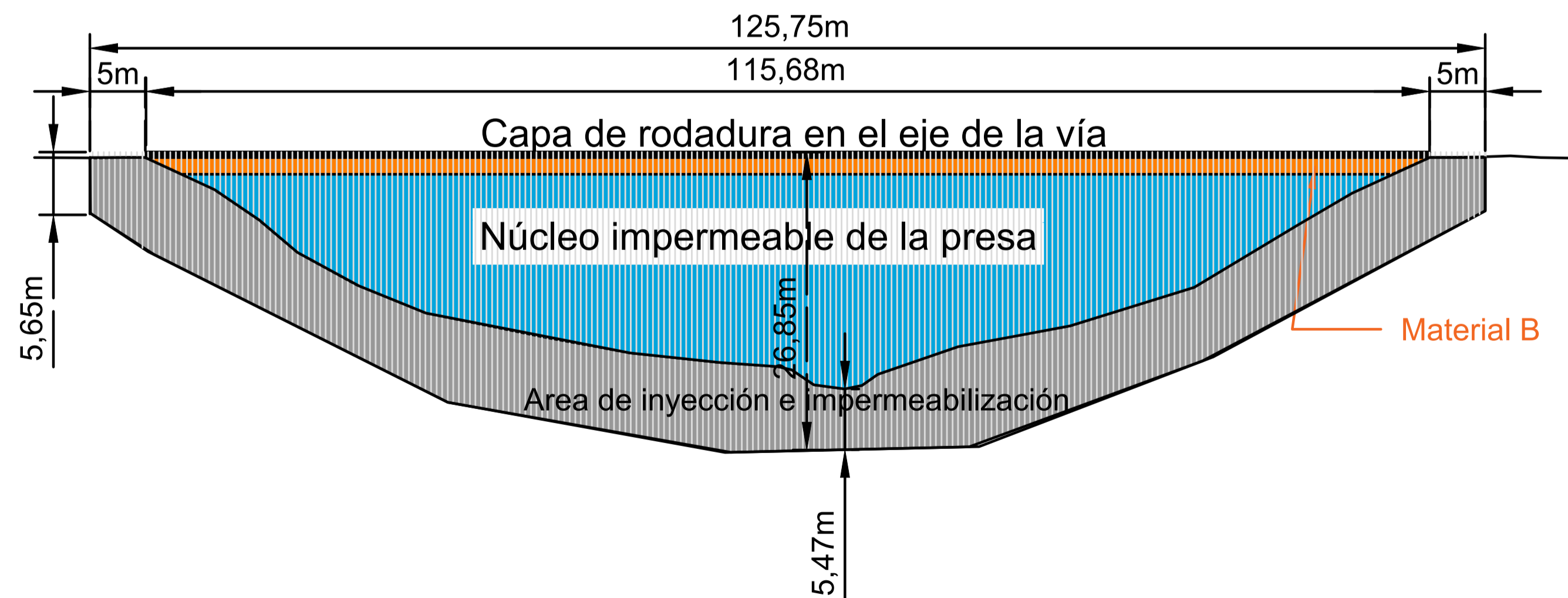


VISTA ISOMÉTRICA  
 Pantalla Impermeable Inyectada  
 ESCALA 1:60



Provincia: Guayas  
 Ciudad: Guayaquil  
 Lugar del Proyecto: Campus Gustavo Galindo Km 30.5 de la vía perimetral

PERFIL LONGITUDINAL DE LA PRESA Y CIMENTACIÓN  
 Solución de Impermeabilización  
 ESCALA 1:40



**DETALLES DEL PROYECTO**

Perforación en roca dura 1780 m  
 Perforación en suelo bien compactado desde la calzada 3530 m  
 Perforación del pavimento 126 m  
 Área frontal de inyecciones 933 m<sup>2</sup>  
 Volumen inyectado, radio de acción 0.5m, 1400 m<sup>3</sup>  
 Volumen de lechada para llenar tramos de taladro sin inyectar= 65m<sup>3</sup>

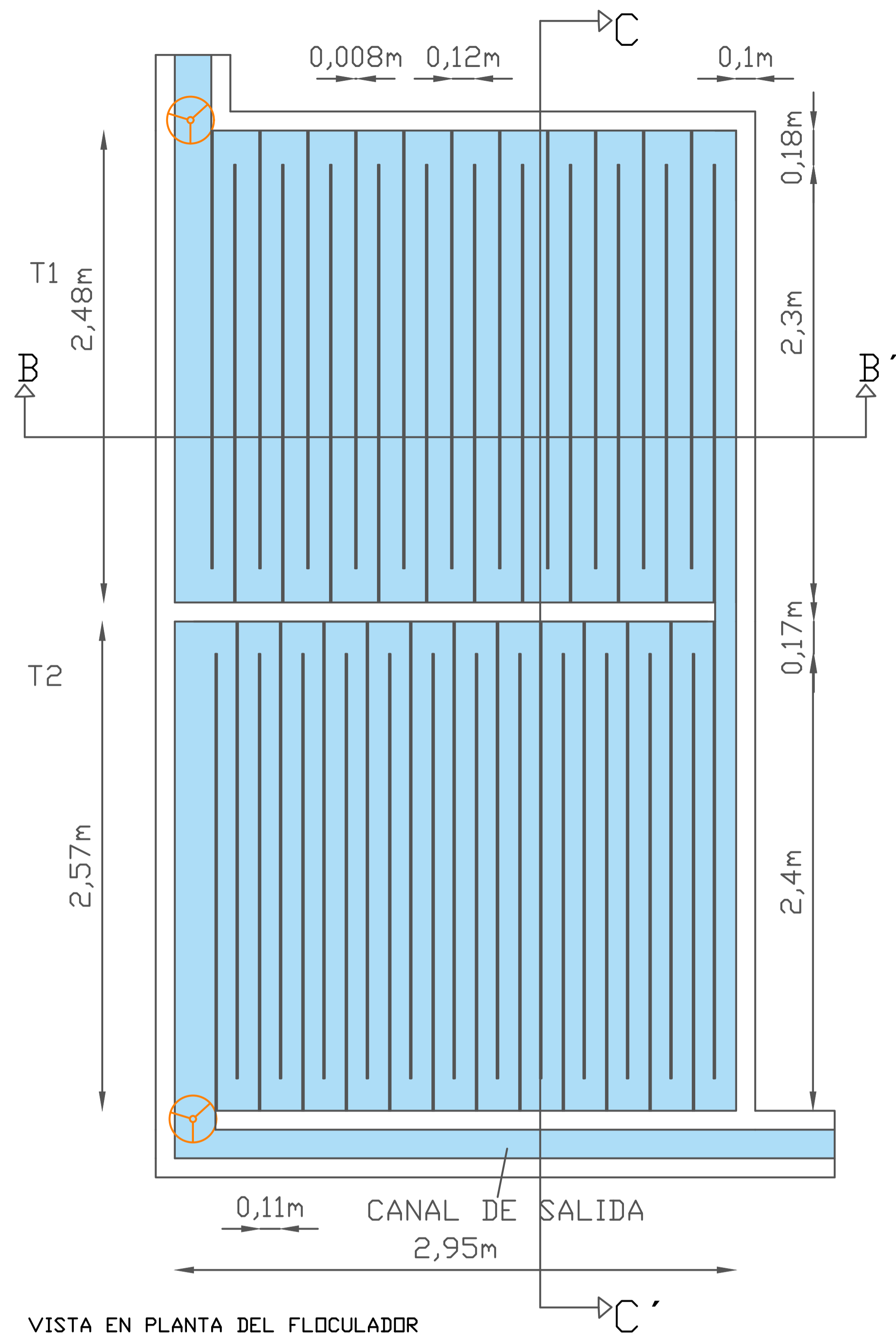
(Información técnica proporcionada por el Dr. M.A. Chavez)

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
 FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
**"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"**

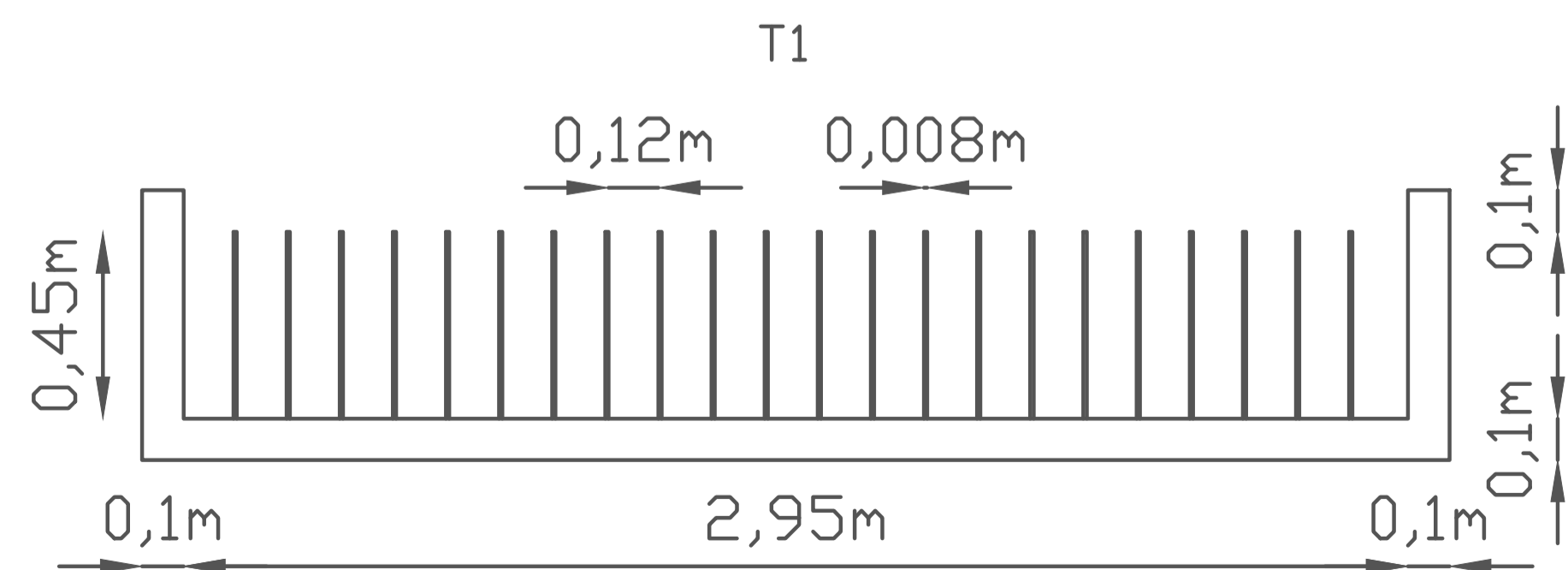
CONTENIDO:  
**Perfil longitudinal de la Presa y la solución de inyecciones**

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Coordinador de Materia Integradora:<br>PhD. Velastegui Andres | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- PhD. Merchán Bethy<br>- Ing. Cabrera Rafael | Estudiantes:<br>- Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | Fecha de Entrega:<br>07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>PhD. Chávez Miguel          |  | Lámina:<br>E 2/6  | Escala:<br>INDICADAS                    |



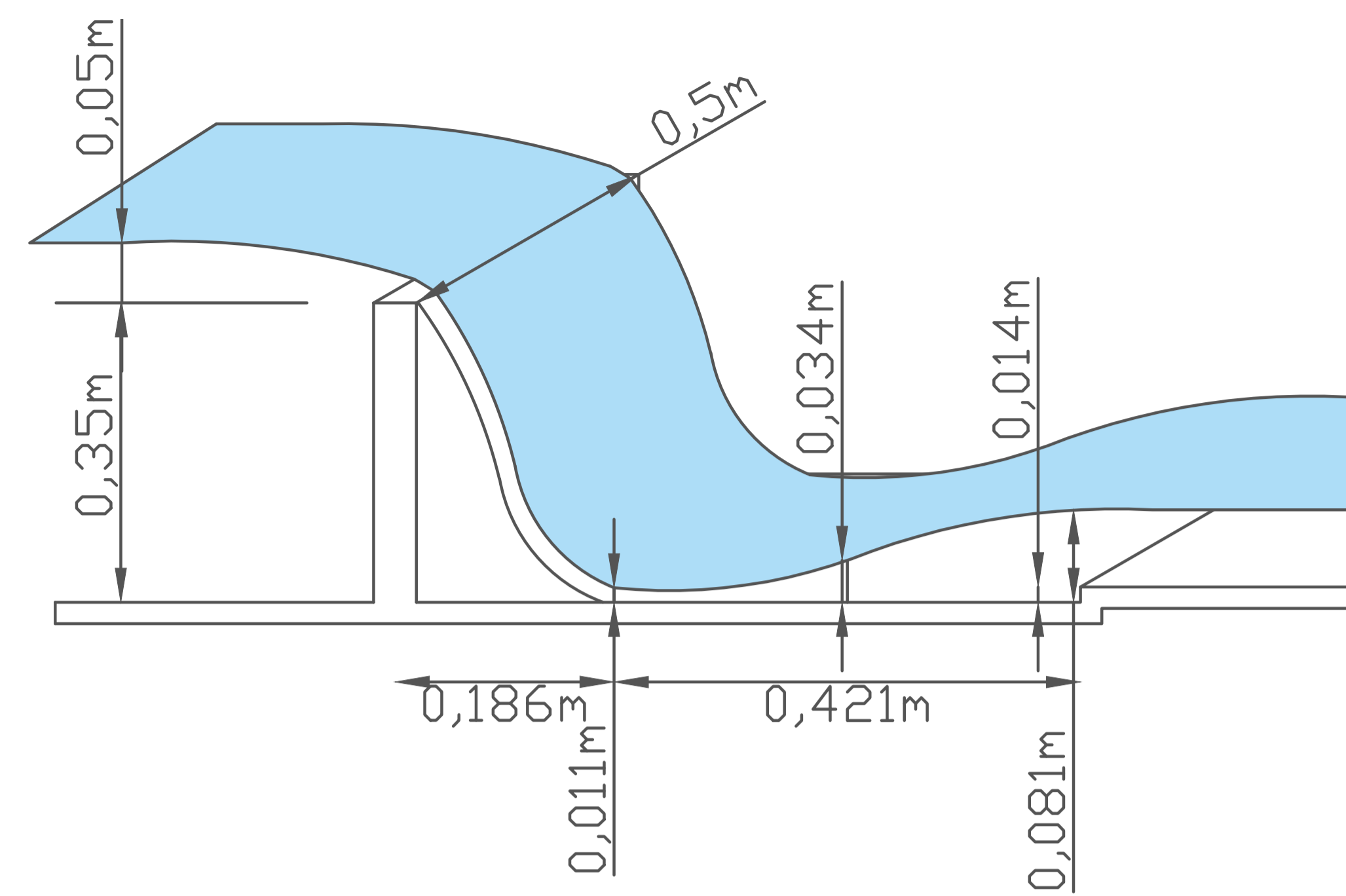
VISTA EN PLANTA DEL FLOCULADOR

ESCALA 10/10



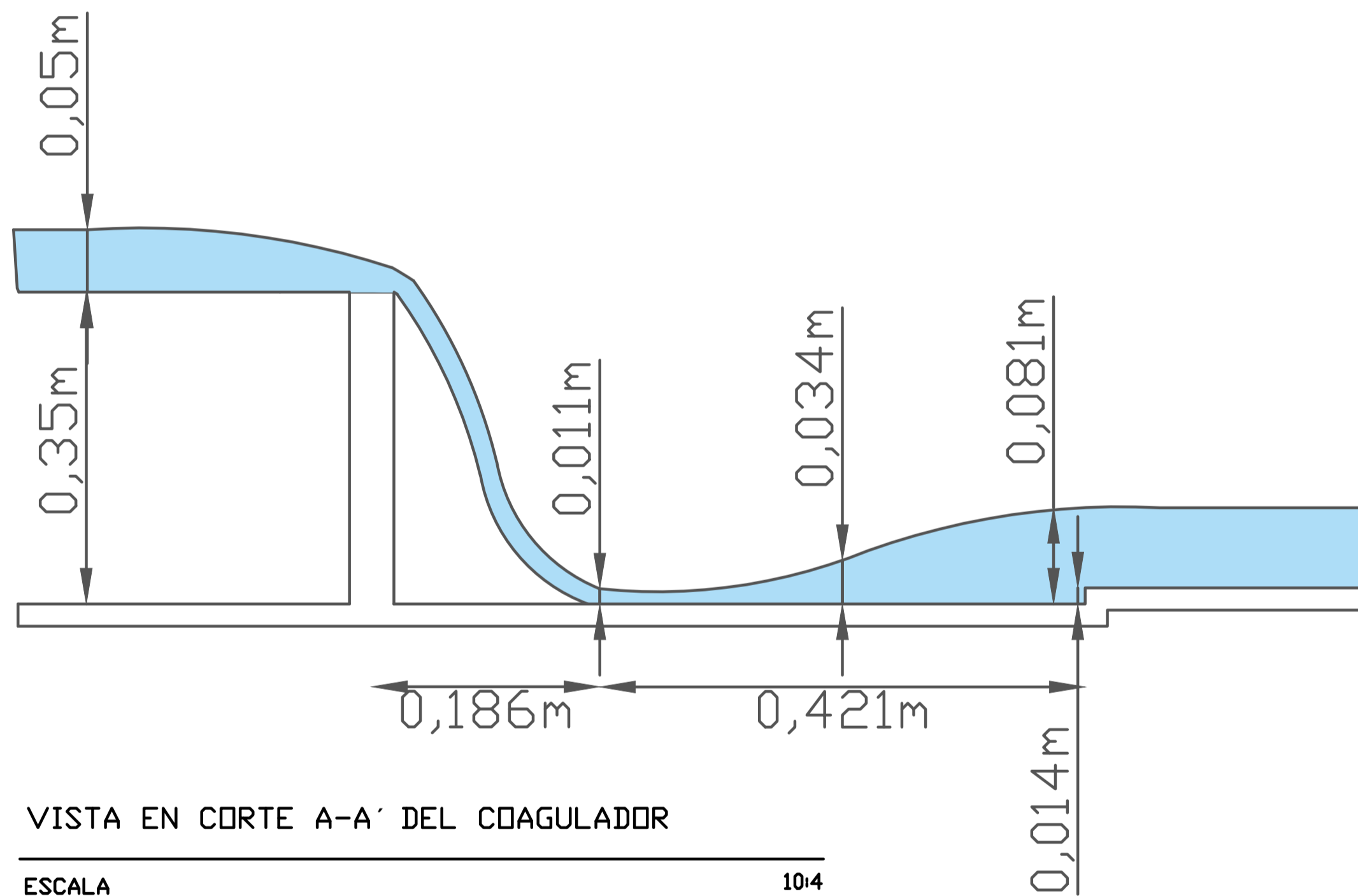
VISTA EN CORTE B-B' DEL FLOCULADOR

ESCALA 10/6



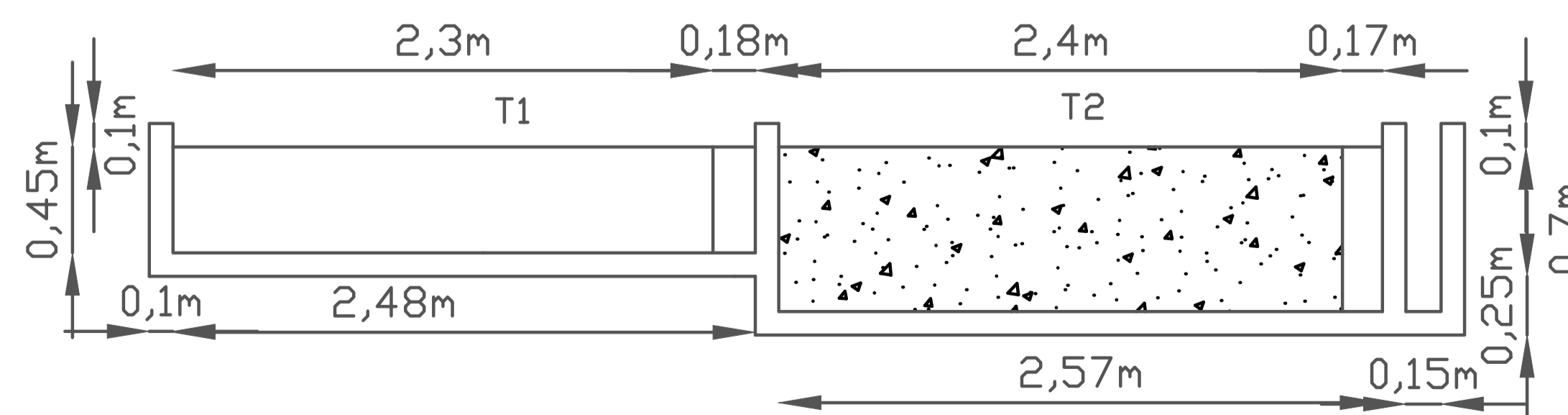
VISTA ISOMÉTRICA DEL COAGULADOR

ESCALA 10/4



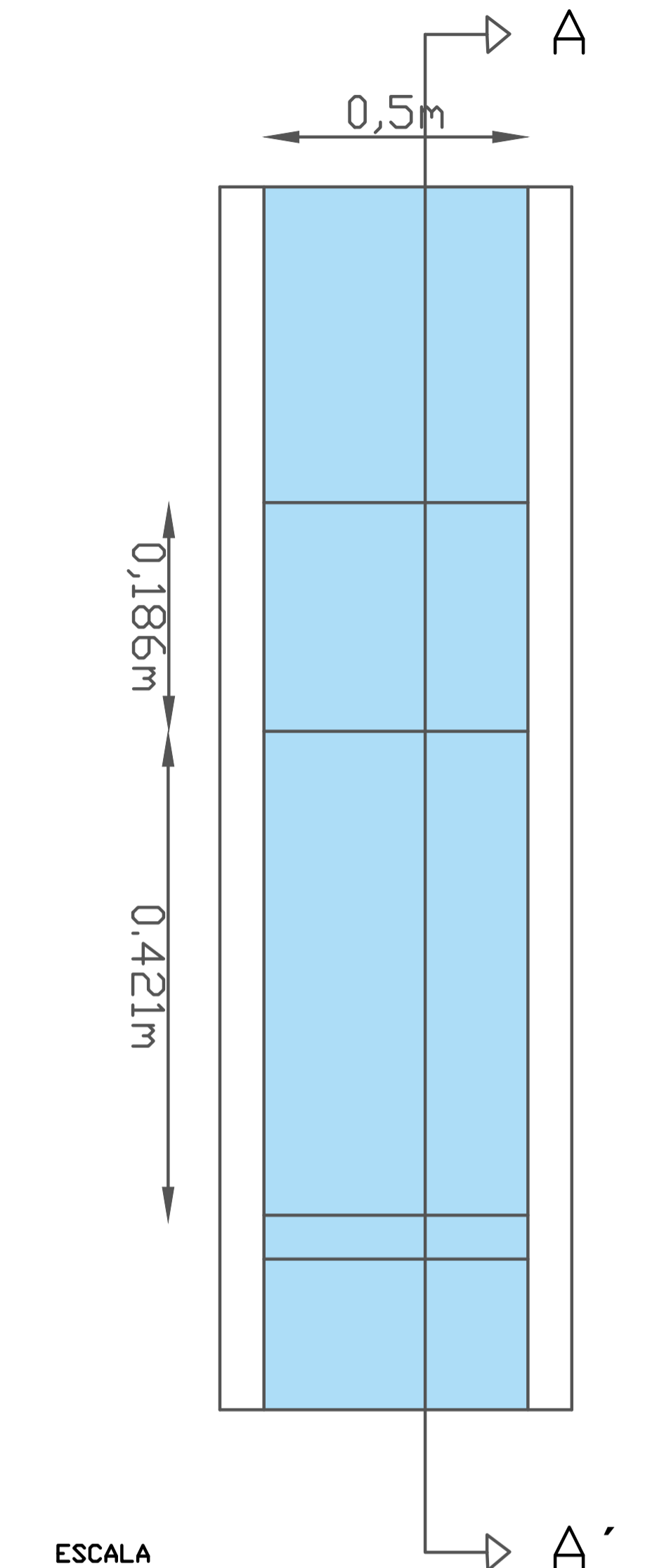
VISTA EN CORTE A-A' DEL COAGULADOR

ESCALA 10/4



VISTA EN CORTE C-C' DEL FLOCULADOR

ESCALA 10/9



VISTA EN PLANTA DEL COAGULADOR

ESCALA 10/2

ESPECIFICACIONES DEL FLOCULADOR

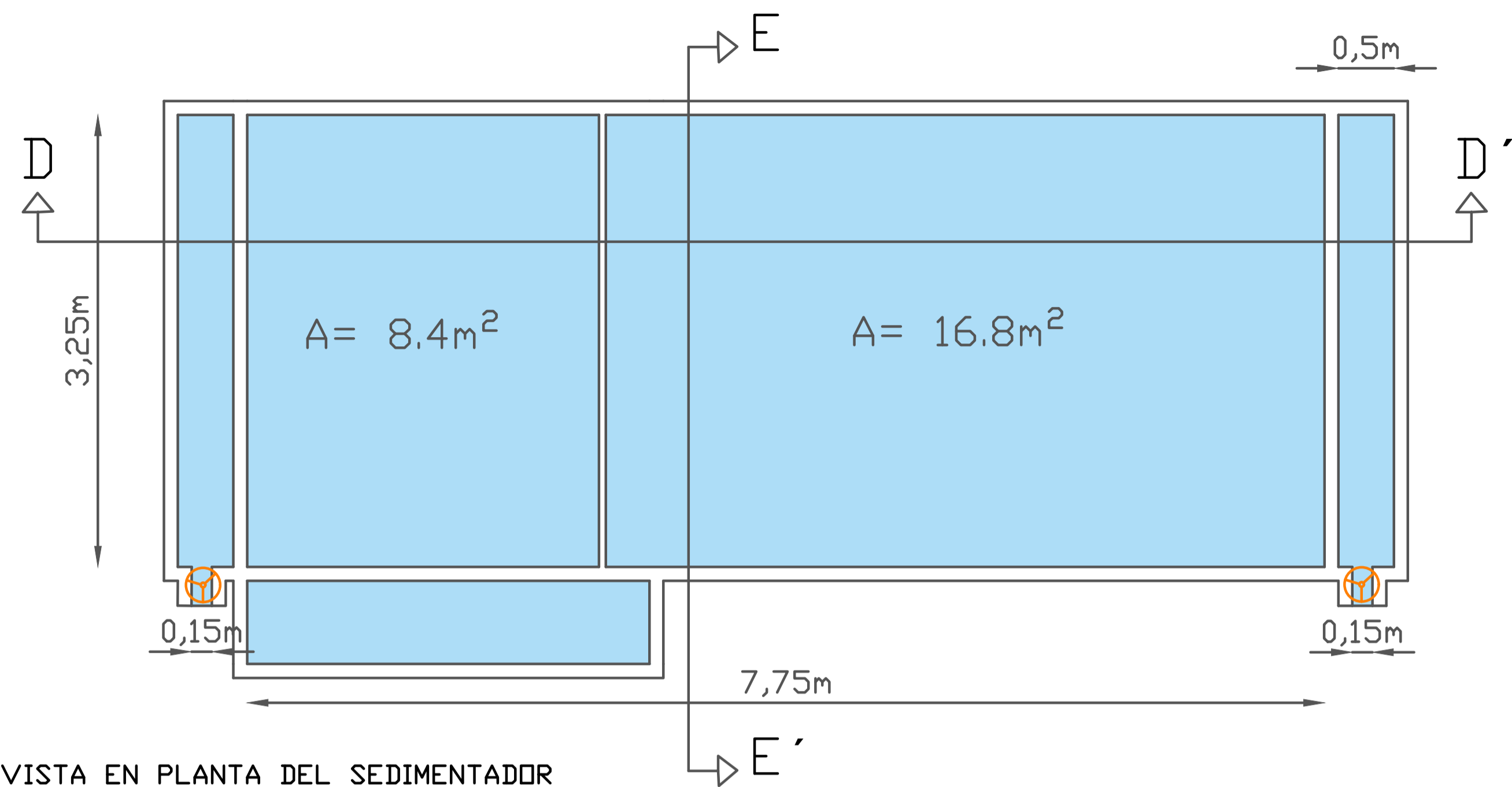
1. Las mamparas del floculador son de acero
2. En el floculador fueron definidos dos tramos
3. En el primer tramo la velocidad del flujo es de 0,2m/s con un tiempo de retención de 4min.
4. La velocidad de flujo del segundo tramo es de 0,15m/s con un tiempo de retención de 7min.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"

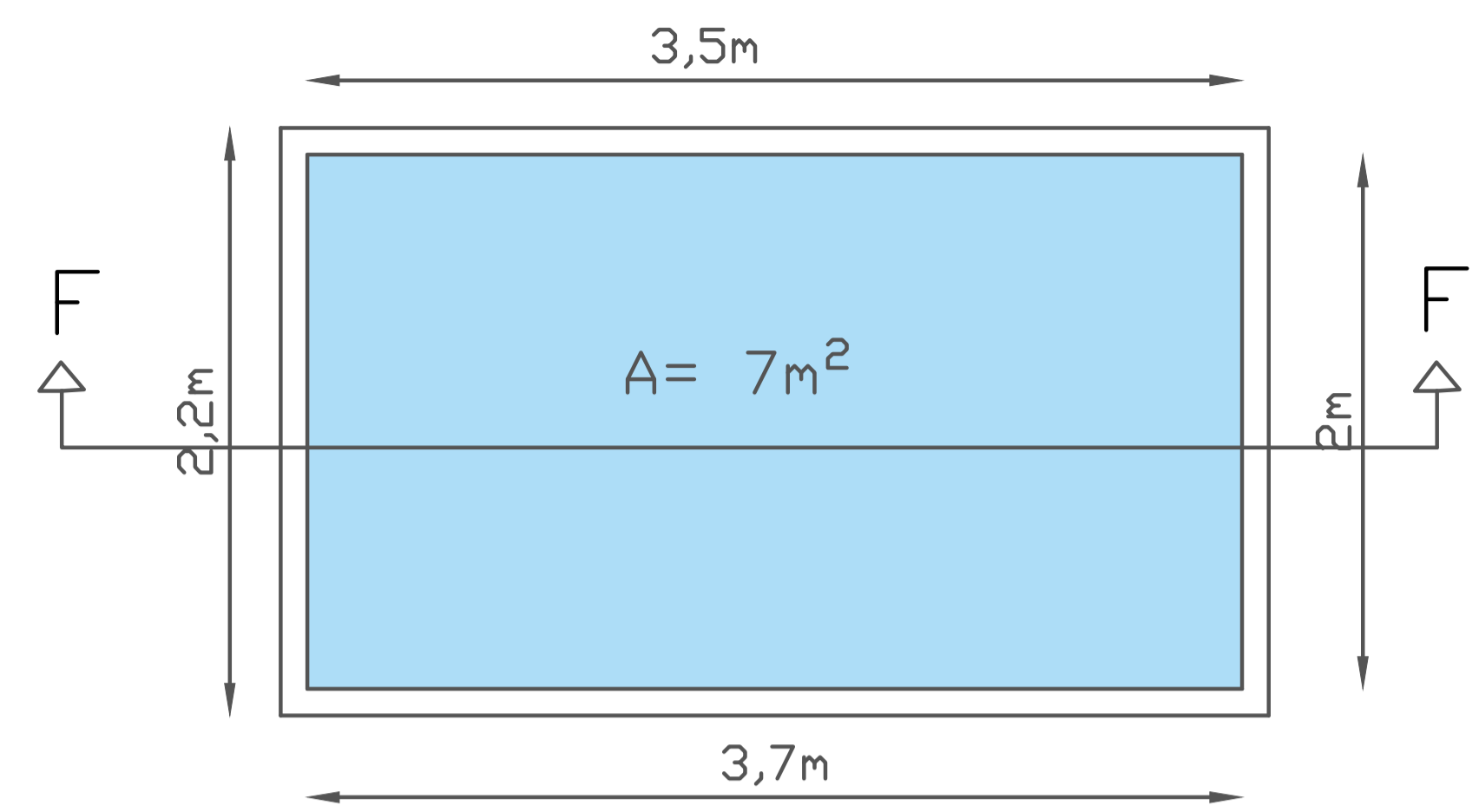
CONTENIDO:  
Vista en Corte y Planta del Coagulador y Floculador de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de ESPOL

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Coordinador de Materias Integradoras:<br>PhD. Velástegui Andrés | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- PhD. Merchán Betty<br>- Ing. Cabrera Rafael | Estudiantes:<br>- Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | Fecha de Entrega:<br>07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>PhD. Chávez Miguel            |  |   | Línea:<br>E 3/6                         |
|   |  |   | Escala:<br>Indicadas                    |



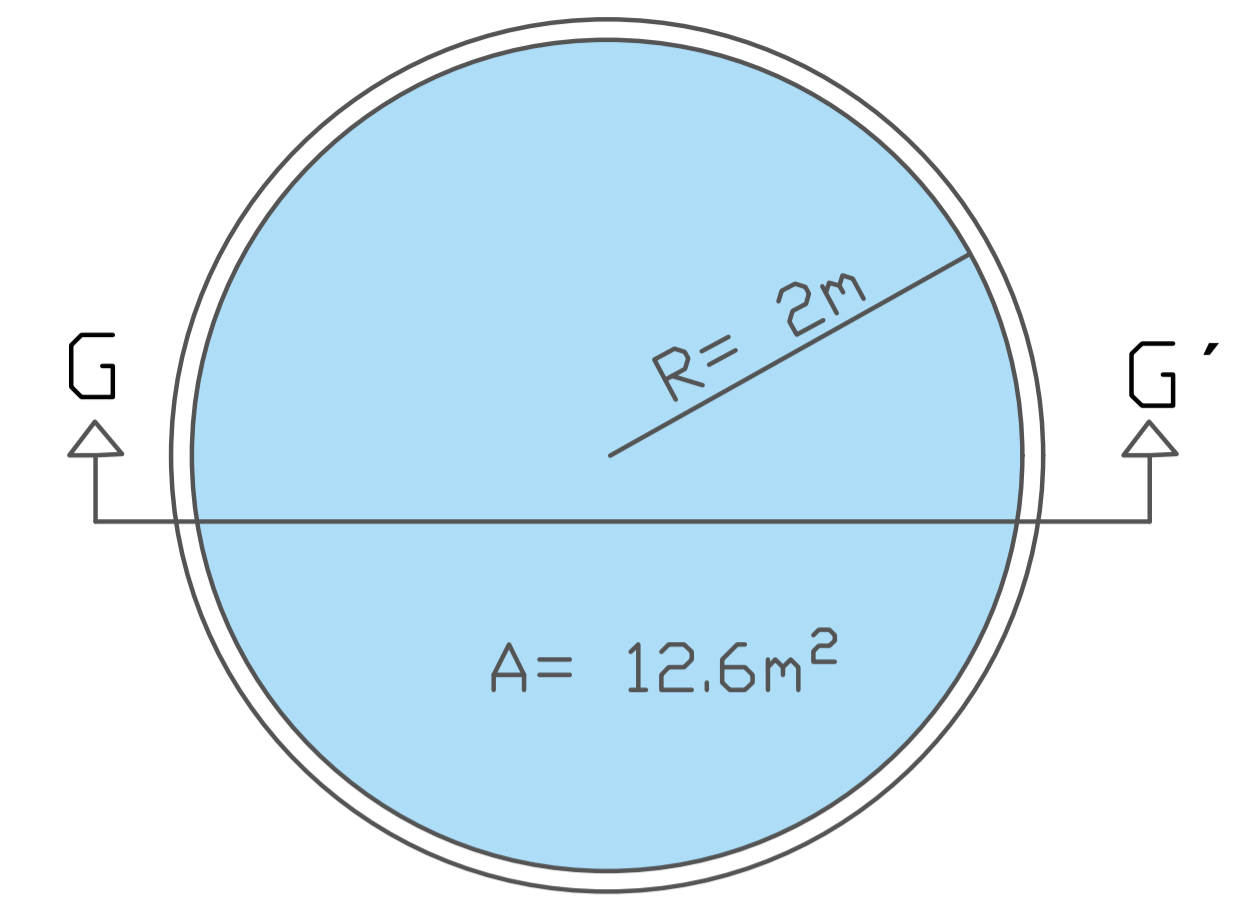
VISTA EN PLANTA DEL SEDIMENTADOR

ESCALA 10/20



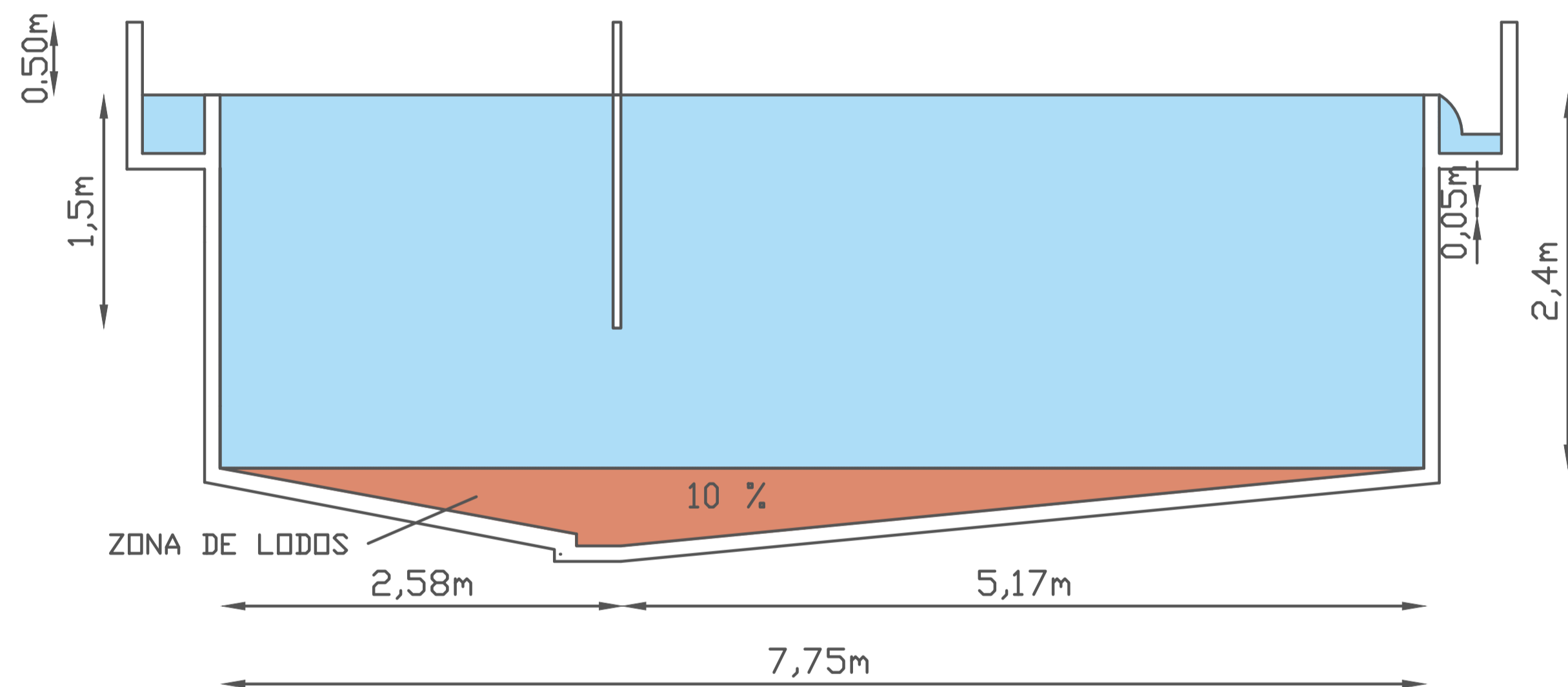
VISTA EN PLANTA DEL FILTRO

ESCALA 10/12



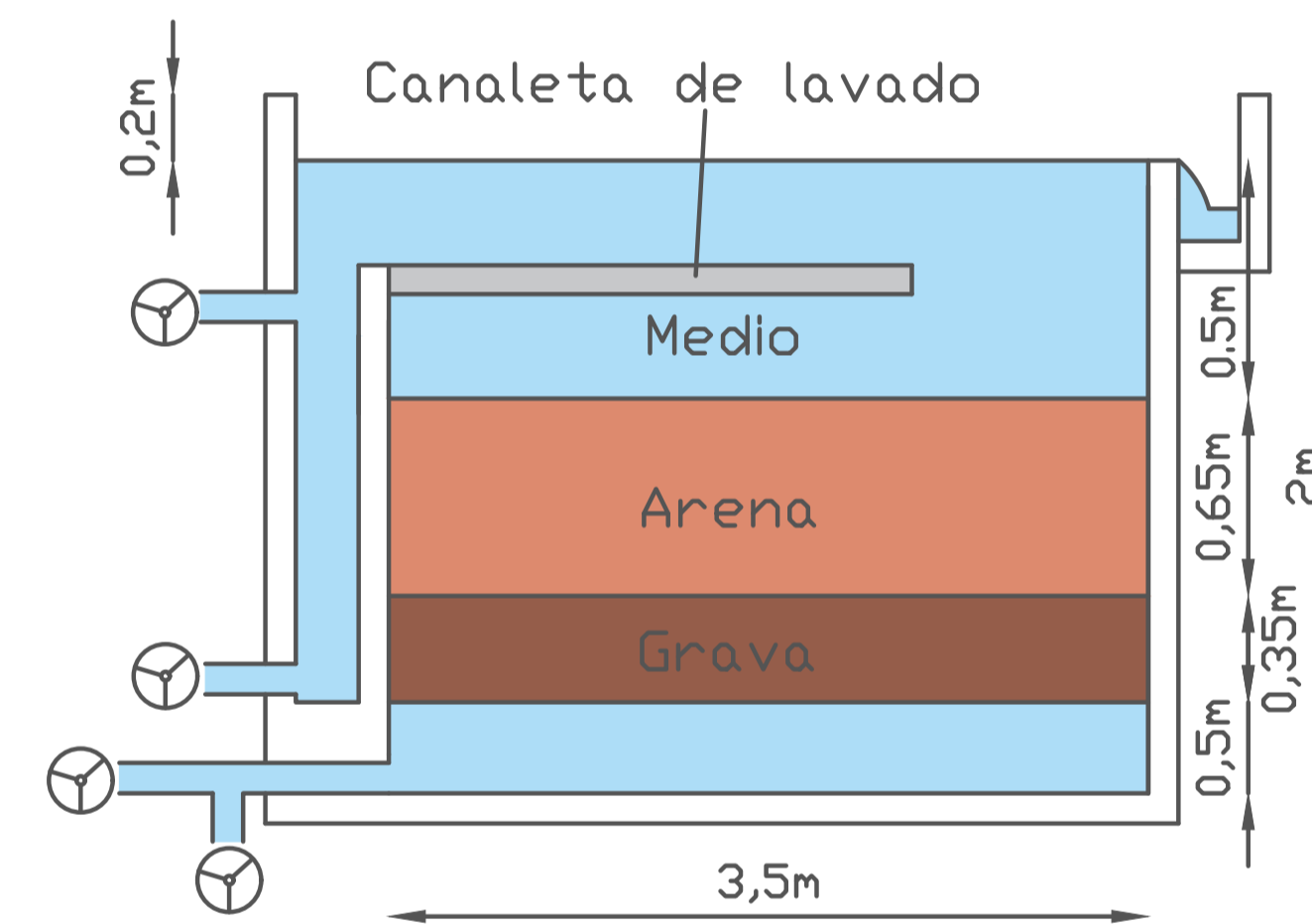
VISTA EN PLANTA DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN

ESCALA 10/17



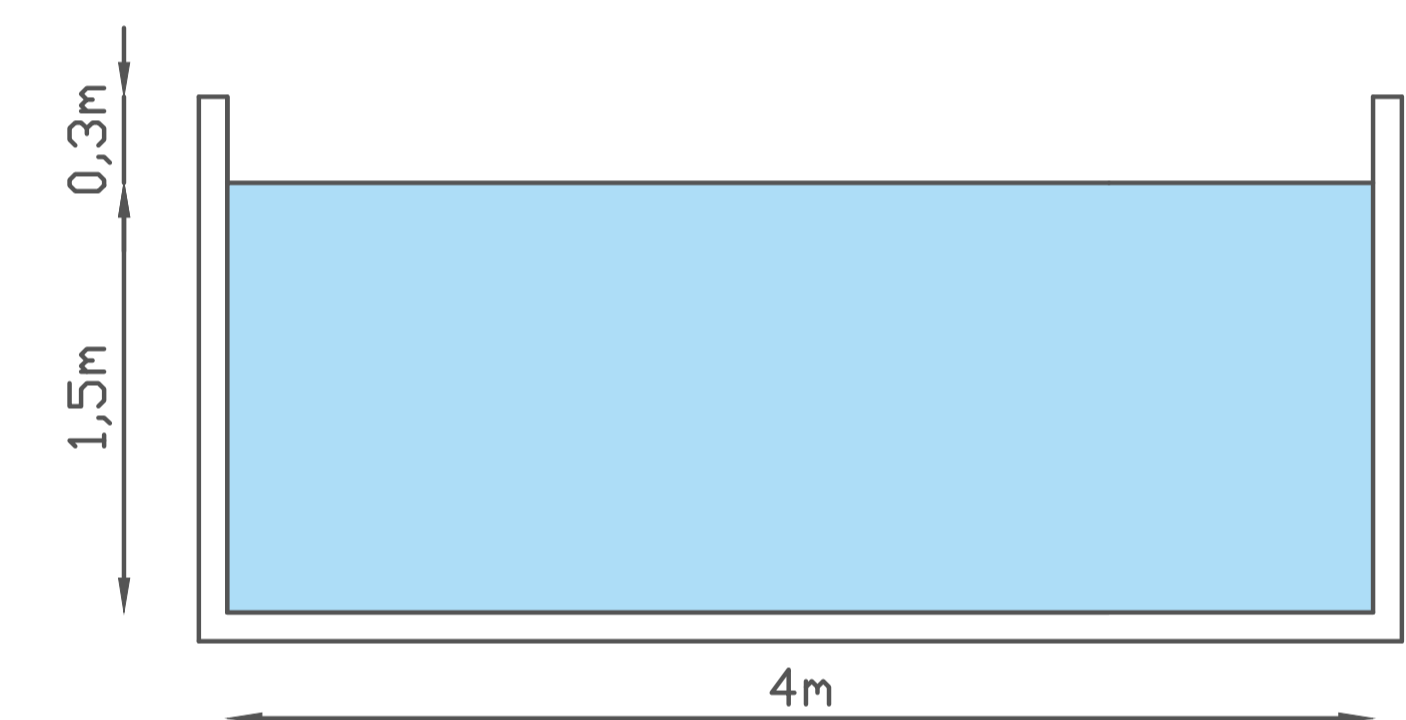
VISTA EN CORTE D-D' DEL SEDIMENTADOR

ESCALA 10/12



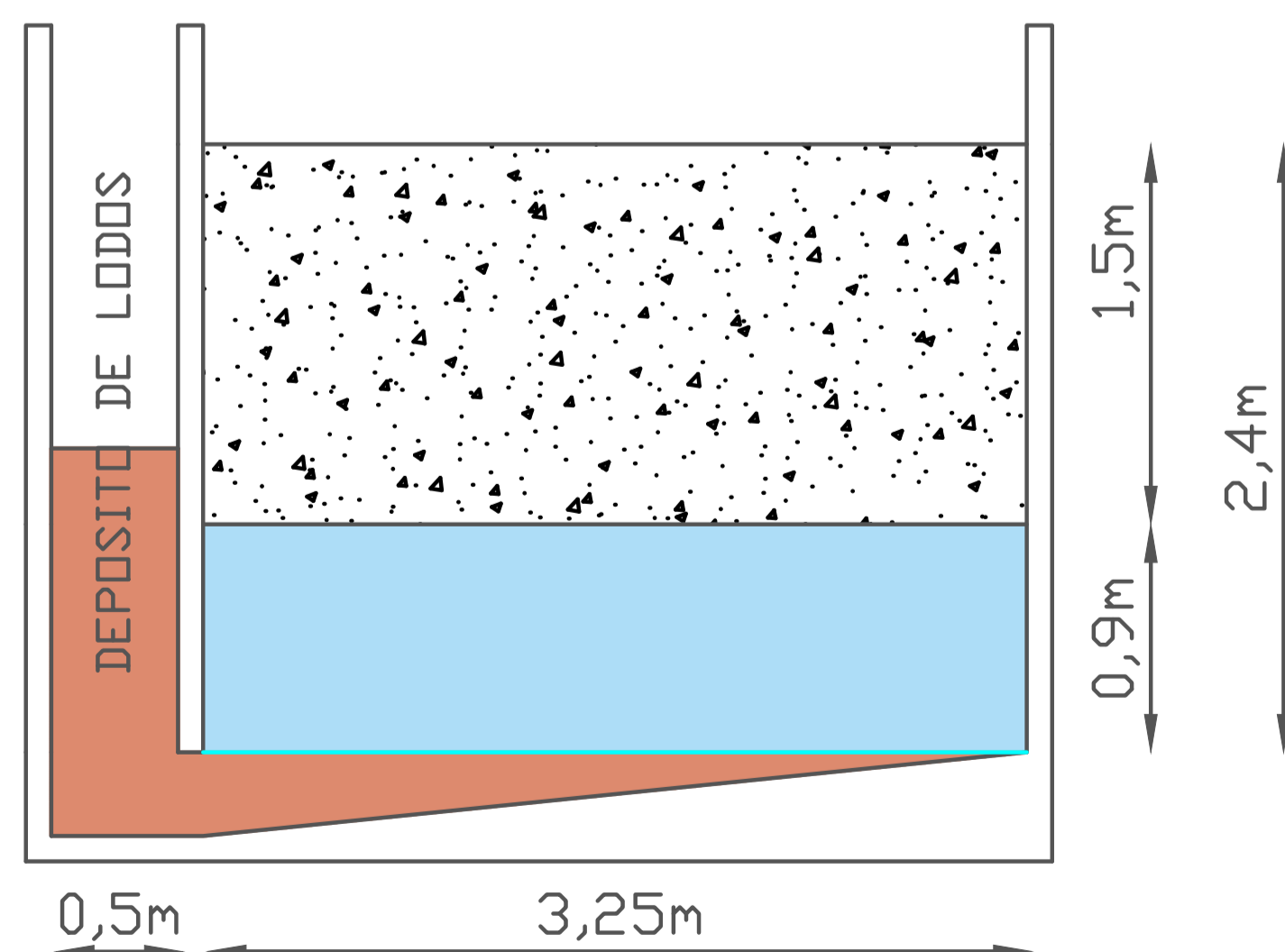
VISTA EN CORTE F-F' DEL FILTRO

ESCALA 10/12



VISTA EN CORTE G-G' DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN

ESCALA 10/10



VISTA EN CORTE E-E' DEL SEDIMENTADOR

ESCALA 10/15

ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN

1. El tanque de contacto tiene un tiempo de retención de 30 min.
2. Método de aplicación del desinfectante por goteo vertido directamente en el tanque.

ESPECIFICACIONES DEL FILTRO

1. Tipo de filtro rápido.
2. El flujo de agua del filtro es por gravedad.
3. El filtro esta constituido de hormigón.

ESPECIFICACIONES DEL SEDIMENTADOR

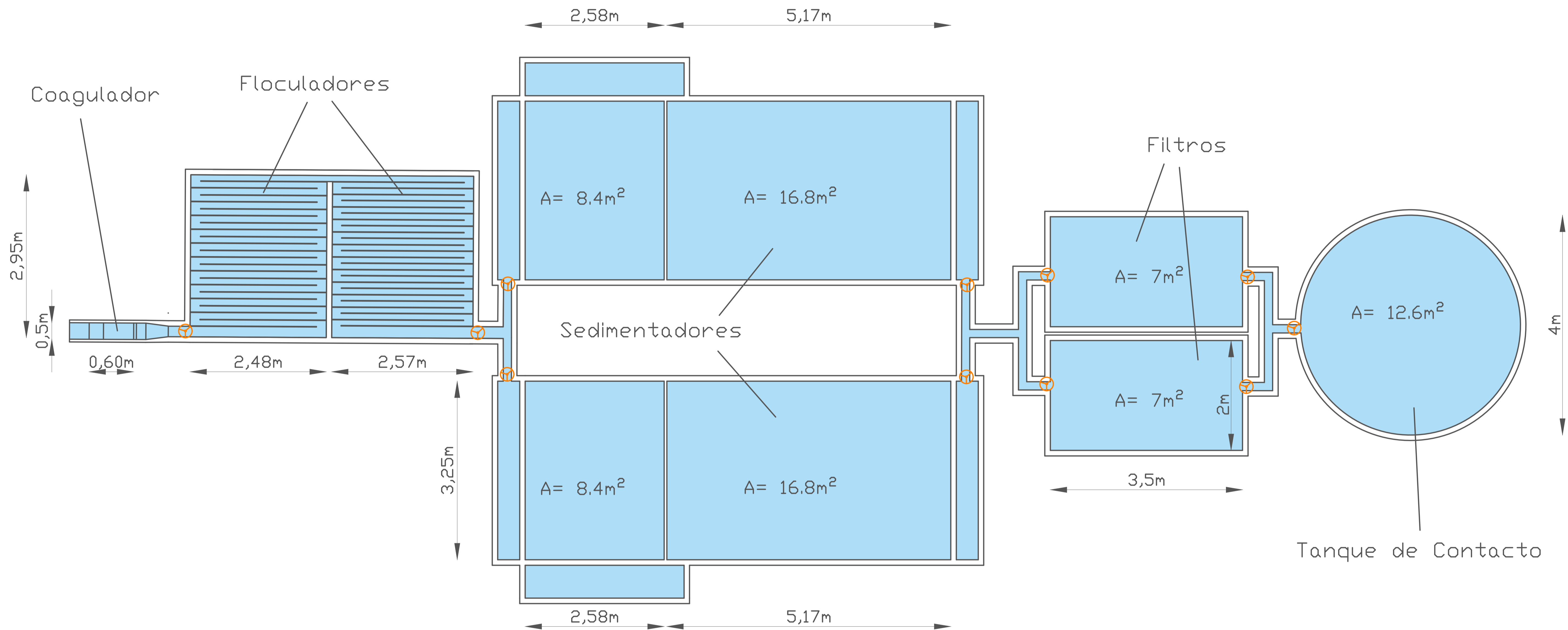
1. Las dimensiones de la pantalla con agujeros para el paso del agua sin sedimentos se encuentra especificado en la vista en planta.
2. El sedimentador cuenta con una pendiente del 5%.
3. El sedimentador esta constituido de hormigón.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"

CONTENIDO: Vista en Planta y Corte del Sedimentador, Filtro y Tanque de Desinfección de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Coordinador de Materias Integradoras:<br>PhD. Velastegui Andres | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- PhD. Merchán Bethy<br>- Ing. Cabrera Rafael | Estudiantes:<br>- Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | Fecha de Entrega:<br>07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>PhD. Chávez Miguel            |  |   | Línea:<br>E 4/6                         |
|   |  |   | Escala:<br>Indicadas                    |



VISTA EN PLANTA DEL ESQUEMA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

ESCALA

10:40

**NOTA**

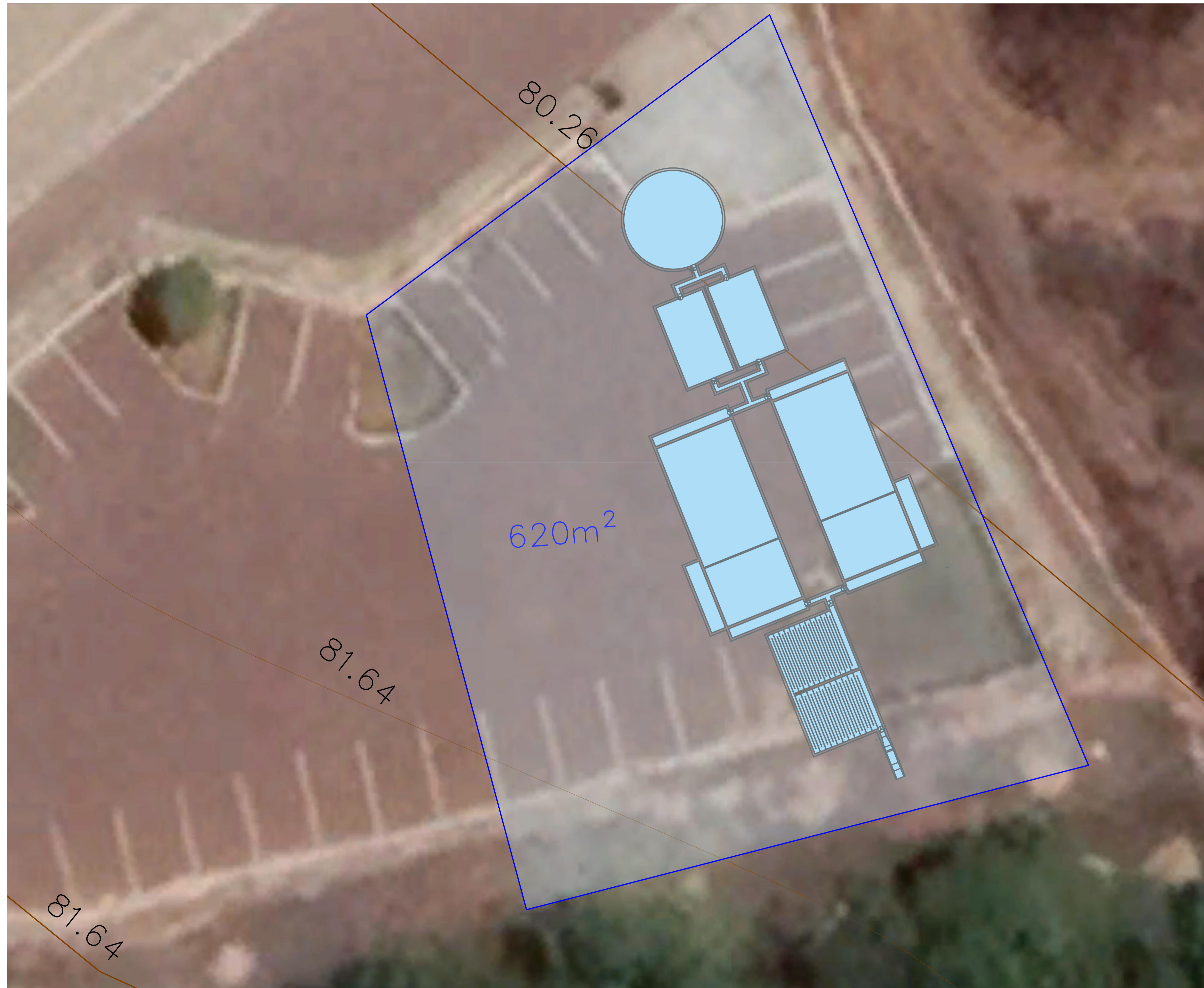
La presente Planta de tratamiento de agua potable es un diseño a nivel de prefactibilidad debido a que esta tesis tiene un diseño principal sobre inyecciones en la presa del lago de ingenierías de la ESPOL para incrementar el volumen de agua disponible del embalse. La PTAP propuesta por Rosales & Velásquez esta dispuesta al cambio de futuros proyectos.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"

CONTENIDO:  
Vista en Planta del Esquema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Coordinador de Materias Integradoras:<br>PhD. Velástegui Andrés | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- PhD. Merchán Bethy<br>- Ing. Cabrera Rafael | Estudiantes:<br>- Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | Fecha de Entrega:<br>07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>PhD. Chávez Miguel            |  |   | Línea:<br>E 5/6                         |
|   |  |   | Escala:<br>Indicadas                    |

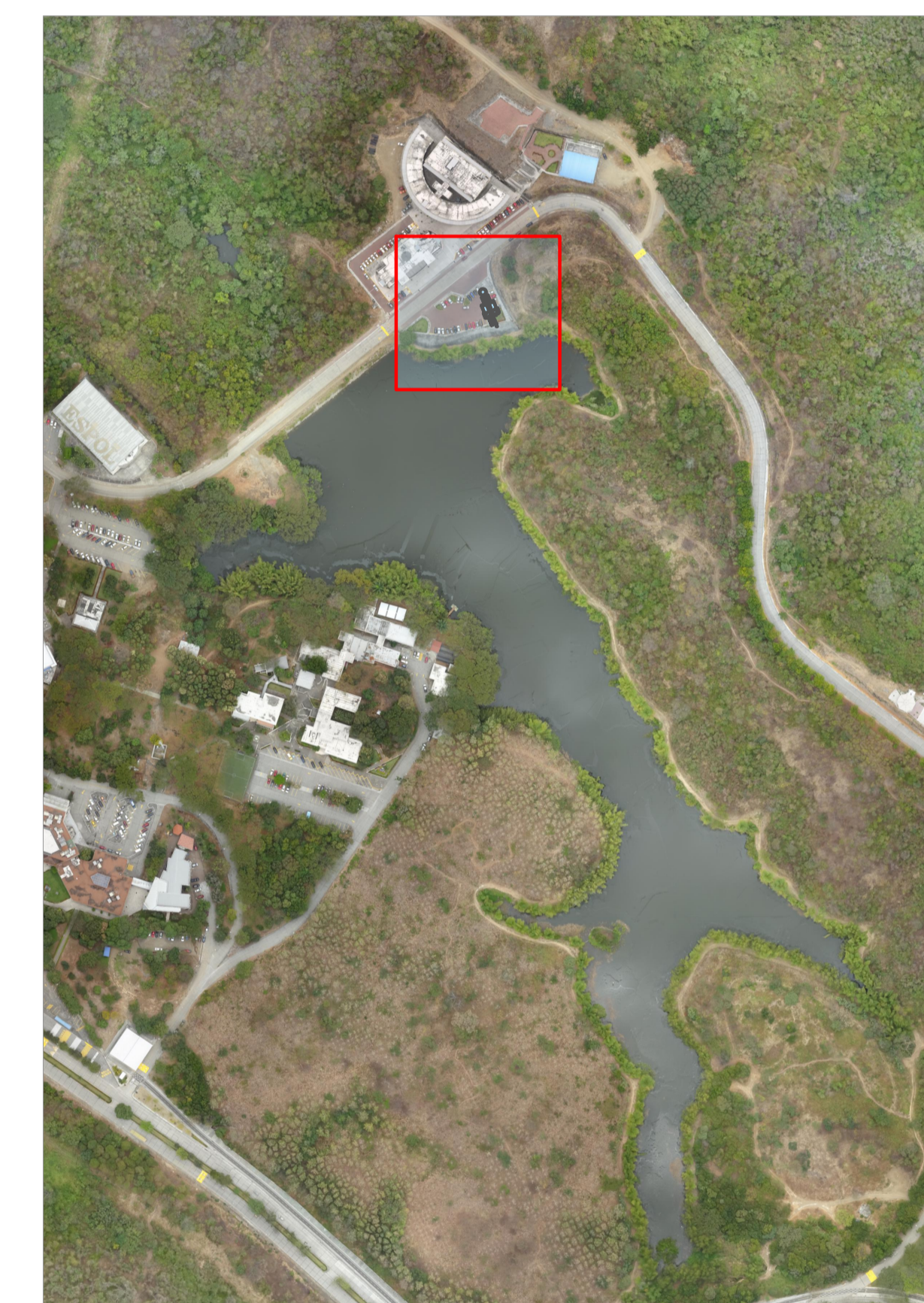


Provincia: Guayas

Ciudad: Guayaquil

Lugar del Proyecto: Campus Gustavo Galindo  
Km 30.5 de la via perimetral

Lugar del Implantación: Parqueadero de FADCON



LAGO DE INGENIERÍAS DE LA ESPOL

CAMPUS GUSTAVO GALINDO

ESCALA 1:15

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PARQUEADERO DE FADCOM

ESCALA 10:10

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:  
"Valoración y Análisis Técnico en la búsqueda de soluciones para el aprovechamiento del Lago de Ingenierías de la ESPOL"

CONTENIDO:  
Implantación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la ESPOL a Nivel de Prefactibilidad

|  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| Coordinador de Materia Integradas:<br>PhD. Velastegui Andrea | Tutores de Conocimientos Específicos:<br>- PhD. Merchán Bethy<br>- Ing. Cabrera Rafael | Estudiantes:<br>- Rosales Pablo Daniel<br>- Velásquez Ana María | Fecha de Entrega:<br>07 de agosto, 2022 |
| Tutor de Área de Conocimiento:<br>PhD. Chávez Miguel         |  |   | Lámina:<br>E 6/6                        |
|  |  |   | Escala:<br>Indicadas                    |

# **ANEXO D**

(Población, Consumo, Balance de masas, Caracterización de agua, Caudales y Plan de trabajo)

## POBLACIÓN

**Tabla 6.1 Resumen población proyectada al año 2035 por parte de Plan Maestro. Fuente: (Cruz Cabrera & Hidalgo Calva, 2021).**

| DATOS POBLACIONALES |                      |                    |                   |                    |                        |                       |                       |
|---------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Año                 | Estudiantes de Grado | Trabajadores ESPOL | Estudiantes COPOL | Trabajadores COPOL | Estudiantes Admisiones | Estudiantes Posgrados | Población Total ESPOL |
| Población Censada   | 2002                 | 10095              |                   |                    |                        |                       | 10095                 |
|                     | 2003                 | 10291              |                   |                    |                        |                       | 10291                 |
|                     | 2004                 | 10420              |                   |                    |                        |                       | 10420                 |
|                     | 2005                 | 10916              |                   |                    |                        |                       | 10916                 |
|                     | 2006                 | 11610              |                   |                    |                        |                       | 11610                 |
|                     | 2007                 | 12127              |                   |                    |                        |                       | 12127                 |
|                     | 2008                 | 12388              |                   |                    |                        |                       | 12388                 |
|                     | 2009                 | 11946              |                   |                    |                        |                       | 11946                 |
|                     | 2010                 | 11461              |                   | 1060               | 213                    |                       | 12734                 |
|                     | 2011                 | 10814              | 1267              | 1178               | 213                    |                       | 13472                 |
|                     | 2012                 | 10736              | 1284              | 1306               | 220                    | 2023                  | 15569                 |
|                     | 2013                 | 10262              | 1192              | 1352               | 220                    | 3612                  | 16638                 |
|                     | 2014                 | 9690               | 1244              | 1221               | 226                    | 5448                  | 18537                 |
|                     | 2015                 | 11463              | 1345              | 1486               | 228                    | 5869                  | 21646                 |
|                     | 2016                 | 11039              | 1494              | 1471               | 219                    | 6091                  | 21779                 |
|                     | 2017                 | 10803              | 1366              | 1381               | 217                    | 5589                  | 20876                 |
|                     | 2018                 | 10260              | 1417              | 1191               | 188                    | 5301                  | 20019                 |
|                     | 2019                 | 10254              | 1408              | 1061               | 195                    | 4769                  | 19032                 |
|                     | Población Proyectada | <b>2020</b>        | 10322             | 1426               | 1197                   | 228                   | 4333                  |
| <b>2021</b>         |                      | 10420              | 1346              | 1209               | 207                    | 5262                  | 19741                 |
| <b>2022</b>         |                      | 10607              | 1371              | 1231               | 211                    | 5356                  | 20095                 |
| <b>2023</b>         |                      | 10794              | 1395              | 1252               | 214                    | 5450                  | 20449                 |
| <b>2024</b>         |                      | 10981              | 1419              | 1274               | 218                    | 5545                  | 20803                 |
| <b>2025</b>         |                      | 11164              | 1443              | 1296               | 222                    | 5639                  | 21154                 |
| <b>2026</b>         |                      | 11354              | 1467              | 1317               | 225                    | 5734                  | 21511                 |
| <b>2027</b>         |                      | 11541              | 1491              | 1339               | 229                    | 5828                  | 21865                 |
| <b>2028</b>         |                      | 11728              | 1516              | 1361               | 233                    | 5922                  | 22219                 |
| <b>2029</b>         |                      | 11915              | 1540              | 1382               | 237                    | 6017                  | 22573                 |
| <b>2030</b>         |                      | 12101              | 1564              | 1404               | 240                    | 6111                  | 22927                 |
| <b>2031</b>         |                      | 12289              | 1588              | 1426               | 244                    | 6206                  | 23282                 |
| <b>2032</b>         |                      | 12476              | 1612              | 1447               | 248                    | 6300                  | 23636                 |
| <b>2033</b>         |                      | 12663              | 1636              | 1469               | 251                    | 6394                  | 23990                 |
| <b>2034</b>         |                      | 12850              | 1661              | 1491               | 255                    | 6489                  | 24345                 |
| <b>2035</b>         |                      | <b>13037</b>       | <b>1685</b>       | <b>1512</b>        | <b>259</b>             | <b>6583</b>           | <b>24699</b>          |



## CONSUMOS PROYECTADOS DE ESPOL DESDE EL AÑO 2020 AL 2035

| CONSUMO AÑO 2020 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 50                     |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 10.322        | 12               | 25          | 258,05                          | 96.615,32                     |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.426         | 8                | 17          | 24,24                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.197         | 7                | 15          | 17,96                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 228           | 7                | 15          | 3,42                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 4.333         | 6                | 13          | 56,33                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.273         | 4                | 8           | 10,18                           |                               |
|                  |                        | 18.779        |                  |             |                                 | <b>370,17</b>                 |

| CONSUMO AÑO 2021 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 50,63                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 10.420        | 12               | 25          | 260,50                          | 100.067,76                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.346         | 8                | 17          | 22,89                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.209         | 7                | 15          | 18,13                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 207           | 7                | 15          | 3,10                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.262         | 6                | 13          | 68,40                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.297         | 4                | 8           | 10,37                           |                               |
|                  |                        | 19.741        |                  |             |                                 | <b>383,40</b>                 |

| CONSUMO AÑO 2022    |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|---------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS                | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN            | 51,26                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM                | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                   | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 10.607        | 12               | 26          | 275,78                          | 104.976,42                    |
| 2                   | TRABAJADORES ESPOL     | 1.371         | 8                | 17          | 23,30                           |                               |
| 3                   | ESTUDIANTES COPOL      | 1.231         | 7                | 15          | 18,46                           |                               |
| 4                   | TRABAJADORES COPOL     | 211           | 7                | 15          | 3,16                            |                               |
| 5                   | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.356         | 6                | 13          | 69,63                           |                               |
| 6                   | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.320         | 4                | 9           | 11,88                           |                               |
| <b>Total Actual</b> |                        | 20.095        |                  |             |                                 | <b>402,21</b>                 |

| CONSUMO AÑO 2023 |                        |               |                  |             |                    |                               |               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |               |
| DOTACIÓN         | 51,90                  |               |                  |             |                    |                               |               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |               |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 10.794        | 12               | 26          | 280,64             | 106.826,99                    |               |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.395         | 8                | 17          | 23,71              |                               |               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.252         | 7                | 15          | 18,78              |                               |               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 214           | 7                | 15          | 3,21               |                               |               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.450         | 6                | 13          | 70,86              |                               |               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.343         | 4                | 9           | 12,09              |                               |               |
|                  |                        | 20.449        |                  |             |                    |                               | <b>409,30</b> |

| CONSUMO AÑO 2024 |                        |               |                  |             |                    |                               |               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |               |
| DOTACIÓN         | 52,55                  |               |                  |             |                    |                               |               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |               |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 10.981        | 12               | 26          | 285,51             | 109.047,90                    |               |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.419         | 8                | 18          | 25,54              |                               |               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.274         | 7                | 15          | 19,11              |                               |               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 218           | 7                | 15          | 3,27               |                               |               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.545         | 6                | 13          | 72,08              |                               |               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.367         | 4                | 9           | 12,30              |                               |               |
|                  |                        | 20.803        |                  |             |                    |                               | <b>417,81</b> |

| CONSUMO AÑO 2025 |                        |               |                  |             |                    |                               |               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|---------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |               |
| DOTACIÓN         | 53,20                  |               |                  |             |                    |                               |               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |               |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 11.164        | 12               | 27          | 301,43             | 114.187,45                    |               |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.443         | 8                | 18          | 25,98              |                               |               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.296         | 7                | 16          | 20,73              |                               |               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 222           | 7                | 16          | 3,55               |                               |               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.639         | 6                | 13          | 73,31              |                               |               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.390         | 4                | 9           | 12,51              |                               |               |
|                  |                        | 21.154        |                  |             |                    |                               | <b>437,50</b> |

| CONSUMO AÑO 2026 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 53,87                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 11.354        | 12               | 27          | 306,56                          | 116.120,90                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.467         | 8                | 18          | 26,41                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.317         | 7                | 16          | 21,08                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 225           | 7                | 16          | 3,61                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.734         | 6                | 13          | 74,54                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.413         | 4                | 9           | 12,72                           |                               |
|                  |                        | 21.511        |                  |             | <b>444,91</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2027 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 54,54                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 11.541        | 12               | 27          | 311,61                          | 119.554,32                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.491         | 8                | 18          | 26,85                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.339         | 7                | 16          | 21,42                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 229           | 7                | 16          | 3,67                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.828         | 6                | 14          | 81,59                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.436         | 4                | 9           | 12,93                           |                               |
|                  |                        | 21.865        |                  |             | <b>458,06</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2028 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 55,22                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 11.728        | 12               | 28          | 328,38                          | 124.552,28                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.516         | 8                | 18          | 27,28                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.361         | 7                | 16          | 21,77                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 233           | 7                | 16          | 3,73                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 5.922         | 6                | 14          | 82,91                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.460         | 4                | 9           | 13,14                           |                               |
|                  |                        | 22.219        |                  |             | <b>477,21</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2029 |                        |               |                  |             |                    |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |
| DOTACIÓN         | 55,91                  |               |                  |             |                    |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 11.915        | 12               | 28          | 333,62             | 126.939,90                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.540         | 8                | 19          | 29,25              |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.382         | 7                | 16          | 22,12              |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 237           | 7                | 16          | 3,79               |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.017         | 6                | 14          | 84,24              |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.483         | 4                | 9           | 13,35              |                               |
|                  |                        | 22.573        |                  |             | <b>486,36</b>      |                               |

| CONSUMO AÑO 2030 |                        |               |                  |             |                    |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |
| DOTACIÓN         | 56,61                  |               |                  |             |                    |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 12.101        | 12               | 28          | 338,83             | 129.353,81                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.564         | 8                | 19          | 29,71              |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.404         | 7                | 17          | 23,87              |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 240           | 7                | 17          | 4,08               |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6111          | 6                | 14          | 85,56              |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.506         | 4                | 9           | 13,56              |                               |
|                  |                        | 22.927        |                  |             | <b>495,61</b>      |                               |

| CONSUMO AÑO 2031 |                        |               |                  |             |                    |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|--------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                    |                               |
| DOTACIÓN         | 57,32                  |               |                  |             |                    |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m³/día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 12.289        | 12               | 29          | 356,38             | 134.966,44                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.588         | 8                | 19          | 30,17              |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.426         | 7                | 17          | 24,24              |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 244           | 7                | 17          | 4,15               |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.206         | 6                | 14          | 86,88              |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.529         | 4                | 10          | 15,29              |                               |

| CONSUMO AÑO 2032 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 58,04                  |               |                  |             | 58,04                           |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 12.476        | 12               | 29          | 361,80                          | 138.664,32                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.612         | 8                | 19          | 30,63                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.447         | 7                | 17          | 24,61                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 248           | 7                | 17          | 4,21                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.300         | 6                | 15          | 94,50                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.553         | 4                | 10          | 15,53                           |                               |
|                  |                        | 23.636        |                  |             | <b>531,28</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2033 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 58,76                  |               |                  |             | 58,76                           |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 12.663        | 12               | 29          | 367,23                          | 141.169,61                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.636         | 8                | 20          | 32,73                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.469         | 7                | 17          | 24,97                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 251           | 7                | 17          | 4,27                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.394         | 6                | 15          | 95,92                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.576         | 4                | 10          | 15,76                           |                               |
|                  |                        | 23.990        |                  |             | <b>540,88</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2034 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 59,50                  |               |                  |             | 59,50                           |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 12.850        | 12               | 30          | 385,50                          | 146.607,98                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.661         | 8                | 20          | 33,21                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.491         | 7                | 17          | 25,34                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 255           | 7                | 17          | 4,34                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.489         | 6                | 15          | 97,33                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.599         | 4                | 10          | 15,99                           |                               |
|                  |                        | 24.345        |                  |             | <b>561,72</b>                   |                               |

| CONSUMO AÑO 2035 |                        |               |                  |             |                                 |                               |
|------------------|------------------------|---------------|------------------|-------------|---------------------------------|-------------------------------|
| DÍAS             | 261                    |               |                  |             |                                 |                               |
| DOTACIÓN         | 60,24                  |               |                  |             |                                 |                               |
| ITEM             | DESCRIPCIÓN            | NRO. PERSONAS | HORAS DE CONSUMO | [l/hab*día] | Q consumo (m <sup>3</sup> /día) | Consumo Anual (para 261 días) |
| 1                | ESTUDIANTES INGENIERÍA | 13.037        | 12               | 30          | 391,11                          | 149.203,60                    |
| 2                | TRABAJADORES ESPOL     | 1.685         | 8                | 20          | 33,69                           |                               |
| 3                | ESTUDIANTES COPOL      | 1.512         | 7                | 18          | 27,22                           |                               |
| 4                | TRABAJADORES COPOL     | 259           | 7                | 18          | 4,66                            |                               |
| 5                | ESTUDIANTES ADMISIONES | 6.583         | 6                | 15          | 98,75                           |                               |
| 6                | ESTUDIANTES POSGRADOS  | 1.623         | 4                | 10          | 16,23                           |                               |
|                  |                        | 24.699        |                  |             |                                 | <b>571,66</b>                 |

## CAUDALES

**Tabla 6.2 Resumen caudales proyectados al año de diseño 2035.**

| Año  | Población | Dotación<br>(L/hab/día) | Consumo<br>(m <sup>3</sup> /año) | Caudal<br>medio diario<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>máximo diario<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>máximo<br>horario<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>captación de<br>aguas<br>superficiales<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>conducción<br>de aguas<br>superficiales<br>(m <sup>3</sup> /día) | Caudal<br>Planta de<br>tratamiento<br>(m <sup>3</sup> /día) |
|------|-----------|-------------------------|----------------------------------|---|--|--|---|--|---|
|      |           | 1,25%                   |                                  |   | 1,4  | 2,2  | 20%   | 10%  | 10%   |
| 2020 | 18779     | 50                      | 96.615,32                        | 370,17  | 518,24   | 814,38   | 592,28  | 555,26   | 555,26  |
| 2021 | 19741     | 50,63                   | 100.067,76                       | 383,40  | 536,76   | 843,48   | 613,44  | 575,10   | 575,10  |
| 2022 | 20095     | 51,26                   | 104.976,42                       | 402,21  | 563,09   | 884,86   | 643,53  | 603,31   | 603,31  |
| 2023 | 20449     | 51,90                   | 106.826,99                       | 409,30  | 573,02   | 900,46   | 654,88  | 613,95   | 613,95  |
| 2024 | 20803     | 52,55                   | 109.047,90                       | 417,81  | 584,93   | 919,18   | 668,49  | 626,71   | 626,71  |
| 2025 | 21154     | 53,20                   | 114.187,45                       | 437,50  | 612,50   | 962,50   | 700,00  | 656,25   | 656,25  |
| 2026 | 21511     | 53,87                   | 116.120,90                       | 444,91  | 622,87   | 978,80   | 711,85  | 667,36   | 667,36  |
| 2027 | 21865     | 54,54                   | 119.554,32                       | 458,06  | 641,29   | 1007,74  | 732,90  | 687,09   | 687,09  |
| 2028 | 22219     | 55,22                   | 124.552,28                       | 477,21  | 668,10   | 1049,87  | 763,54  | 715,82   | 715,82  |
| 2029 | 22573     | 55,91                   | 126.939,90                       | 486,36  | 680,90   | 1069,99  | 778,18  | 729,54   | 729,54  |
| 2030 | 22927     | 56,61                   | 129.353,81                       | 495,61  | 693,85   | 1090,34  | 792,97  | 743,41   | 743,41  |
| 2031 | 23282     | 57,32                   | 134.966,44                       | 517,11  | 723,96   | 1137,65  | 827,38  | 775,67   | 775,67  |
| 2032 | 23636     | 58,04                   | 138.664,32                       | 531,28  | 743,79   | 1168,82  | 850,05  | 796,92   | 796,92  |
| 2033 | 23990     | 58,76                   | 141.169,61                       | 540,88  | 757,23   | 1189,94  | 865,41  | 811,32   | 811,32  |
| 2034 | 24345     | 59,50                   | 146.607,98                       | 561,72  | 786,40   | 1235,78  | 898,75  | 842,57   | 842,57  |
| 2035 | 24699     | 60,24                   | 149.203,60                       | 571,66  | 800,33   | 1257,65  | 914,66  | 857,49   | 857,49  |

## BALANCE DE MASAS

### Entradas de agua al lago de ingenierías de la ESPOL

Tabla 6.3 Entrada de agua al embalse por precipitación.

| ENTRADA 1                           |          |                        |                |
|-------------------------------------|----------|------------------------|----------------|
| Precipitación promedio (mm por año) |          | L                      | m <sup>3</sup> |
| Enero                               | 173      | 51019756               | 51020          |
| Febrero                             | 343      | 101333155              | 101333         |
| Marzo                               | 357      | 105458449              | 105458         |
| Abril                               | 240      | 70949580               | 70950          |
| Mayo                                | 58       | 17048994               | 17049          |
| Junio                               | 9        | 2627464                | 2627           |
| Julio                               | 6        | 1627739                | 1628           |
| Agosto                              | 1        | 200750                 | 201            |
| Septiembre                          | 1        | 350239                 | 350            |
| Octubre                             | 5        | 1550611                | 1551           |
| Noviembre                           | 27       | 7877964                | 7878           |
| Diciembre                           | 62       | 18350649               | 18351          |
| Anual                               | 1282     | 378395350              | 378395         |
| Precipitación en el lago            | 73449052 | L por año              |                |
|                                     | 73449    | m <sup>3</sup> por año |                |

Tabla 6.4 Entrada de agua al embalse por escorrentía.

| ENTRADA 2              |           |                |
|------------------------|-----------|----------------|
| Área de la microcuenca | 900792    | m <sup>2</sup> |
| <b>ESCORRENTIA</b>     | 378395350 | L              |
|                        | 378395    | m <sup>3</sup> |

### Salidas de agua del lago de ingenierías de la ESPOL

Tabla 6.5 Salida de agua del embalse por riego de áreas verdes.

| SALIDA 1  |         |        |          |                   |
|---|---------|--------|----------|-------------------|
| Bombeo riego actual ingenierías, desde FADCOM hasta la Y. |         |        |          |                   |
| Cantidad de bombas  | 1       | 1      |          | u                 |
| Capacidad de bomba  | 25      | 25     |          | hp                |
| Caudal de descarga  | 130     | 130    |          | U.S.GPM           |
|   | 8.19    | 8.19   |          | L/s               |
|   | 29.48   | 29.48  |          | m <sup>3</sup> /h |
| Días de riego por semana                                  | 4       | 3      |          | días              |
| horas de riego por día                                    | 6       | 6      |          | horas             |
| Volumen   |         | verano | invierno | m <sup>3</sup>    |
|   | Diario  | 176.90 | 176.90   | m <sup>3</sup>    |
|   | Semanal | 707.62 | 530.71   | m <sup>3</sup>    |
|   | Anual   | 25474  | 8491     | m <sup>3</sup>    |
|   |         | total  | 33 966   | m <sup>3</sup>    |



**Tabla 6.6 Salida de agua del embalse por bombeo riego CENAE.**

| <b>SALIDA 2</b>                 |         |                   |                |
|---------------------------------|---------|-------------------|----------------|
| <b>Bombeo riego CENAE</b>       |         |                   |                |
| <b>Cantidad de bombas</b>       | 1       | u                 |                |
| <b>Capacidad de bomba</b>       | 3       | hp                |                |
| <b>Caudal de descarga</b>       | 20      | L/s               |                |
|                                 | 72.0    | m <sup>3</sup> /h |                |
| <b>Horas de riego por día</b>   | 18      | horas             |                |
| <b>Días de riego por semana</b> | 2       | días              |                |
| <b>Volumen</b>                  | Diario  | 1296.00           | m <sup>3</sup> |
|                                 | Semanal | 2592.00           | m <sup>3</sup> |
|                                 | Mensual | 10368.00          | m <sup>3</sup> |
|                                 | Anual   | 82 944            | m <sup>3</sup> |

**Tabla 6.7 Salida de agua de embalse por fugas a través de la cimentación de la presa.**

| <b>SALIDA 3</b>                                     |        |                        |
|---|--------|------------------------|
| <b>Fugas a través de la cimentación de la presa</b> | 4.5    | L/s                    |
|   | 388.8  | m <sup>3</sup> por día |
|   | 141912 | m <sup>3</sup> por año |

**Tabla 6.8 Salida de agua del embalse por evapotranspiración.**

| <b>SALIDA 4</b>           |        |                        |
|---------------------------|--------|------------------------|
| <b>Evapotranspiración</b> | 1100   | mm por año             |
|                           | 63 041 | m <sup>3</sup> por año |

## BALANCE DE MASAS PROYECTADO

Tabla 6.9 Entradas y salidas del embalse del lago, balance de masa proyectado al año 2035.

|                                 | ENTRADAS                        |                               |                  | SALIDAS                                       |           |                         |                                      |                                 | Volumen disponible<br>m <sup>3</sup> |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|------------------|---|-----------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
|                                 | Precipitación<br>m <sup>3</sup> | Escorrentía<br>m <sup>3</sup> | TOTAL<br>entrada | Actual Riego<br>Ingenierías<br>m <sup>3</sup> | CENAE     | Fugas<br>m <sup>3</sup> | Evapotranspiración<br>m <sup>3</sup> | Total salidas<br>m <sup>3</sup> |                                      |
| %                               | 0,5%                            |                               |                  | 0,5%  | 0,3%      | 0,4%                    |                                      |                                 |                                      |
| <b>Valor histórico promedio</b> | 73.449                          | 378.395                       |                  |   |           |                         |                                      |                                 |                                      |
| <b>2022</b>                     | 73.816                          | 380.287                       | 454.103,62       | 33.965,57                                     | 82.944,00 | 157.680                 | 75.410,41                            | 349.999,97                      | 104103,7                             |
| <b>2023</b>                     | 74.185                          | 382.189                       | 456.374,14       | 34.135,40                                     | 83.192,83 | 158.311                 | 75.410,41                            | 351.049,35                      | 105324,8                             |
| <b>2024</b>                     | 74.556                          | 384.100                       | 458.656,01       | 34.306,07                                     | 83.442,41 | 158.944                 | 75.410,41                            | 352.102,85                      | 106553,2                             |
| <b>2025</b>                     | 74.929                          | 386.020                       | 460.949,29       | 34.477,60                                     | 83.692,74 | 159.580                 | 75.410,41                            | 353.160,49                      | 107788,8                             |
| <b>2026</b>                     | 75.304                          | 387.950                       | 463.254,04       | 34.649,99                                     | 83.943,82 | 160.218                 | 75.410,41                            | 354.222,27                      | 109031,8                             |
| <b>2027</b>                     | 75.680                          | 389.890                       | 465.570,31       | 34.823,24                                     | 84.195,65 | 160.859                 | 77.929,59                            | 357.807,41                      | 107762,9                             |
| <b>2028</b>                     | 76.059                          | 391.840                       | 467.898,16       | 34.997,36                                     | 84.448,23 | 161.502                 | 77.929,59                            | 358.877,55                      | 109020,6                             |
| <b>2029</b>                     | 76.439                          | 393.799                       | 470.237,65       | 35.172,34                                     | 84.701,58 | 162.148                 | 77.929,59                            | 359.951,89                      | 110285,8                             |
| <b>2030</b>                     | 76.821                          | 395.768                       | 472.588,84       | 35.348,21                                     | 84.955,68 | 162.797                 | 77.929,59                            | 361.030,45                      | 111558,4                             |
| <b>2031</b>                     | 77.205                          | 397.747                       | 474.951,78       | 35.524,95                                     | 85.210,55 | 163.448                 | 77.929,59                            | 362.113,25                      | 112838,5                             |
| <b>2032</b>                     | 77.591                          | 399.735                       | 477.326,54       | 35.702,57                                     | 85.466,18 | 164.102                 | 80.207,95                            | 365.478,65                      | 111847,9                             |
| <b>2033</b>                     | 77.979                          | 401.734                       | 479.713,18       | 35.881,08                                     | 85.722,58 | 164.758                 | 80.207,95                            | 366.569,97                      | 113143,2                             |
| <b>2034</b>                     | 78.369                          | 403.743                       | 482.111,74       | 36.060,49                                     | 85.979,75 | 165.417                 | 80.207,95                            | 367.665,58                      | 114446,2                             |
| <b>2035</b>                     | 78.761                          | 405.761                       | 484.522,30       | 36.240,79                                     | 86.237,69 | 166.079                 | 81.388,21                            | 369.945,75                      | 114576,6                             |

**Tabla 6.10 Necesidad de ESPOL, tanto en riego como en agua potable, balance de masa.**

|                          | Necesidad            |                             |                                      | Balance de masas | Estado  |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------|---------|
|                          | Riego m <sup>3</sup> | Agua Potable m <sup>3</sup> | Total necesidad ESPOL m <sup>3</sup> |                  |         |
| %                        |                      |                             |                                      |                  |         |
| Valor histórico promedio |                      |                             |                                      |                  |         |
| <b>2022</b>              | 14025,4              | 104.976,42                  | 119001,9                             | -14898,2         | Déficit |
| <b>2023</b>              | 14025,4              | 106.826,99                  | 120852,4                             | -15527,6         | Déficit |
| <b>2024</b>              | 14025,4              | 109.047,90                  | 123073,3                             | -16520,2         | Déficit |
| <b>2025</b>              | 14025,4              | 114.187,45                  | 128212,9                             | -20424,1         | Déficit |
| <b>2026</b>              | 14025,4              | 116.120,90                  | 130146,3                             | -21114,6         | Déficit |
| <b>2027</b>              | 14025,4              | 119.554,32                  | 133579,8                             | -25816,9         | Déficit |
| <b>2028</b>              | 14025,4              | 124.552,28                  | 138577,7                             | -29557,1         | Déficit |
| <b>2029</b>              | 14025,4              | 126.939,90                  | 140965,3                             | -30679,6         | Déficit |
| <b>2030</b>              | 14025,4              | 129.353,81                  | 143379,3                             | -31820,9         | Déficit |
| <b>2031</b>              | 14025,4              | 134.966,44                  | 148991,9                             | -36153,3         | Déficit |
| <b>2032</b>              | 14025,4              | 138.664,32                  | 152689,8                             | -40841,9         | Déficit |
| <b>2033</b>              | 14025,4              | 141.169,61                  | 155195,1                             | -42051,8         | Déficit |
| <b>2034</b>              | 14025,4              | 146.607,98                  | 160633,4                             | -46187,3         | Déficit |
| <b>2035</b>              | 14025,4              | 149.203,60                  | 163229                               | -48652,5         | Déficit |

## PARÁMETROS TOMADOS IN SITU

| INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE (Personal técnico de muestreo)   |                            |                       |  |                               |                      |   |
|--|----------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|----------------------|---|
| Nombre: PI   |                            |                       | Correo electrónico: amvelsq@espol.edu.ec prosales@espol.edu.ec |                               |                      |   |
| Organización: ESPOL - FICT                                   |                            |                       | Teléfono:  |                               |                      |   |
| DATOS GENERALES DE LA MUESTRA                                |                            |                       |  |                               |                      |   |
| Ubicación  | Fecha de muestreo          | Hora de muestreo      | Código de muestra  | Tipo de fuente                | Tipo de muestreo     | Volumen de muestra                            |
| X: 615456<br>Y: 0762408                                      | 9 Junio 2022               | 10:30                 | PI   | Lago de Ingenierías           | Botella Van Dorn     | 20L   |
| Tipo de recipiente   | Refrigeración/ Congelación | Conservante           | Observaciones  |                               |                      |   |
| Plástico   | ✓                          | Ninguno               |  |                               |                      |   |
| Parámetros medidos in-situ                                   |                            |                       |  |                               | Análisis solicitado: |   |
| Objeto del muestreo: ( ) Diagnóstico ( ) Control o Monitoreo |                            |                       |  |                               |                      |   |
| pH   | Temperatura (°C)           | Conductividad (mS/cm) | STD (mg/L)   | Oxígeno disuelto (mg/L)       | Turbidez (NTU)       | resistividad 3.355 KR<br>Salinidad 143,9 mg/L |
| 6.44   | 24.7                       | 564,7 mS/cm           | 146,9  | —                             | —                    |   |
| RECEPCIÓN DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                       |                            |                       |  |                               |                      |   |
| Fecha de recepción:  |                            | Hora de recepción:    |  | Código asignado a la muestra: |                      |   |
| Nombre de quien entrega: _____                               |                            |                       |  | Firma: _____                  |                      |   |
| Nombre de quien recibe: _____                                |                            |                       |  | Firma: _____                  |                      |   |
| Observaciones:   |                            |                       |  |                               |                      |   |

Figura 6.2 Información del muestreo IN SITU, punto 1.

| INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE (Personal técnico de muestreo)   |                            |                       |  |                               |                      |                          |                    |
|--|----------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------|
| Nombre: P2   |                            |                       | Correo electrónico: omvelasg@espol.edu.ec proales@espol.edu.ec |                               |                      |                          |                    |
| Organización: ESPOL FICT                                     |                            |                       | Teléfono:  |                               |                      |                          |                    |
| DATOS GENERALES DE LA MUESTRA                                |                            |                       |  |                               |                      |                          |                    |
| Ubicación  |                            | Fecha de muestreo     | Hora de muestreo   | Código de muestra             | Tipo de fuente       | Tipo de muestreo         | Volumen de muestra |
| X: 615403  | Y: 9762869                 | 9 de junio 2022       | 11:20  | P2                            | Logo de Ingeniería   | Botella de Van Dorn      | 20L                |
| Tipo de recipiente   | Refrigeración/ Congelación | Conservante           |  | Observaciones                 |                      |                          |                    |
| Plástico   | ✓                          | Ninguno               |  |                               |                      |                          |                    |
| Parámetros medidos in-situ                                   |                            |                       |  |                               | Análisis solicitado: |                          |                    |
| Objeto del muestreo: ( ) Diagnóstico ( ) Control o Monitoreo |                            |                       |  |                               |                      |                          |                    |
| pH   | Temperatura (°C)           | Conductividad (mS/cm) | STD (mg/L)   | Oxígeno disuelto (mg/L)       | Turbidez (NTU)       | Salinidad: 146,3 mg/L    |                    |
| 6,66   | 24,9                       | 561,9 µS/cm           | 148,6  | —                             | —                    | Resis. hídrica: 3.358 KR |                    |
| RECEPCIÓN DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                       |                            |                       |  |                               |                      |                          |                    |
| Fecha de recepción:  |                            | Hora de recepción:    |  | Código asignado a la muestra: |                      |                          |                    |
| Nombre de quien entrega: _____                               |                            |                       |  | Firma: _____                  |                      |                          |                    |
| Nombre de quien recibe: _____                                |                            |                       |  | Firma: _____                  |                      |                          |                    |
| Observaciones:   |                            |                       |  |                               |                      |                          |                    |

Figura 6.3 Información del muestreo IN SITU, punto 2.

| INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE (Personal técnico de muestreo)   |                            |                       |  |                         |                               |   |                    |
|--|----------------------------|-----------------------|--|-------------------------|-------------------------------|---|--------------------|
| Nombre: P3   |                            |                       | Correo electrónico: amveloz@epz01.edu.ec prosales@epz01.edu.ec |                         |                               |   |                    |
| Organización: ESPOL - FICF                                   |                            |                       | Teléfono:  |                         |                               |   |                    |
| DATOS GENERALES DE LA MUESTRA                                |                            |                       |  |                         |                               |   |                    |
| Ubicación  |                            | Fecha de muestreo     | Hora de muestreo   | Código de muestra       | Tipo de fuente                | Tipo de muestreo                                | Volumen de muestra |
| X: 615302 Y: 762792  |                            | 9 Junio 2022          | 12:23  | P3                      | Logo de Ingenierías           | Botella de Vandorn                              | 20L                |
| Tipo de recipiente   | Refrigeración/ Congelación | Conservante           |  | Observaciones           |                               |   |                    |
| Plástico   | ✓                          | Ninguno               |  |                         |                               |   |                    |
| Parámetros medidos in-situ                                   |                            |                       |  |                         | Análisis solicitado:          |   |                    |
| Objeto del muestreo: ( ) Diagnostico ( ) Control o Monitoreo |                            |                       |  |                         |                               |   |                    |
| pH   | Temperatura (°C)           | Conductividad (mS/cm) | STD (mg/L)   | Oxígeno disuelto (mg/L) | Turbidez (NTU)                | Salinidad = 144 mg/L<br>Resistividad = 3.393 KΩ |                    |
| 6,5+   | 24,7                       | 556 μS/cm             | 147,3  | —                       | —                             |   |                    |
| RECEPCIÓN DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                       |                            |                       |  |                         |                               |   |                    |
| Fecha de recepción:  |                            |                       | Hora de recepción:   |                         | Código asignado a la muestra: |   |                    |
| Nombre de quien entrega: _____                               |                            |                       |  | Firma: _____            |                               |   |                    |
| Nombre de quien recibe: _____                                |                            |                       |  | Firma: _____            |                               |   |                    |
| Observaciones:   |                            |                       |  |                         |                               |   |                    |

Figura 6.4 Información del muestreo IN SITU, punto 3.

| INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE (Personal técnico de muestreo)   |                            |                       |                     |                               |                      |                         |                    |
|--|----------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|
| Nombre: P4   |                            |                       | Correo electrónico: |                               |                      |                         |                    |
| Organización:  |                            |                       | Teléfono:           |                               |                      |                         |                    |
| DATOS GENERALES DE LA MUESTRA                                |                            |                       |                     |                               |                      |                         |                    |
| Ubicación  |                            | Fecha de muestreo     | Hora de muestreo    | Código de muestra             | Tipo de fuente       | Tipo de muestreo        | Volumen de muestra |
| X: 815568  | Y: 9762551                 | 3 Junio/2022          | 14:03               | P4                            | Lago de Ingeniería   | Botella de Van Dorn     |                    |
| Tipo de recipiente   | Refrigeración/ Congelación | Conservante           |                     | Observaciones                 |                      |                         |                    |
| Plástico   | ✓                          | Ninguno               |                     |                               |                      |                         |                    |
| Parámetros medidos in-situ                                   |                            |                       |                     |                               | Análisis solicitado: |                         |                    |
| Objeto del muestreo: ( ) Diagnóstico ( ) Control o Monitoreo |                            |                       |                     |                               |                      |                         |                    |
| pH   | Temperatura (°C)           | Conductividad (mS/cm) | STD (mg/L)          | Oxígeno disuelto (mg/L)       | Turbidez (NTU)       | Salinidad = 145 mg/L    |                    |
| 6,48   | 29,9                       | 558,9 μS/cm           | 147,6               | —                             | —                    | Resistividad = 3.383 KR |                    |
| RECEPCIÓN DE MUESTRA EN EL LABORATORIO                       |                            |                       |                     |                               |                      |                         |                    |
| Fecha de recepción:  |                            | Hora de recepción:    |                     | Código asignado a la muestra: |                      |                         |                    |
| Nombre de quien entrega: _____                               |                            |                       |                     | Firma: _____                  |                      |                         |                    |
| Nombre de quien recibe: _____                                |                            |                       |                     | Firma: _____                  |                      |                         |                    |
| Observaciones:   |                            |                       |                     |                               |                      |                         |                    |

Figura 6.5 Información del muestreo IN SITU, punto 4.

## CARACTERIZACIÓN DE AGUA CRUDA

**Tabla 6.11 Resultados ensayo dureza total.**

| Dureza Total |      |       |     |      |              |                          |                          |
|--------------|------|-------|-----|------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| Muestra      | Vo   | Vf    | Vc  | Fact | Dureza total | Fact (Ca <sup>2+</sup> ) | Fact (Mg <sup>2+</sup> ) |
| 1            | 26.3 | 31.6  | 5.3 | 20   | 106          | 42.4                     | 25.758                   |
| 2            | 31.6 | 37.36 | 5.7 | 20   | 114          | 45.6                     | 27.702                   |

**Tabla 6.12 Medición de la muestra 3 Antes del Test de Jarras.**

|    | Dosis optima (mg/L) | pH   | OD (mg/L) | CE (μS/cm) | TDS (mg/L) | T (°C) | Turbidez Inicial (NTU) |
|----|---------------------|------|-----------|------------|------------|--------|------------------------|
| M1 | 25                  | 6,73 | 4,83      | 174,5      | 90         | 21,5   | 4,58                   |

**Tabla 6.13 Ensayo de Test de Jarras para la muestra 3.**

| Concentración | Eficiencia | Turbidez Inicial | Turbidez Final |
|---------------|------------|------------------|----------------|
| 10            | 51%        | 4,58             | 2,26           |
| 12            | 55%        | 4,58             | 2,08           |
| 16            | 61%        | 4,58             | 1,77           |
| 20            | 67%        | 4,58             | 1,53           |
| 25            | 72%        | 4,58             | 1,29           |
| 30            | 75%        | 4,58             | 1,16           |
| 35            | 76%        | 4,58             | 1,10           |
| 40            | 74%        | 4,58             | 1,17           |

**Tabla 6.14 Medición de la muestra 3 Después del Test de Jarras.**

|    | Dosis óptima (mg/L) | pH   | OD (mg/L) | CE (μS/cm) | TDS (mg/L) | T (°C) | Turbidez Final (NTU) |
|----|---------------------|------|-----------|------------|------------|--------|----------------------|
| M1 | 25                  | 6,49 | 7,88      | 187,8      | 89,1       | 24,8   | 1,64                 |

**Tabla 6.15 Ensayo de Break Point.**

| Dilución | # Gotas | Dosis (mg/l) | Lectura del cloro libre | Concentración del producto |
|----------|---------|--------------|-------------------------|----------------------------|
|          |         |              | B. muestra              |                            |
| S/D      | 0,5     | 0,015        | 0,130                   | 3%                         |
| S/D      | 1       | 0,03         | 0,070                   | 3%                         |
| S/D      | 1,5     | 0,045        | 0,130                   | 3%                         |

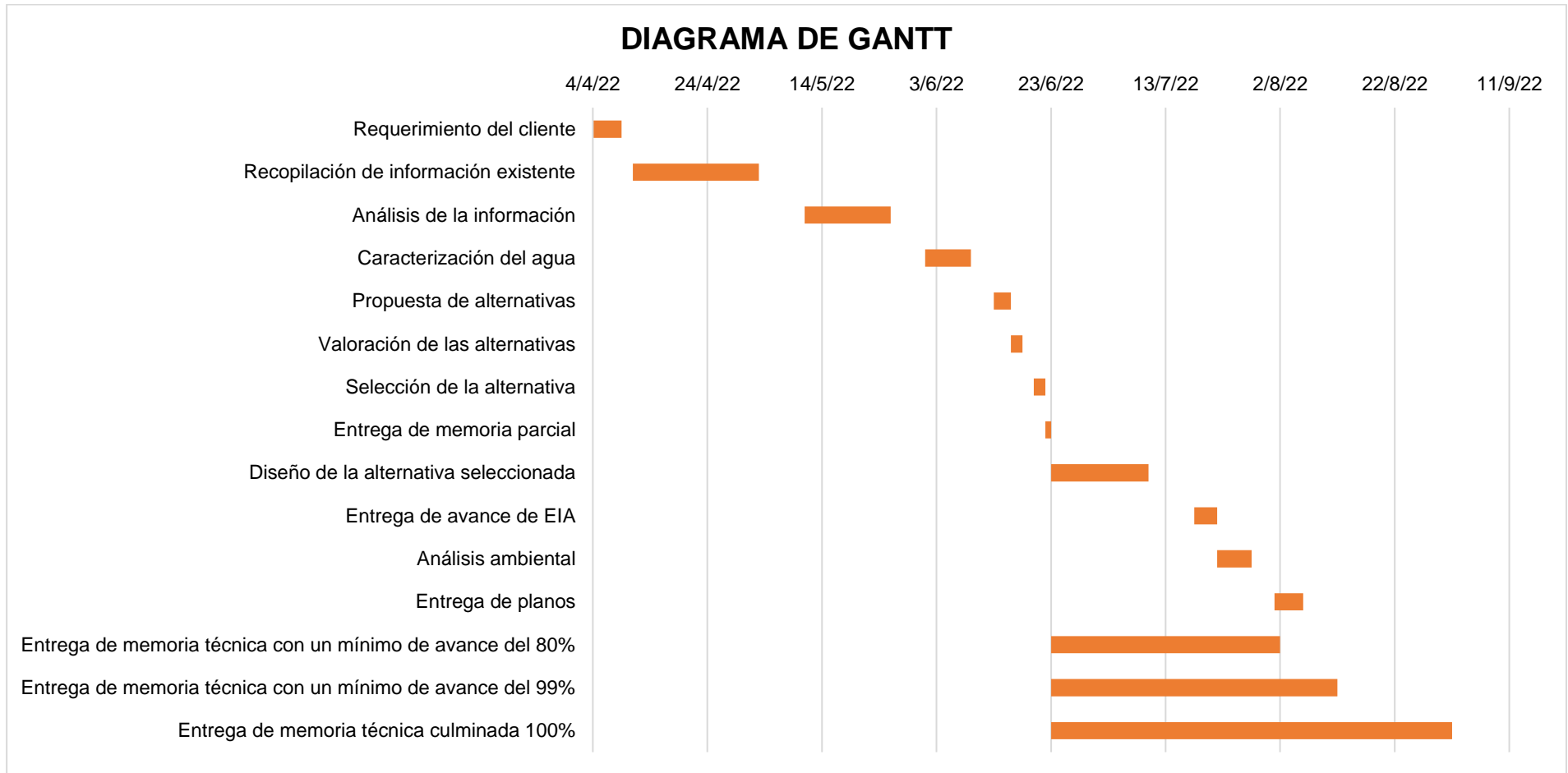


|                              |     |       |       |     |
|------------------------------|-----|-------|-------|-----|
| S/D                          | 2   | 0,06  | 0,070 | 3%  |
| S/D                          | 1   | 0,07  | 0,100 | 7%  |
| S/D                          | 2,5 | 0,075 | 0,060 | 3%  |
| S/D                          | 3   | 0,09  | 0,120 | 3%  |
| S/D                          | 4   | 0,12  | 0,140 | 3%  |
| S/D                          | 2   | 0,14  | 0,150 | 7%  |
| S/D                          | 2,5 | 0,175 | 0,210 | 7%  |
| S/D                          | 3   | 0,21  | 0,230 | 7%  |
| S/D                          | 3,5 | 0,245 | 0,470 | 7%  |
| S/D                          | 4   | 0,28  | 0,580 | 7%  |
| S/D                          | 5   | 0,35  | 0,78  | 7%  |
| S/D                          | 6   | 0,42  | 1,37  | 7%  |
| S/D                          | 7   | 0,49  | 2,18  | 7%  |
| S/D                          | 8   | 0,56  | 2,39  | 7%  |
| S/D                          | 9   | 0,63  | 3,2   | 7%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 12  | 0,84  | 3,8   | 7%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 34  | 1,02  | 5,8   | 3%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 22  | 1,54  | 11,2  | 7%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 26  | 1,82  | 17,8  | 7%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 40  | 2     | 15    | 5%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 36  | 2,52  | 6,7   | 7%  |
| DILUCIÓN 1ml + 9ml DIH2O     | 30  | 3,12  | 3,2   | 10% |
| DILUCIÓN 0,5ml + 9,5ml DIH2O | 35  | 3,5   | 23,2  | 10% |
| DILUCIÓN 0,5ml + 9,5ml DIH2O | 40  | 4     | 74    | 10% |

**Tabla 6.16 Resultado ensayo bicarbonato.**

| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |         |         |     |    |         |             |                                      |
|-------------------------------|---------|---------|-----|----|---------|-------------|--------------------------------------|
| Muestra                       | Vo (ml) | Vf (ml) | Vc  | F  | P (alc) | Total (alc) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L) |
| <b>1</b>                      | 33.3    | 39.5    | 6.2 | 20 | 0       | 124         | 124                                  |
| <b>2</b>                      | 39.5    | 45.6    | 6.1 | 20 | 0       | 122         | 122                                  |

## PLAN DE TRABAJO



**Figura 6.6 Plan de trabajo de la materia integradora, diagrama de Gantt.**