



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL  
RECINTO SAN CARLOS I Y II DEL CANTÓN BALAO

RAMON PATIÑO MAXIMO MANUEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO  
SANTARIO DEL RECINTO SAN CARLOS I Y II DEL CANTÓN  
BALAO

RAMON PATIÑO MAXIMO MANUEL  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN  
ANÁLISIS DE CASOS

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL RECINTO  
SAN CARLOS I Y II DEL CANTÓN BALAO

RAMON PATIÑO MAXIMO MANUEL  
INGENIERO CIVIL

AGUIRRE MORALES FREDY ALEJANDRO

MACHALA, 29 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
2021

# EVALUACION DEL SISTEMA DE AASS SAN CARLOS, CANTO BALAO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repository.unimilitar.edu.co](http://repository.unimilitar.edu.co)

Fuente de Internet

<1%

2

Submitted to Universidad de La Laguna

Trabajo del estudiante

<1%

3

[www.oz-peru.com](http://www.oz-peru.com)

Fuente de Internet

<1%

4

Submitted to ESIC Business & Marketing School

Trabajo del estudiante

<1%

5

[bibdigital.epn.edu.ec](http://bibdigital.epn.edu.ec)

Fuente de Internet

<1%

6

[doaj.org](http://doaj.org)

Fuente de Internet

<1%

7

[www.cocef.org](http://www.cocef.org)

Fuente de Internet

<1%

8

[metalistasdecimodos.blogspot.com](http://metalistasdecimodos.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1%



## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, RAMON PATIÑO MAXIMO MANUEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL RECINTO SAN CARLOS I Y II DEL CANTÓN BALAO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 29 de septiembre de 2021



RAMON PATIÑO MAXIMO MANUEL  
0929771889

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño dedico este trabajo a mi familia; Mi madre, mis hermanos, mi esposa, mi hijo, a mi padre que sin estar presente hubiese estado muy feliz...

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Agueda del Rosario Patiño, a mis hermanos, José Ramon, Vicente Ramón, a mi hijo Marx Ibrahim, a mis tíos Benjamín Patiño, y Nancy Tandazo, a mis amigos y familiares de una o otra forma aportaron en mi formación académica, a la universidad pública que me abrió las puertas del conocimiento, y en especial a mis tutores de tesis, a los ingenieros: Fredy Aguirre, Ángel Carrillo, Carlos Berrú y Javier Oyola.

**Ramón Patiño Máximo Manuel**

## RESUMEN

En el Ecuador los sistemas de tratamiento de aguas residuales tienen un porcentaje bajo de cobertura, y en los lugares donde existen no se hace una evaluación íntegra sino parcial. La provincia que trata de mejor forma las aguas residuales es Azuay, y última la ciudad de Ibarra con una planta de lodos activados.

Existen varios tipos de sistemas de tratamiento para aguas residuales, esto depende de factores, como el número de habitante, clima, tipo de carga contaminante, caudal, y el tema de presupuesto, entre ellas las lagunas de estabilización que por su bajo costo en operación ha sido utilizada en la parte urbana como rural de nuestro país, este tipo de tratamiento es el que existe en el recinto San Carlos del cantón Balao lugar donde se desarrolló la investigación.

Este trabajo se planteó con el fin de recabar información bibliográfica y de campo que permita evaluar el funcionamiento del sistema de alcantarillado, que a la fecha de evaluación se encuentra a un poco menos de la mitad del del periodo de diseño, verificando los parámetros de calidad del agua en el efluente para compararlos con los de la Norma Ambiental (Libro VI anexo 1) y determinar si la planta está cumpliendo con los parámetros mínimos permitidos, en cuanto a la descarga de aguas servidas en cuerpos receptores de agua dulce, que luego es utilizado para riego del sector agrícola de la zona.

La parte hidráulica de recolección de aguas servidas y el sistema de bombeo se compararon con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, para lo cual se utilizó métodos de investigación bibliográfica e investigación de campo.

Una parte de la información bibliográfica del sistema, la obtuvimos mediante oficio previo al departamento de planificación y alcantarillado sanitario del municipio del cantón Balao, información que no se encuentra directamente en el portal de compras públicas.

Los datos adicionales del sitio se obtuvieron mediante una serie de trabajos en el campo, tales como: nivelación geométrica para conocer las cotas del terreno, medición de profundidad, distancias, pendientes, diámetro de tuberías de los pozos principales.

En el sistema de bombeo se verificó las dimensiones, las características de la bomba instalada, y se realizó los aforos con el método volumétrico para determinar el caudal de bombeo.

En la planta de tratamiento se realizó aforos, para determinar el caudal de entrada utilizando el método de vertedero sin contracción, se verificó las dimensiones, se calculó volumen de agua y lodos, tanto en la laguna facultativa como en la de maduración.

En el cuerpo receptor se realizó aforos mediante el método de flotador para determinar su caudal, se comparó la carga contaminante de entrada, así como los parámetros que se debe cumplir en la descarga con la norma ambiental, y de esta forma poder cuantificar la eficiencia de la planta.

Se pudo concluir que el sistema de tratamiento en general cumple con las disposiciones establecidas en las normativas, tanto de diseño como la normativa ambiental, y en los parámetros que no cumplió se realizó las observaciones respectivas del caso.

**Palabras clave:** plantas de tratamiento, aguas residuales, lagunas de estabilización, estación de bombeo, dotación.

## ABSTRACT

In Ecuador, wastewater treatment systems have a low percentage of coverage, and in places where they exist, a full but partial evaluation is not made. The province that best treats wastewater is Azuay, and last the city of Ibarra with an activated sludge plant.

There are several types of treatment systems for wastewater, this depends on factors, such as the number of inhabitant, climate, type of pollutant load, flow, and the budget issue, including the stabilization lagoons that due to its low cost in operation has been used in the urban and rural part of our country, this type of treatment is the one that exists in the San Carlos enclosure of the Balao canton where it was developed research.

This work was proposed in order to collect bibliographic and field information to evaluate the operation of the sewerage system, which at the date of evaluation is a little less than half of the design period, verifying the parameters of water quality in the effluent to compare them with those of the Environmental Standard (Book VI annex 1) and determine if the plant is complying with the parameters minimum allowed, in terms of the discharge of wastewater into freshwater receiving bodies, which is then used for irrigation of the agricultural sector of the area.

The hydraulic part of wastewater collection and the pumping system were compared with the CPE INEN 5 Part 9-1:1992 standard, for which bibliographic research and field research methods were used.

A part of the bibliographic information of the system, we obtained it by means of a previous letter to the department of planning and sanitary sewerage of the municipality of the canton Balao, information that is not directly in the portal of public purchases.

Additional data from the site were obtained through a series of works in the field, such as: geometric leveling to know the heights of the terrain, depth measurement, distances, slopes, diameter of pipes of the main wells.

In the pumping system, the dimensions and characteristics of the installed pump were verified, and the capacity was carried out with the volumetric method to determine the pumping flow.

In the treatment plant, capacity was carried out to determine the inflow rate using the landfill method without contraction, the dimensions were verified, the volume of water and slurt was calculated, both in the facultative lagoon and in the maturation lagoon.

In the receiving body, capacity was carried out using the float method to determine its flow, the inlet pollutant load was compared, as well as the parameters that must be met in the discharge with the environmental standard, and in this way be able to quantify the efficiency of the plant.

It was possible to conclude that the treatment system in general complies with the provisions established in the regulations, both design and environmental regulations, and in the parameters that it did not comply with, the respective observations of the case were made.

**Keywords:** treatment plants, wastewater, stabilization ponds, pumping station, equipment.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>16</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO</b>	<b>16</b>
1.1. Definición y contextualización del objeto de estudio	16
1.2. Hechos de interés	19
1.3. Objetivos de la investigación.	22
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>24</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO</b>	<b>24</b>
2.1. Descripción del enfoque epistemológico de referencia	24
2.2. Bases teóricas de la investigación	25
<b>Tratamiento de aguas residuales</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>34</b>
<b>3. PROCESO METODOLÓGICO</b>	<b>34</b>
3.1. Diseño o tradición de investigación seleccionada	34
3.2. Proceso de recolección de datos en la investigación	34
3.3. Sistema de categorización en el análisis de los datos	36
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>37</b>
4.1. Descripción y argumentación teórica de resultados	37
4.2. Conclusiones	57
4.3. Recomendaciones	57
<b>5. ANEXOS</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [1]	16
Ilustración 2. Vista Satelital del recinto San Carlos. Fuente: [2]	17
Ilustración 3. Delimitación del recinto San Carlos. Fuente: [3]	17
Ilustración 4. Pozo séptico (similar a los usados en San Carlos). Fuente: [4]	18
Ilustración 5. Dominios de investigación de la UTMACH. Fuente: [5]	24
Ilustración 6. Líneas de investigación del Dominio Desarrollo Social. Fuente: [5]	25
Ilustración 7. Tipos de sistemas de alcantarillado. Fuente: [6]	26
Ilustración 8. Planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [7]	27
Ilustración 9. Objetivos de una planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [8]	28
Ilustración 10. Laguna de estabilización de la planta de tratamiento de aguas residuales del Recinto San Carlos. Fuente: Elaboración Propia.	28
Ilustración 11. Ventajas de los tratamientos anaerobios ante los aerobios. Fuente: [9]	29
Ilustración 12. Esquematación de una laguna facultativa. Fuente: [10]	30
Ilustración 13. Medidores del Recinto San Carlos. Fuente: Elaboración Propia.	37
Ilustración 14. Dotaciones recomendadas en la normativa. Fuente: Secretaría del Agua	38
Ilustración 15. Nivelación geométrica del terreno. Fuente: Elaboración propia	40
Ilustración 16. Tapa de caja domiciliaria. Fuente: Elaboración propia.	46
Ilustración 17. Revisión de pozos principales. Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 18. Ejecución de un aforo en el afluente de la estación de bombeo. Fuente: Elaboración propia	46
Ilustración 19. Planos del sistema de bombeo. Fuente: Elaboración propia	47
Ilustración 20. Ficha técnica de la bomba. Fuente: Memoria técnica del municipio	48
Ilustración 21. Curva de la Bomba. Fuente: Memoria técnica del fabricante	48
Ilustración 22. Vertedero rectangular sin contracción. Fuente: Elaboración propia	49
Ilustración 23. Dimensiones del desarenador ascendente circular. Fuente: Elaboración propia	51
Ilustración 24. Vertedero rectangular sin contracción. Fuente: Elaboración propia	51
Ilustración 25. Laguna de maduración. Fuente: Elaboración propia	53
Ilustración 26. Dimensionamiento de la capa de lodos. Fuente: Elaboración propia.	54
Ilustración 27. Cuerpo Receptor. Fuente: Elaboración propia	54



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Definición de algunas características físicas del agua residual. Fuente: [11]	31
Cuadro 2. Tasa de crecimiento anual. Fuente: [22]	34
Cuadro 3. La columna resaltada indica el periodo de diseño del sistema de alcantarillado del recinto San Carlos. Fuente: [22]	35
Cuadro 4. Dotaciones recomendadas en la normativa. Fuente: Secretaría del Agua	38
Cuadro 5. Valores de cotas obtenidos en la nivelación geométrica del terreno. Fuente: Elaboración Propia.	41
Cuadro 6. Longitudes entre pozos. Fuente: Elaboración propia	42
Cuadro 7. Diámetros de las tuberías de la red principal. Fuente: Elaboración propia	43
Cuadro 8. Relaciones hidráulicas calculadas. Fuente: Elaboración propia.	43
Cuadro 9. Velocidades de la red. Fuente: Elaboración propia.	44
Cuadro 10. Cotas del terreno. Fuente: Elaboración propia.	45
Cuadro 11. Aportes per-cápita Fuente: INEN parte 5-1992	47
Cuadro 12. Aportes per-cápita de agua residual doméstica. Fuente: INEN parte 5-1992	49
Cuadro 13. Temperaturas para diseño de lagunas. Fuente: INEN parte 5-1992	52
Cuadro 14. Procesos de tratamiento y grados de remoción. Fuente: INEN parte 5-1992	52
Cuadro 15. Parámetros de calidad en el cuerpo Receptor. Fuente: Elaboración propia	56

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se manejan mucho las evaluaciones de impacto ambiental en obras civiles, esto engloba a todos los factores ambientales: aire, suelo y agua; este último tiene gran incidencia y participación en los proyectos de construcción, por lo mismo hay que limitar su consumo y aprovecharlo al máximo. A raíz de esto se ha venido promoviendo la reutilización de las aguas residuales recogidas luego de ser utilizadas en distintas actividades del hombre, para lo cual es necesario que se sometan a un tratamiento de remoción de contaminantes.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso que tiene como objetivo restaurar la composición del agua que tiene presencia de carga contaminante, producto del uso doméstico, industrial, institucional, entre otros, utilizando procesos biológicos, físicos y químicos que permiten devolver al ambiente un efluente apto para reutilizarse. El tratamiento de aguas se efectúa en varias etapas removiendo diferentes tipos de contaminantes en cada fase, para ello existen diferentes sistemas que pueden adoptarse de a conveniencia siendo ellos: tamizado, filtración de sólidos, coagulación, oxidación, eliminación de nutrientes, lagunaje, humedales, lodos activados, entre otros.

Este es un proceso planificado y supervisado de inicio a fin, es decir, desde la recolección de las aguas en el lugar de producción hasta el efluente que descarga al cuerpo receptor al final del tratamiento; esto se realiza a razón de que para una obra civil de este tipo es desafiante mantener el control ambiental si no se maneja desde su concepción.

Este trabajo investigativo refiere la evaluación de un sistema de alcantarillado localizado en el Recinto San Carlos del cantón Balao en la provincia del Guayas, mismo que tiene como objetivo obtener información acerca de los parámetros de calidad con que se obtiene el efluente saliente de la planta de tratamiento, para compararlos con los parámetros establecidos en las legislaciones vigentes a nivel nacional.

La metodología de investigación utilizada se basa principalmente en la recolección de datos en el sitio y la búsqueda de información bibliográfica que facilita la contextualización del objeto de estudio, esta metodología mixta permite obtener la información necesaria para desarrollar la investigación y combinada con métodos como el análisis y la síntesis se puede procesar satisfactoriamente esta información.

Lo que se espera al final es verificar si se cumplen o no los parámetros de calidad del efluente con parámetros de calidad establecidos en la normativa ambiental vigente.

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES DEL OBJETO DE ESTUDIO

#### 1.1. Definición y contextualización del objeto de estudio

Actualmente se acrecenta cada vez más la necesidad de depurar aguas residuales a fin de mejorar su calidad antes de verterlas a un cuerpo receptor y de alguna manera ampliar el campo de aprovechamiento después de tratadas [12]. En muchos países es una obligación presentar un plan estratégico para el tratamiento de aguas residuales acompañando el proyecto de construcción de un sistema de alcantarillado; estas exigencias surgen a partir de la conciencia mundial actual sobre el cuidado del ambiente en el que se involucran cada vez más naciones.



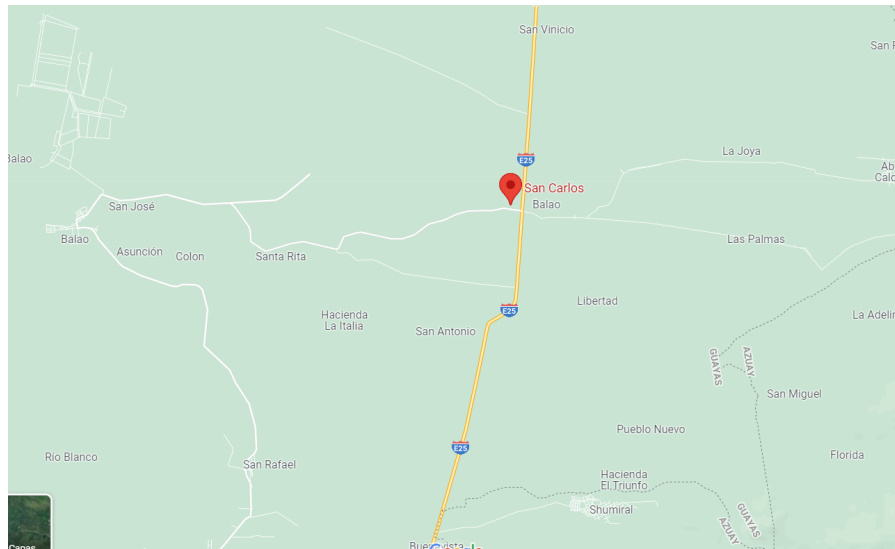
*Ilustración 1. Planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [1]*

El tratamiento de aguas residuales se realiza mediante diversos procesos secuenciales, estos son: primario, secundario y terciario.

En el primer proceso se reserva en un recipiente las aguas residuales (por un lapso de tiempo), logrando que se asienten los sólidos más pesados y que queden suspendidos los más livianos; en el segundo proceso se elimina los sólidos en suspensión y se emplean otros métodos para eliminar los microorganismos presentes en el agua; en el proceso final se ejecuta la desinfección del agua tratada antes de que sea vertida en el cauce de un río o se le de una disposición final [13].

Actualmente se utilizan diferentes métodos de tratamiento del agua residual los cuales varían dependiendo la etapa, de manera general se tiene: el cribado, lodos activados, reactores biológicos, filtración, lagunas de estabilización, humedales artificiales y desinfección, por mencionar algunos. En este proyecto se describe el tratamiento de aguas

mediante lagunas de estabilización, como referencia del sistema que se maneja en los recintos San Carlos 1 y 2 del cantón Balao perteneciente a la provincia del Guayas.



*Ilustración 2. Vista Satelital del recinto San Carlos. Fuente: [2]*



*Ilustración 3. Delimitación del recinto San Carlos. Fuente: [3]*

Haciendo un breve contexto del lugar en donde se desarrolla la investigación, el recinto San Carlos se ubica en el suroeste del Guayas a una distancia aproximada de 16 km del cantón

Balao, su temperatura promedio es de 25 °C y la topografía del suelo es relativamente plana; según el censo poblacional del 2010, el cantón contaba con 1918 personas en ese entonces pero paulatinamente ese número ha ido creciendo [14]; el mayor riesgo natural son las inundaciones ocasionadas porque el recinto no cuenta con un sistema de evacuación pluvial, por lo que se suele incomodar la circulación de los habitantes además de que pone en riesgo el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas servidas.

Para realizar una correcta evaluación del sistema de alcantarillado sanitario se debe analizar la situación del cantón previo a la construcción del alcantarillado actual, en donde los habitantes del recinto San Carlos utilizaban pozos sépticos cuya construcción hacía notar la deficiencia de su desempeño, en épocas de lluvia era muy común observar que el nivel de agua contenida en estos pozos rebasaba su límite de capacidad y las aguas negras entraban en contacto con las calles; como resultado de esto era fácil encontrar nidos de roedores y de insectos como los mosquitos que eran los principales causantes de enfermedades en los habitantes del sector.

Por otra parte, el suelo también se veía afectado con esta situación debido a la infiltración de aguas servidas que al entrar en contacto con sus partículas tienden a alterar las características del suelo.



*Ilustración 4. Pozo séptico (similar a los usados en San Carlos). Fuente: [4]*

Quienes no utilizaban el sistema de pozos sépticos, descargaban las aguas directamente a un canal de riego causando así consecuencias en los sembríos, puesto que este canal era usado para riego agrícola.

Actualmente se han implementado varias alternativas que buscan reducir el impacto ambiental que tiene el manejo de las aguas residuales, pues se conoce que para tratarlas

existen procesos como lagunas, humedales, desinfección, entre otros. Las alternativas mencionadas enmarcan el aprovechamiento de recursos en cada actividad por ejemplo: la sostenibilidad económica, energética y ambiental que tiene el proceso de carbonización de lodos residuales para su posterior reutilización, en medio de todo tiene su originalidad puesto que no suele considerarse a este material para procesos futuros luego del tratamiento de aguas residuales.

Este proceso muestra rentabilidad económica debido a su bajo costo de producción tiene alta responsabilidad ambiental y es sostenible a corto y largo plazo [15].

Para el recinto San Carlos, la perspectiva en cuanto al tratamiento de aguas se muestra de la siguiente manera: los aparatos de bombeo tienen una proyección de vida útil de 15 años mientras que los pozos de bombeo, la red de tuberías y la planta de tratamiento se proyectan para una duración de 25 años debiéndose realizar un mantenimiento regular y una evaluación de funcionalidad transcurrido este periodo de tiempo [14].

## **1.2. Hechos de interés**

- En México, para el tratamiento de las aguas residuales, el método más empleado es el de lagunas de estabilización que representan aproximadamente un 40% del total de plantas de tratamiento en el país, también se conoce que gran parte de los sistemas de tratamiento de agua residual, trabajan con flujos de igual o menor caudal a 5 L/s [16], por lo cual son clasificadas como instalaciones pequeñas; su diseño y operación deficiente representa un problema inminente al momento de observar los resultados en el cuerpo receptor, puesto que los parámetros de calidad son considerablemente bajos y no cumplen con lo especificado en la normativa regente.

Ante esta situación se han planteado una serie de proyectos que buscan reducir el problema, mostrando alternativas que optimizan el tratamiento de las aguas residuales a través de instalaciones con dos lagunas (facultativa y de pulimento), pero considerando diferentes variables ambientales en su diseño, estas se aplican específicamente en la Comarca Lagunera de Durango y tienen como objetivo principal eliminar la materia orgánica, coliformes fecales, huevos de Helminto y nutrientes como fósforo y nitrógeno [16].

Uno de los proyectos puntualiza el uso de un algoritmo que promueve la remoción mayoritaria de contaminantes en el agua a un mínimo costo, utilizando dos tipos de lagunas: facultativa y de maduración, se tiene limitaciones como: coliformes fecales,

materia orgánica, cantidad de pantallas y tiempo de contención que representan las variables en el modelo matemático [17].

- En la provincia de Mayabeque en Cuba, desde el año 1971 se percibe la construcción de lagunas de estabilización como método de tratamiento de aguas residuales, debido a la eficiencia de remoción de contaminantes y al bajo costo que implica su implementación. El número total de lagunas repartidas en la provincia era 15 (todas facultativas); sin embargo, desde el año 2005 aproximadamente empezaron a notarse ciertas deficiencias en estos sistemas, tres lagunas inoperables y cinco carentes de reparación fueron los resultados obtenidos en las investigaciones auditoras que se efectuaron a estas lagunas.

Otro dato importante obtenido es el porcentaje de la eficiencia de remoción, cuyos valores fluctúan entre el 70 y 85% [18], manteniendo un PH neutro en las lagunas. El caudal que llega al afluente es entre 273 y 4320 m<sup>3</sup>/d, los sólidos en suspensión (SS) en el efluente también se presentan en cantidades menores con respecto al afluente cuyos valores están entre el 0,1 y 4,0 cm<sup>3</sup>/L en comparación al 0,1 y 6,5 cm<sup>3</sup>/L a la entrada de la laguna [18].

Respecto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se encontraron novedades en algunas lagunas del sistema, puesto que existía mayor concentración en el efluente que en el afluente es decir, ganaba DQO en el proceso de depuración generando así problemas en el tratamiento del agua. Cabe mencionar que ninguna de las lagunas de estabilización existentes en Mayabeque ha eliminado completamente los coliformes fecales presentes en las aguas tratadas.

- En el municipio de São João de Iracema en São Paulo (Brasil) el tratamiento de aguas residuales se realiza a través de una planta de tratamiento, cuyo sistema se constituye por dos lagunas de estabilización: anaerobia y facultativa conectadas entre sí y que descargan hacia un arroyo conectado al río São José dos Dourados [19].

Para comprobar su eficiencia en cuanto a remoción de carga contaminante en las aguas residuales, se realizó una profunda investigación para lo cual se tuvo que hacer aforos durante 3 años consecutivamente en diferentes épocas del año, de ellos se pudo conocer los caudales del afluente que oscilan entre 0.02 y 2.5 L/s, el volumen de lodos retenidos en la primera laguna que es un aproximado de 20 m<sup>3</sup> siendo sedimentados en los tiempos respectivos por lo que no se altera al sistema

de tratamiento en este sentido y el volumen de lodos en la segunda laguna que sugiere valores aproximados de 150 m<sup>3</sup> [19].

Este sistema de lagunas determinó que el efluente de las aguas domésticas (al tener residuos lácteos) es considerado perjudicial en la biodegradabilidad de la materia orgánica, debiendo esto a la relación superior a 2.5 que existe entre la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno; se estima que la baja concentración de carga orgánica en las lagunas es la razón por la cual la remoción de DBO es baja, el nivel de coliformes fecales al final del sistema es elevado.

El proceso completo de tratamiento proporciona resultados deficientes cuyas aguas del efluente tienen una alta concentración de carga contaminante. Este tipo de estudios permite considerar a un post tratamiento como una herramienta indispensable para mejorar las condiciones del agua tratada, no obstante, es preciso tener en cuenta que los recursos económicos y tecnológicos del lugar no son muy favorables, por lo que se requiere que el sistema a implementarse para este fin tenga un bajo costo pero sin perder la capacidad de eficiencia en la remoción de carga contaminante.

- El problema del manejo de aguas servidas no solamente existe en la red pública de alcantarillado manejando las aguas residuales domésticas, sino también en zonas como instituciones educativas, tal es el caso de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.

Investigaciones han revelado que hay inconsistencias desde la dotación de agua al establecimiento, pues, las cisternas encargadas de dotar el líquido vital no satisfacen la demanda total cubriendo apenas un 20% de ella, lo mismo pasa con el sistema de alcantarillado que cubre casi la mitad de la demanda total [20].

La deficiente cobertura de algunos servicios básicos a la comunidad es un problema común en el país, particularmente en instituciones educativa en donde no se considera el aumento de estudiantes al momento de planificar los proyectos civiles, pues año a año se integran estudiantes lo que hace que la carencia de servicios se vuelva más evidente y se sienta aún más la necesidad.

Los sistemas de alcantarillado tienen trascendental importancia a nivel de sociedad y el tratamiento de las aguas servidas aún más [21], actualmente se emplean muchos métodos para desarrollar este proceso con el fin de causar el menor impacto ambiental posible. Para esta Facultad específicamente se ha propuesto la



reconstrucción del sistema completo debido a varios factores que afectan su desempeño, entre ellos el material obsoleto con el que está construido el sistema y que hoy en día está prohibido por las normativas vigentes.

- En el sector colinas San José de la ciudad de Rocafuerte (Manabí), Ecuador, el tratamiento de aguas residuales se lo hace a través del método de lagunas de estabilización, mismo que cuenta con 3 tipos de lagunas: aerobia, facultativa y de maduración o pulimento, ubicadas muy cerca al vertedero municipal y aledaño a un sector poblado [22].

Estudios han demostrado que su funcionamiento cumple con algunos de los parámetros mínimos estipulados en las normas ambientales, pero no dejan de ser peligrosas debido a los índices de calidad muy bajos con los que opera.

Las aguas del efluente quedan con niveles elevados de cobre, coliformes fecales, sólidos y oxígeno disueltos, que condicionan su descarga en los cuerpos receptores de agua; el desempeño de las lagunas de estabilización no es el más satisfactorio debido a que tienen un mal diseño estructural, sin protección impermeable de los taludes laterales ni de la base, esto ocasiona que se filtre el agua servida hasta el nivel subterráneo, tampoco existe un sistema adecuado de medición de caudales y el agua que se obtiene después de someterse al tratamiento no cumple con los estándares de calidad estipulados en la normativa ambiental pertinente.

Sin embargo, debido a la erosión y daño del terreno en el que se ubican las lagunas, se dice que es preferible que su funcionamiento continúe en ese mismo sitio como medida preventiva. Estas lagunas son el único método de tratamiento de aguas residuales en la ciudad por lo que los índices mínimos se cumplen y de cierta manera benefician a la población, mejorando así las condiciones sanitarias del sector.

### **1.3) Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1) Objetivo general**

- Realizar la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del recinto San Carlos 1 y 2 del cantón Balao, mediante la recolección de datos en el lugar de incidencia del proyecto que permitan determinar su estado actual, con el fin de proponer acciones que contribuyan a su mejora.

### **1.3.2) Objetivos específicos**

- Determinar las características y condiciones en cada componente del sistema de alcantarillado.
- Verificar el diseño hidráulico del sistema, y la estación de bombeo con la norma (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992).
- Determinar las características del efluente y afluente en el sistema de tratamiento, su eficiencia y cumplimiento de la normativa ambiental (Libro VI Anexo 1, modificado del TULSMA ).
- Emitir recomendaciones para cumplir con los parámetros de la normativa vigente

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DEL ESTUDIO

#### 2.1. Descripción del enfoque epistemológico de referencia

Las instituciones de educación superior desarrollan diversos programas con el fin de desarrollar la capacidad investigativa de la comunidad universitaria, para esto se plantean y aprueban algunos Dominios institucionales que son los principales gestores de la investigación científica, en la UTMACH estos dominios están encaminados a 5 áreas concretas:



*Ilustración 5. Dominios de investigación de la UTMACH. Fuente: [5]*

Estos 5 dominios se redirigen al estudio de un área en específico y a su vez engloban un grupo de líneas de investigación que constituyen una red de problemas planteados en base al objeto de estudio mediante los cuales se pretende contextualizar y determinar su magnitud. Esta investigación se referencia en el Dominio de Desarrollo Social (DS) que vincula al ser humano con la sociedad buscando solventar sus necesidades y mejorar su calidad de vida; en esta investigación es justamente lo que se pretende mediante la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales del recinto San Carlos.

El dominio de Desarrollo Social comprende 5 líneas de investigación entre las cuales está la de infraestructura y ordenamiento territorial que corresponde a la ingeniería civil y que es justamente en donde está implícito el tema. En esencia su objetivo es producir un conocimiento general sobre el espacio terrestre y su disposición, asegurando la fuente de agua, conservación de recursos naturales, desarrollo urbano vinculando al ser humano con la sociedad y búsqueda de alternativas que aporten al desarrollo social sostenible.



*Ilustración 6. Líneas de investigación del Dominio Desarrollo Social. Fuente: [5]*

La relación que existe entre esta evaluación y la línea de investigación mencionada, es la búsqueda de una solución a una problemática que vulnera la calidad de vida de los habitantes de un sector.

## **2.2. Bases teóricas de la investigación**

En el país hay varias entidades encargadas de regular los procesos que se ejecutan en pro de la comunidad y que se encuentran establecidos en las normativas y leyes vigentes; en cuanto al manejo de las aguas residuales existen protocolos que hoy en día son obligatorios llevar a cabo para cumplir con el objetivo de depurar el agua pero sin causar daños colaterales al ambiente [23].

El tratamiento de las aguas residuales no es más que su “reciclaje”, ejecutado a el fin de obtener un líquido que pueda ser reutilizado en diversas actividades luego de su tratamiento [24], el uso más común es el riego de sembríos en el sector agrícola.

### **Sistemas de alcantarillado**

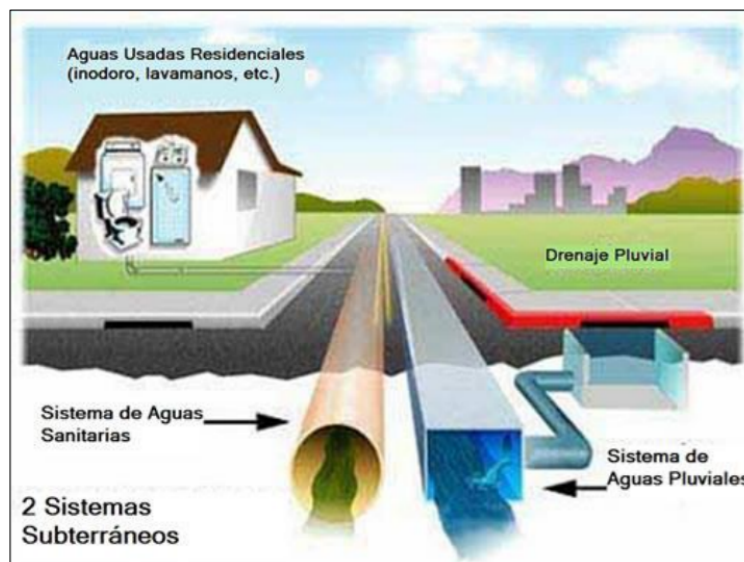
Se define a un sistema de alcantarillado como la red de tuberías y demás estructuras encargadas de receptor, conducir y disponer el vertimiento de agua residual y pluvial [25].

Una vez que se recogen las aguas residuales desde las cajas domiciliarias, se transportan mediante tuberías dirigidas a un pozo de registro o hacia un sistema de tratamiento en donde se restaura su estado para posible reutilización.

Se pueden distinguir tres tipos de alcantarillado:

- Alcantarillado sanitario: red de tuberías que recoge las aguas residuales y las conduce hacia la planta de tratamiento sin causar daños a su paso.

- Alcantarillado pluvial: es aquel que recoge las aguas lluvia y las guía hacia su disposición final.
- Alcantarillado combinado: es la captación de ambos tipos de aguas, las recoge desde su colector y conduce hacia su disposición final, que generalmente suelen ser vertederos que contaminan el ambiente, puesto que por la combinación de aguas el tratamiento de estas se vuelve complejo.



*Ilustración 7. Tipos de sistemas de alcantarillado. Fuente: [6]*

En el Ecuador se realiza la descarga de las aguas residuales en cuerpos receptores, provocando su contaminación y propiciando la extinción de este recurso. Para rehabilitarlos es importante que se tenga en cuenta su capacidad de autodepuración, es decir la facultad de eliminar contaminantes ya sea por aireación o degradación de microorganismos [26].

### **Tratamiento de aguas residuales**

Es el o los procesos llevados a cabo con la finalidad de eliminar carga contaminante en el agua por medio de procesos físicos o biológicos por mencionar algunos, impidiendo así que los microorganismos dañinos tengan presencia en los cuerpos receptores [27].

Las aguas servidas luego de ser captadas se dirigen hacia un cuerpo receptor como: río, lago o canal en donde son depositadas sin posibilidad de que sean tratadas porque se mezclan con aguas provenientes de otras fuentes, causando así una inminente contaminación ambiental; como medida de mitigación se construyen diversos sistemas para el tratamiento de agua residual, en el Ecuador las más comunes son las lagunas de oxidación, se eligen por su eficiencia a bajo costo. Se considera que el porcentaje de tratamiento de aguas residuales en el país es del 17% aproximadamente [28].

En la actualidad existe gran demanda de estudios ambientales, debido a que cada vez son más exigentes los estándares de calidad impuestos en las normativas ambientales en cuanto al tratamiento de aguas residuales y al impacto que estas generan en el ambiente [29].

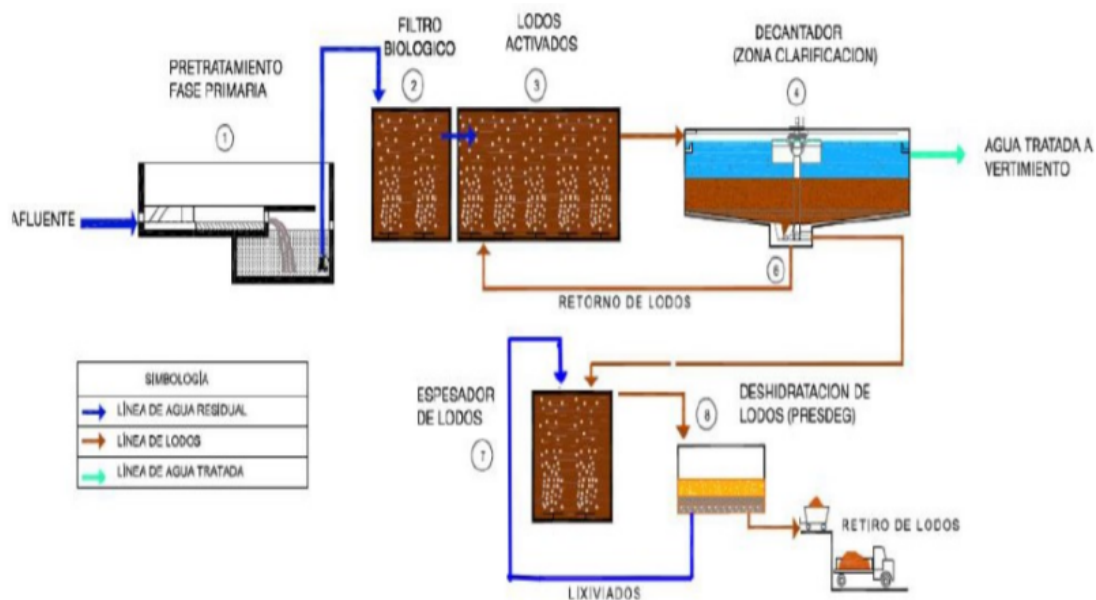


Ilustración 8. Planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [7]

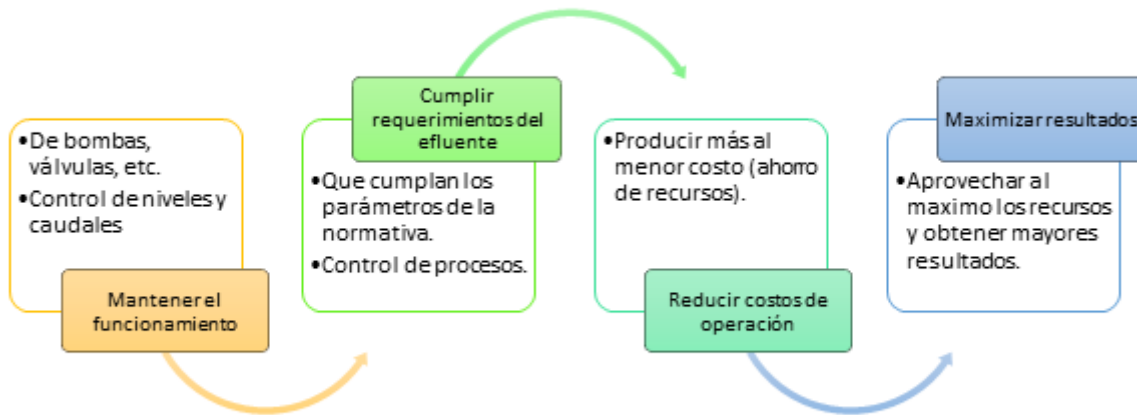
El proceso de depuración de aguas residuales puede ejecutarse de diferentes maneras, para ello existen diferentes medios como: humedales, lodos activados, lagunas de estabilización, entre otros.

En el Recinto San Carlos existe este último tipo de sistema de tratamiento, uno de los factores que inciden al momento de escoger la tipología del sistema es el clima, pues depende mucho de su estado para escoger el tipo de laguna y por ende determinar las condiciones de funcionamiento [28].

Se dice que el carbón activado es uno de los mejores agentes usados para remoción de materia orgánica y metales en aguas residuales, sin embargo, un factor que limita su uso es el costo al ser elevado en comparación con la aplicación de otros métodos.

No obstante, hoy en día se ha desarrollado proyectos que contribuyen con el cuidado ambiental y promueven la sostenibilidad económica, los cuales buscan obtener materiales nuevos utilizando materiales residuales; esto se ejemplifica con los procesos de obtención de carbón activado en donde la materia prima utilizada son cualquier material en cuya composición se encuentren restos de carbón [30].

Sea cual sea el tipo de sistema utilizado siempre se persiguen los mismos objetivos, entre ellos destacan los siguientes:



*Ilustración 9. Objetivos de una planta de tratamiento de aguas residuales. Fuente: [8]*

### **Lagunas de estabilización**

Es uno de los sistemas de tratamiento de agua residual más conocidos y comúnmente utilizados debido a su bajo costo de implantación y funcionamiento, puesto que la mayoría de los recursos utilizados son naturales. Estos procesos son de carácter biológico porque simulan el comportamiento de los microorganismos en la naturaleza y se aplican para la depuración de aguas urbanas [8].



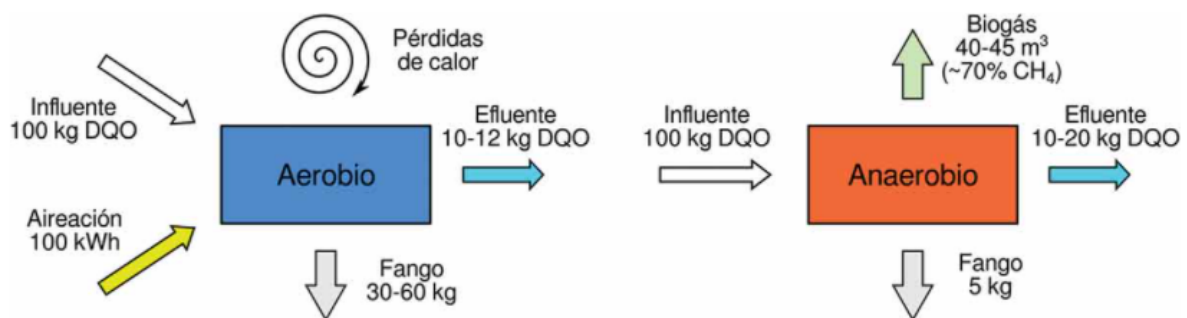
*Ilustración 10. Laguna de estabilización de la planta de tratamiento de aguas residuales del Recinto San Carlos. Fuente: Elaboración Propia.*

Estas lagunas buscan principalmente eliminar la carga contaminante del agua residual, la cual consta de partículas de carbono, oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, grasas y proteínas a través de procesos biológicos, regulando el porcentaje de sólidos en suspensión y reduciendo el volumen de elementos dañinos [7].

Las aguas residuales que son recogidas se transportan mediante tuberías que las conducen a la planta de tratamiento en donde pasa secuencialmente por un pre tratamiento, llegando a un contenedor con una bomba que se encarga de airearla para luego pasar por un proceso de tamizado en donde se separa la materia más gruesa dejando pasar el agua con sedimentos más pequeños que pueden ser coagulados mediante un proceso químico de donde resultaría un efluente que pasa a ser tratado con un proceso biológico que básicamente dependería de la capacidad de autodepuración del cuerpo receptor [31].

Cambiar el impacto ambiental producto del uso del agua por la restauración de este recurso para aprovecharlo al máximo, hace que el panorama se vea de una manera diferente en donde se propone la gestión de un recurso en lugar del manejo de un potencial contaminante [9].

En este contexto se encuentran los tratamientos anaerobios y aerobios que poseen características diferentes para realizar el mismo proceso, entre ellos existen ciertas características que vuelven más eficiente a uno respecto del otro.



*Ilustración 11. Ventajas de los tratamientos anaerobios ante los aerobios. Fuente: [9]*

Las lagunas de estabilización son uno de los sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales más utilizados a nivel mundial, esto se debe al bajo costo de inversión para su funcionamiento y mantenimiento con respecto a la eficiencia de remoción.

El rendimiento de las lagunas depende del buen diseño de estas, considerando que si esto se cumple, será posible lograr la ocurrencia de procesos de reducción, oxidación y reacción que serán los encargados de tratar el agua residual [10].



## LAGUNA FACULTATIVA

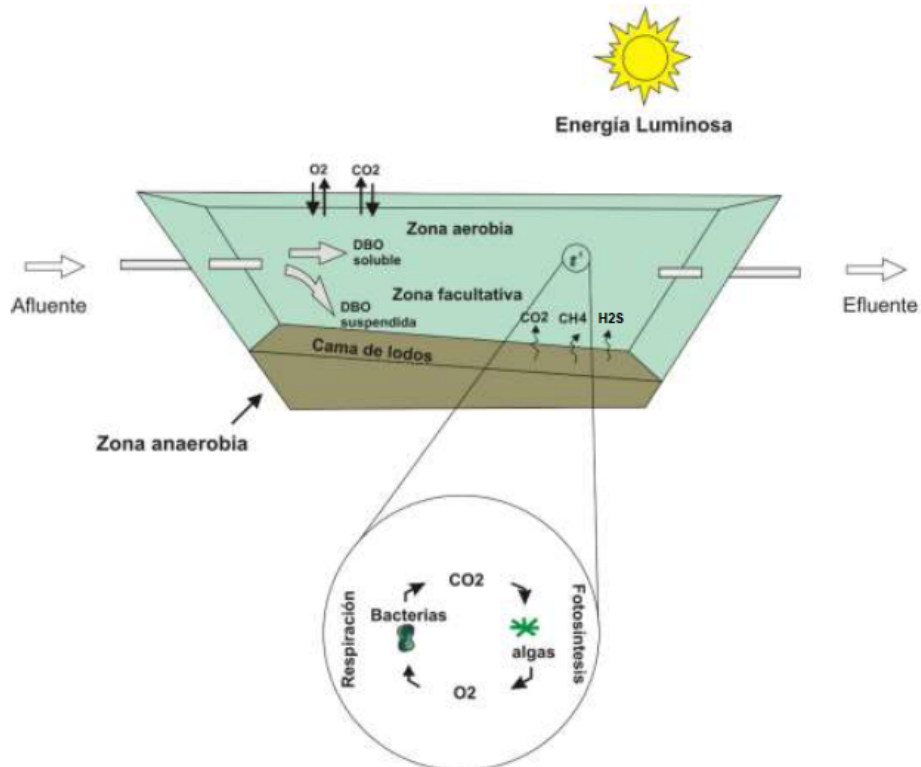


Ilustración 12. Esquematación de una laguna facultativa. Fuente: [10]

Es importante conocer que en este y algunos países de la región cerca del 90% de las aguas residuales no son tratadas y se descargan directamente hacia los ríos, lagos o el mar, causando malestar al ambiente y al propio ser humano [32].

### Lagunas de maduración

También llamadas lagunas de pulimento, se caracterizan por ser aerobias y manejar el proceso final del tratamiento de aguas residuales. El objetivo principal de este tipo de lagunas es eliminar la mayor cantidad posible de carga contaminante y elevar la calidad del agua residual, este proceso depende mucho del clima y la temperatura ambiental.

Tiene un efecto de desinfección y oxigenación, eliminan nutrientes, cambian el color del agua y se encargan de proporcionar un efluente apto para ser reutilizado.

Dentro del proceso de tratamiento del agua residual, estas lagunas tienen un tiempo de retención promedio de 5 días cuando se encuentra en funcionamiento una laguna, este tiempo es el que condiciona la cantidad de lagunas que han de utilizarse en el proceso de tratamiento. Las lagunas de maduración son la última etapa, recoge las aguas del efluente de las lagunas facultativas y gestiona su purificación.

## Lodos activados

Existen plantas de tratamiento que utilizan la energía contenida en los lodos para ayudar a convertir el gas metano en energía eléctrica [33].

El tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de lodos activados con otro tipo de tratamiento es muy eficiente en cuanto a la remoción o control de microorganismos como los coliformes; experimentos llevados a la práctica demuestran que la concentración de carga bacteriana y DQO después de la implementación de lodos activados disminuye significativamente [34].

Este tipo de tratamiento está contemplado en el grupo de los tratamientos biológicos aerobios en donde la capacidad de remoción depende del oxígeno [11], los lodos son un conjunto de microorganismos activados que metabolizan la materia orgánica contenida en el agua residual y la convierten en gas, completando así la depuración de la misma.

A continuación, se presenta un cuadro con características físicas de las aguas residuales:

*Cuadro 1. Definición de algunas características físicas del agua residual. Fuente: [11]*

<b>Características físicas del agua residual</b>	
<b>Olor</b>	Surgen por la descomposición de la materia orgánica y producción de gases.
<b>Microorganismos</b>	Depende de la calidad de los lodos activados.
<b>Temperatura</b>	Suele ser mayor a la del agua normal por efecto de la unión de diferentes tipos de aguas servidas.

En caso de que se introdujera al lodo activado una muestra de microorganismos eficientes, este mejoraría notablemente su capacidad de remoción formando una biopelícula más resistente y más capaz de crear bacterias para el tratamiento del agua. Este proceso hace que el método de tratamiento sea eficiente y ambientalmente amigable [35].

Debido a la fuerte demanda del control de impacto ambiental y de su alcance, las industrias buscan gestionar de manera apropiada sus recursos, por ello han empezado a poner en práctica este tipo de tratamiento que puesto a prueba es capaz de remover grandes cantidades de materia orgánica presente en el agua usando los lodos activados como fuente de microorganismos [36].

## Parámetros de remoción en aguas residuales

Tensoactivos - Detergentes: Son compuestos biológicos que pueden modificar la capa superficial de un sistema, perjudican el intercambio gaseoso y hormonal entre organismos

presentes en el agua. En este grupo se encuentran: detergentes, cosméticos, productos de limpieza, medicinas, entre otros [37].

Generalmente no suelen removerse en las primeras fases del tratamiento del agua residual por lo que se emplean métodos químicos de remoción para eliminarlos del agua.

*Demanda Química de Oxígeno:* Indica las cantidades de materia orgánica que puede degradarse por acción de los microorganismos y la materia orgánica que no puede hacerlo, inclusive muestra la materia inorgánica que sólo puede removerse por medio de agentes químicos [38].

Es la medición del oxígeno relativo al material orgánico que se degrada con tratamientos químicos.

*Aceites y grasas:* Son los elementos compuestos por oxígeno, hidrógeno y carbono que se encuentran flotando en la superficie del agua residual, suelen tapar las superficies con las que entran en contacto causándoles problemas, son carga contaminante difícil de remover. Dependiendo su origen pueden ser o no biodegradables, estos generalmente provienen de estaciones de servicio en donde se vierten residuos de aceites o algún hidrocarburo [39].

*Demanda Bioquímica de Oxígeno:* Indica la cantidad de material biológico que pueden consumir o metabolizar los microorganismos, se usa para medir las cantidades de las aguas residuales [38].

También es conocida como la cantidad de oxígeno que demandan los microorganismos para realizar el proceso de oxidación de la materia orgánica de manera aerobia.

*Coliformes fecales:* Son bacterias de origen fecal, *cuya* presencia en el agua demuestra la eficiencia de remoción de elementos patógenos, evidencian la calidad del agua tratada [37].

Su presencia es indicador de que el agua no es apta para consumo humano y que al contrario de esto, su consumo puede resultar perjudicial para la salud.

*Coliformes Totales - NMP:* Los coliformes son elementos que se suelen utilizar como recurso para identificar cuando en el agua existe la presencia de organismos que pueden resultar perjudiciales para la salud, los coliformes totales incluyen varios tipos de organismos coliformes, que no necesariamente provienen de los desechos humanos.

*Sólidos Volátiles Totales:* Representa la parte de los sólidos presentes en el agua residual que se desvanece a temperaturas cercanas a 50°C, su presencia es importante para los lodos y a sus restos se los clasifica como sólidos fijos.

Sulfatos: Puede causar corrosión en elementos metálicos como las alcantarillas, su presencia es muy común en las aguas residuales y suelen ser necesarios para sintetizar proteínas. Estos iones pueden llegar a ser muy contaminantes y causar efectos adversos como la sedimentación, daño a la vida marina y deterioro de la calidad del agua [40].

Nitrógeno orgánico: Este es un nutriente presente en el agua para motivar el crecimiento de plantas acuáticas que aportan al tratamiento biológico de las aguas residuales, el nitrógeno orgánico está presente en las aguas limpias. La excesiva presencia de este elemento posibilita la reducción de oxígeno en el agua, generalmente se oxida y se convierte en nitrógeno amoníaco.

Nitrógeno de Amoniaco: Es la oxidación del nitrógeno orgánico, suele conocerse como amoníaco y su estado depende del PH. Es perjudicial para la vida acuática.

Sólidos Suspendidos Totales: Se refiere a las partículas suspendidas en el agua que no pueden ser retiradas mediante la filtración.

Temperatura: Tiene gran influencia en las condiciones del agua y los procesos llevados a cabo para su tratamiento, generalmente las aguas residuales suelen ser más cálidas de lo normal.

De la temperatura depende la velocidad y eficiencia de remoción de la carga contaminante ya sea por medio químico o biológico, la variación de temperatura puede disminuir o aumentar la concentración del oxígeno en el agua.

Potencial de Hidrógeno: Generalmente conocido como PH, ayuda a medir el grado de acidez o alcalinidad de una disolución.

El PH es una medida que indica la cantidad de ión hidrógeno que hay en el agua, se miden en una escala, el valor idóneo que permite la realización de varios procedimientos está entre 6.5 y 8.5.

## CAPÍTULO III

### 3. PROCESO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diseño o tradición de investigación seleccionada

Para realizar este trabajo investigativo – práctico se ha dispuesto de varias técnicas de investigación, mismas que de manera sistemática han ayudado a recabar información, procesarla y presentar resultados.

La investigación bibliográfica ejecutada en bases de datos verificadas, ha sido esencial para seleccionar información de ciertos artículos científicos que cuentan con el suficiente rigor académico para ser citados. Otra forma de obtener información para elaborar este trabajo fue haciendo visitas de campo, encuestas a una muestra de la población y presentando solicitudes a las entidades gubernamentales pertinentes, como los GAD 's cantonales.

#### 3.2. Proceso de recolección de datos en la investigación

Previo al inicio de la investigación se envió oficios solicitando información poblacional, planos y demás información relacionada al funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto San Carlos.

Estos oficios tuvieron la aprobación deseada proporcionando la información necesaria para iniciar el estudio, sin embargo, se pudo determinar que la información existente sobre el sistema de tratamiento corresponde a cuando la extensión del territorio y la población era más reducida en relación a la actual, esto demostró que el sistema necesita una ampliación con la que pueda abastecer a toda la comunidad de San Carlos. Inicialmente se procedió a hacer una proyección poblacional considerando la Tasa de crecimiento anual (TCA) establecida por el INEC.

*Cuadro 2. Tasa de crecimiento anual. Fuente: [22]*

GAD BALAO	TCA - CABECERA CANTONAL	TCA - COMUNIDA DES URBANO RURALES
URBANO	1,92%	1,92%

Cuadro 3. La columna resaltada indica el periodo de diseño del sistema de alcantarillado del recinto San Carlos. Fuente: Elaboración propia.

AÑO	BALAO	SANTA RITA	SAN CARLOS	CIEN FAMILIAS
<b>2010</b>	<b>9.220</b>	<b>1.293</b>	<b>1.918</b>	<b>801</b>
2011	9.397	1.318	1.955	816
2012	9.577	1.343	1.992	832
2013	9.761	1.369	2.031	848
2014	9.949	1.395	2.070	864
2015	10.140	1.422	2.109	881
2016	10.334	1.449	2.150	898
2017	10.533	1.477	2.191	915
2018	10.735	1.505	2.233	933
2019	10.941	1.534	2.276	951
<b>2020</b>	<b>11.151</b>	<b>1.564</b>	<b>2.320</b>	<b>968</b>
2021	11.365	1.594	2.364	987
2022	11.584	1.624	2.410	1.006
2023	11.806	1.656	2.456	1.026
2024	12.033	1.687	2.503	1.045
2025	12.264	1.720	2.551	1.065
2026	12.499	1.753	2.600	1.086
2027	12.739	1.787	2.650	1.107
2028	12.984	1.821	2.701	1.128
2029	13.233	1.856	2.753	1.150
2030	13.487	1.891	2.806	1.172
<b>2031</b>	<b>13.746</b>	<b>1.928</b>	<b>2.860</b>	<b>1.194</b>
2.032	14.010	1964,742568	2.914	1.217
2.033	14.279	2002,465625	2.970	1.241
2.034	14.553	2040,912965	3.027	1.264
2.035	14.833	2080,098494	3.086	1.289
2.036	15.117	2120,036386	3.145	1.313
2.037	15.408	2160,741084	3.205	1.339

Con estos datos de la estimación poblacional para un futuro aproximado de 10 años, se procede a hacer un muestreo para obtener una porción de la población a la que evaluar.

Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{k^2 * N * p * q}{[e^2(N - 1)] + [k^2 * p * q]}$$

Donde:

- p = 0,5
- q = 0,5

K	95%	90%
Valor de Confianza	1,96	1,65
e	5%	10%
Margen de Error	0,05	0,1

*\*Los valores de k, y e no son proporcionales.*

- **N (Población total) = 1992**

*\*El valor de población total representa el número de habitantes que había en el lugar de estudio para el inicio del diseño de la planta de tratamiento.*

$$n = \frac{1.96^2 * 1992 * 0.5 * 0.5}{[0.05^2(1992 - 1)] + [1.96^2 * 0.5 * 0.5]}$$

$$n = 322$$

*\*La población de muestra para esta investigación es de 322 habitantes.*

### **3.3. Sistema de categorización en el análisis de los datos**

Una vez recogida la información de campo, se utiliza el análisis y síntesis para procesar la información, se efectúan procedimientos de laboratorio para determinar la calidad del efluente y se comparan los resultados con los lineamientos establecidos en las normativas ambientales vigentes.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Descripción y argumentación teórica de resultados

##### ➤ Red de recolección de aguas

El sistema de recolección de aguas residuales del recinto San Carlos I y II está compuesto de cajas domiciliarias, red secundaria y red principal.

##### ➤ Dotación de agua residuales



*Ilustración 13. Medidores del Recinto San Carlos. Fuente: Elaboración Propia.*

Según la norma de diseño, la dotación consiste en el promedio de agua que consume un habitante diariamente, este cálculo y los demás se lo realiza para el periodo final de diseño.

Para conocer este dato se hizo un recorrido en el sector registrando el número de medidor, y habitantes. Según la muestra representativa se tomaron 80 viviendas al azar, luego de ello con el número de medidor se verificó el consumo durante los 6 últimos meses, el valor de la medición fue de 180 (l/h/día), que según la norma para el número de habitantes y considerando el clima del sector se encuentra dentro del rango (Ver Anexo 1).



Cuadro 4. Dotaciones recomendadas en la normativa. Fuente: Secretaría del Agua

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

- DOTACIÓN MUNICIPAL (l/h/d)= 177
- DOTACIÓN EXPERIMENTAL (l/h/d)= 182
- Área de proyecto



Ilustración 14. Dotaciones recomendadas. Fuente: Secretaría del Agua

La superficie de la planta de tratamiento que beneficia a la comunidad estudiada corresponde a 13.61 Ha y el área a que se espera construir es de 9.5 Ha, esto daría un área total para el diseño de 23 Ha.

➤ **Población futura**

La población futura a ser considerada, aplicando los tres métodos de crecimiento poblacional es de 3205 para el año 2037.

➤ **Periodo de diseño**

Es el año en que la obra debería funcionar en su máxima capacidad, para esta obra es de 25 años.

➤ **Caudales**

La norma señala consideraciones con 4 tipos de caudales, estos son:

- Aguas residuales Domésticas
- Aguas residuales industriales pre- tratadas
- Por infiltración
- Por conexiones clandestinas

En este caso se omitirá el aporte de aguas residuales industriales, debido a que en el sector no existen industrias.

➤ **Caudal aguas residuales domésticas**

Utilizando un coeficiente de retorno del 0,75 se obtiene un caudal de 4,9 l/s.

$$Q_{final\ de\ aguas\ residuales} = \frac{P_f * Dotación\ futura}{1000 \frac{L}{m^3}} * Coeficiente\ de\ retorno$$

➤ **Coeficiente de mayorización**

Para la ejecución de este estudio se ha utilizado la fórmula de Harmon, en virtud de que se la ha venido utilizando desde la normativa IEOS, esta muestra un valor cercano a 4 cuando la población se reduce.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + p^{1/2}}$$

➤ **Caudal de aguas por infiltración**

En la Norma ecuatoriana no existe una fórmula para el cálculo de caudal de infiltración, sin embargo, la norma colombiana recomienda la siguiente fórmula para ese cálculo [41]:

$$Q_{inf} = 0.2 \frac{l/s}{Ha} * A_p$$

Donde:

$$A_p = \text{Área tributaria}$$

- **Ap= 23 Ha**

Utilizando esta fórmula se obtiene un caudal de infiltración de 4,6 l/s.

➤ **Caudal de aguas por conexiones clandestinas**

Para el caudal obtenido se propone un caudal en base a la experiencia, 5,2 l/s.

➤ **Caudal de diseño para los colectores**

Según la norma, el caudal de diseño será igual a la suma del caudal de aguas domésticas más las industriales afectadas por el coeficiente de retorno y mayorización, más las aportaciones por infiltración y clandestinas.

- **Q. DE DISEÑO MUNICIPAL (l/s)= 26.65**
- **Q. DE DISEÑO EXPERIMENTAL (l/s)= 29.26**

➤ **Nivelación geométrica**



*Ilustración 15. Nivelación geométrica del terreno. Fuente: Elaboración propia*

Se realizó la nivelación geométrica, utilizando el nivel y dos cadeneros, con el fin de comprobar la igualdad de las cotas del terreno con las proporcionadas por el plano municipal, en este aspecto se evidenciaron errores de medición no mayores a 7 cm,

causados por los trabajos ejecutados en el sitio como relleno de calles, de la nivelación geométrica se obtuvo los siguientes datos:

*Cuadro 5. Valores de cotas obtenidos en la nivelación geométrica del terreno. Fuente: Elaboración Propia.*

<b>POZO</b>	<b>COTA RASANTE (m)</b>
C01	59,96
C02	60,09
C03	59,24
C04	58,38
C05	58,17
C06	57,71
C07	57,18
C08	56,63
C09	61,19
C10	60,51
C11	59,59
C12	58,54
C13	58,29
C14	57,94
C15	57,79
C16	57,05
C17	57,50
C18	57,91
C19	58,3
C20	58,52
C21	59,288
EB	56,97

### ➤ **Diseño hidráulico del sistema**

En la memoria técnica proporcionada por el GAD municipal no constaban los cálculos de la red, por esta razón hubo necesidad de verificar los datos. Algunos de los factores importantes mencionados en la normativa son: velocidades, profundidades de pozos de cabecera, diámetros de tubería, pendientes etc.

Para el cálculo de diámetros y pendientes de tuberías se utilizó la fórmula de Manning considerando que las tuberías funcionan a gravedad y parcialmente llenas.

$$V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde:

**V**= Velocidad de flujo (m/s)

**n**= Coeficiente de rugosidad

**Rh**= Radio hidráulico (m)

**S=** Pendiente de tramo m/m

**Q=** Caudal en (lt/s)

**A=** Área de sección (m<sup>2</sup>)

Según la normativa de diseño para redes de recolección de alcantarillado, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el colector principal a sección llena, la velocidad mínima es de 0.6 m/s.
- En el colector principal a sección llena, la velocidad máxima es de 3.5 m/s.
- Coeficiente de fricción 0.011 para tuberías de PVC.
- Diámetro mínimo en colectores principales 200 mm.
- Diámetro mínimo en ramales de domicilios 150 mm.
- Profundidad mínima de caja de revisión domiciliaria 0.5 m.
- Relación de caudal diseño/caudal tubo lleno, en tuberías de 200 a 400 de 0.5.
- La máxima distancia entre pozos con diámetros menores a 350 mm es de 100 mm.
- El diámetro mínimo de un pozo de revisión debe ser 0.6 m.
- La tapa de los pozos debe ser de circular y de hierro fundido.
- Los cálculos hidráulicos del sistema serán presentados en orden (Ver Anexo 2).

➤ **Longitud de pozo a pozo**

*Cuadro 6. Longitudes entre pozos. Fuente: Elaboración propia*

<b>Longitud - m</b>	
Parcial	$\Sigma$
73	73
102	175
73	73
115	290
73	73
33	323
73	73
69	392
73	73
69	461
73	73
69	530

La mayor parte de estas distancias están dentro del rango de la norma, tres de ellas sobrepasan ese límite establecido en la normativa, dando valores de hasta 115 m de distancia.

➤ **Diámetro mínimo colector principal**

*Cuadro 7. Diámetros de las tuberías de la red principal. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Diámetro interno - mm</b>	
Calculado	Comercial
74,00	200,00
93,47	200,00
70,12	200,00
108,25	200,00
70,12	200,00
112,39	200,00
70,12	200,00
119,49	200,00
70,12	200,00
126,00	200,00
70,12	200,00
135,94	200,00

Se cumplen los diámetros mínimos exigidos por la normativa (200 mm), sin embargo, se debe mencionar que la tubería está sobredimensionada porque en la mayoría de tramos los diámetros son mucho mayores a los necesarios.

➤ **Relaciones hidráulicas**

*Cuadro 8. Relaciones hidráulicas calculadas. Fuente: Elaboración propia.*

<b>TUBO LLENO</b>			<b>RELACIONES HIDRÁULICAS</b>				
<b>QLI</b>	<b>VLI</b>	<b>TLI</b>	<b>QDIS/Q LI</b>	<b>V/VLI</b>	<b>T/TLI</b>	<b>y/D</b>	<b>H/D</b>
L/s	m/s	kg/m2					
31,280	0,996	0,325	0,070	0,492	0,485	0,210	0,140
31,280	0,996	0,325	0,130	0,580	0,637	0,280	0,197

24,540	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
31,280	0,996	0,325	0,190	0,645	0,748	0,334	0,244
24,540	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
31,280	0,996	0,325	0,220	0,672	0,794	0,362	0,266
24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
31,28	0,996	0,325	0,250	0,695	0,836	0,386	0,287
24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
31,28	0,996	0,325	0,290	0,720	0,885	0,417	0,314
24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
31,28	0,996	0,325	0,360	0,768	0,959	0,468	0,361

Solamente la última tubería de descarga hacia el sistema de bombeo no cumple con los valores establecidos en la normativa que indica un rango de 0.6 para la relación de caudal de diseño/ caudal a tubo lleno.

➤ **Velocidades**

*Cuadro 9. Velocidades de la red. Fuente: Elaboración propia.*

<b>V</b>	<b>V<sup>2</sup>/2g</b>	<b>y</b>	<b>E</b>	<b>H</b>	<b>F</b>
m/s		m	m	m	
0,49	0,012	0,042	0,054	0,028	0,93
0,58	0,017	0,056	0,073	0,039	0,94
0,37	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73
0,64	0,021	0,067	0,088	0,049	0,92
0,37	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73
0,67	0,023	0,072	0,095	0,053	0,93
0,37	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73
0,69	0,024	0,077	0,101	0,057	0,92
0,37	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73
0,72	0,026	0,083	0,109	0,063	0,92
0,37	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73
0,76	0,029	0,094	0,123	0,072	0,90

En cuanto a la velocidades mínimas hay tramos que no cumplen, pero al ser tramos de cabecera se puede aceptar estas velocidades garantizando la mantención del buen estado en los tramos de la tubería.

➤ **Cotas**

Cuadro 10. Cotas del terreno. Fuente: Elaboración propia.

<b>COTAS</b>											
<b>Cota Rasante</b>		<b>Cota Clave</b>		<b>Cota Batea</b>		<b>Cota Energía</b>		<b>Cota Lámina</b>		<b>Profundidad</b>	
DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A
59,96	60,09	58,56	58,09	58,36	57,89	58,41	57,94	58,40	57,93	1,60	2,20
60,09	59,24	58,09	57,42	57,89	57,22	57,96	57,30	57,94	57,28	2,20	2,02
59,29	59,24	58,19	57,90	57,99	57,70	58,03	57,74	58,03	57,74	1,30	1,54
59,24	58,38	57,42	56,68	57,22	56,48	57,31	56,56	57,29	56,54	2,02	1,91
58,52	58,38	57,43	57,14	57,23	56,94	57,28	56,98	57,27	56,98	1,29	1,44
58,38	58,17	56,68	56,46	56,48	56,26	56,57	56,36	56,55	56,33	1,91	1,91
58,30	58,17	57,21	56,92	57,01	56,72	57,06	56,76	57,05	56,76	1,29	1,45
58,17	57,71	56,46	56,01	56,26	55,81	56,36	55,91	56,34	55,89	1,91	1,90
57,91	57,71	56,81	56,52	56,61	56,32	56,66	56,36	56,65	56,36	1,30	1,39
57,71	57,18	56,01	55,56	55,81	55,36	55,92	55,47	55,90	55,45	1,90	1,82
57,50	57,18	56,41	56,11	56,21	55,91	56,25	55,96	56,24	55,95	1,30	1,27
57,18	56,63	55,56	55,12	55,36	54,92	55,49	55,04	55,46	55,01	1,82	1,72

Se pudo verificar la profundidad de los pozos, según la información obtenida se ha determinado que pudo haberse comenzado con la profundidad mínima de pozo de cabecera de 1.4 m para excavar menor cantidad, pero se hace suposición de que por cumplir con las pendientes y velocidades se trabajó de esa forma, proporcionando alturas de pozos entre 1.3 m a 2.20 m.

➤ **Perfiles de la red principal**

En base a los datos obtenidos se procede a la elaboración de los perfiles longitudinales de la red de alcantarillado principal (Ver Anexo 3).



➤ **Cajas domiciliarias**



*Ilustración 16. Tapa de caja domiciliaria. Fuente: Elaboración propia.*

Se verificó las distancias de las cajas domiciliarias, la mayoría de las cajas localizadas se encuentran en buen estado y en cumplimiento con la norma, hubo cajas que no pudieron ser revisadas debido a que se encontraban cubiertas con material pétreo e incluso se encontraban cubiertas con un sobre piso de concreto (Ver Anexo 4).

➤ **Pozos de revisión principal**



*Ilustración 17. Revisión de pozos principales. Fuente: Elaboración propia*

La mayoría de los pozos se encuentran en un óptimo estado a diferencia del pozo C04 que tiene problemas de sedimentación, las tapas se encuentran con una oxidación leve por cuanto están enterradas por material pétreo.

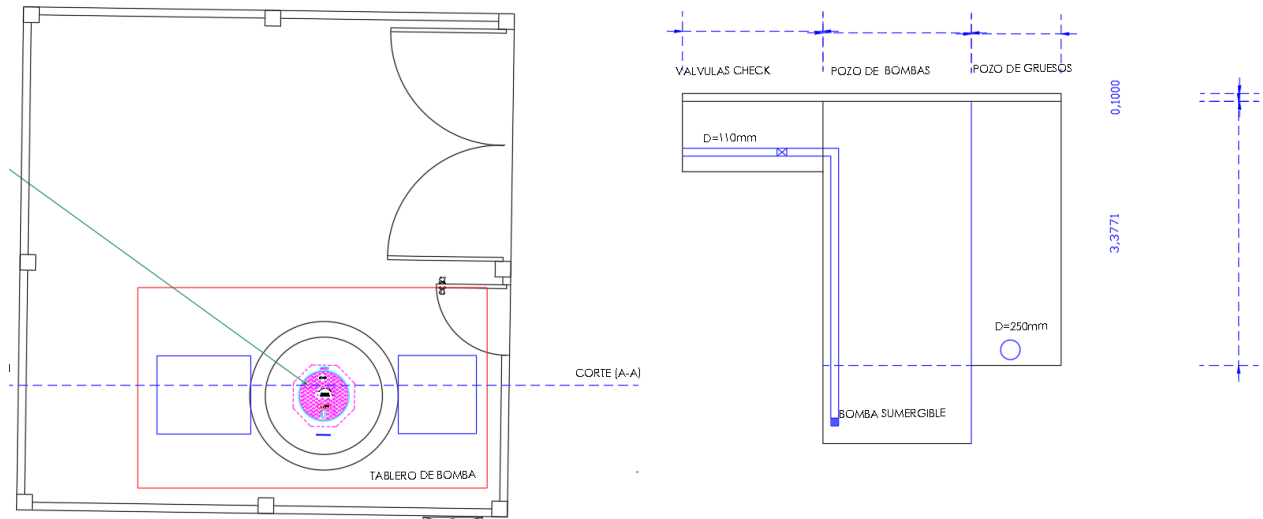
➤ **Aforo del caudal medio de llegada la sistema de bombeo**



*Ilustración 18. Ejecución de aforo en el afluente de la estación de bombeo. Fuente: Elaboración propia*

Se utilizó el método de aforo volumétrico para medir el caudal de ingreso a la estación de bombeo, se realizaron 20 tomas de muestras en total, en horarios de 18:00 pm a 20:00 pm y de 8:00 am a 10:00 am, con las que se obtuvo los caudales promedio: en la noche de 2 l/s con un máximo de 2.2 l/s y en el día de 0.5 l/s con un máximo de 0.52 l/s (Ver Anexo 5).

➤ **Sistema de bombeo**



*Ilustración 19. Planos del sistema de bombeo. Fuente: Elaboración propia.*

Se utiliza un sistema de bombeo cuando no funciona el sistema por gravedad. Pero en este sistema se pudo omitir la bomba al tantear con algunos valores de la profundidad y diámetro del pozo de la bomba puesto que existe una pendiente en el direccionamiento de la estación de bombeo hacia la planta de tratamiento. El nivel freático mencionado en la memoria técnica proporcionada por el Municipio está por debajo de los 3m.

*Cuadro 11. Aportes per-cápita Fuente: INEN parte 5-1992*

POTENCIA MOTORES kW	LAPSO ENTRE ARRANQUES
<15	10 a 15
15 a 75	15 a 20
75 a 200	20 a 30
>200	Consultar al fabricante

La diferencia de alturas entre el pozo de bombeo y la descarga a la planta es de 3 m, altura que la bomba debe suministrar al sistema para conseguir el propósito de descargar las aguas en la planta.

Existe una sola bomba funcionando en este momento con las siguientes características.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	
MARCA	FLYGT
TIPO	Sumergible
MODELO	CP/CS/3085-414
SOLIDOS	2"
VOLTAJE	Monofásica 220 V
POTENCIA	3 HP

Ilustración 20. Ficha técnica de la bomba. Fuente: Memoria técnica del municipio

Cumple con propósito, luego de ser analizadas las pérdidas por longitud y por accesorios cuya curva de la bomba es:

### Valor nominal del motor y curvas de rendimiento

Estos son ejemplos de la clasificación nominal del motor y las curvas. Para obtener más información, póngase en contacto con su representante local de ventas y servicio. La corriente inicial de estrella-triángulo es 1/3 de la corriente inicial del arranque directo.

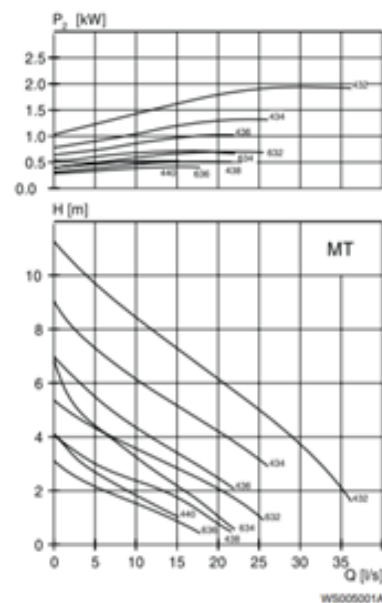


Ilustración 21. Curva de la Bomba. Fuente: Catálogo del fabricante

### ➤ Emisario

Medio por el cual las aguas son transportadas, del sistema de bombeo hacia la planta de tratamiento cuya longitud es de 1202 m.

➤ **Caudal de entrada a planta**



*Ilustración 22. Vertedero rectangular sin contracción. Fuente: Elaboración propia*

Para determinar el caudal de entrada en la planta de tratamiento se optó por el método del vertedero rectangular sin contracción que existe, el mismo que no se podía ver en una primera visita por la maleza existente.

Se realizaron aforos en los mismos horarios que en la estación de bombeo, obteniendo un promedio de caudal de 4(l/s) (Ver anexo 6).

➤ **Cargas contaminantes**

*Cuadro 12. Aportes per-cápita de agua residual doméstica. Fuente: INEN parte 5-1992*

PARÁMETRO		INTERVALO	VALOR SUGERIDO
DBO 5 días, 20°C, g/(Hab.d)	(1)	36 - 78	50
Sólidos en suspensión, g/(Hab.d)		60 - 115	90
NH <sub>3</sub> -N como N, g/(Hab/d)		7.4 - 11	8.4
N Kjeldahl total como N, g/(Hab/d)		9.3 - 13.7	12.0
Coliformes totales, NMP/(Hab/d)	(2)	2 x 10 <sup>8</sup> - 2 x 10 <sup>11</sup>	2 x 10 <sup>11</sup>
Salmonella Sp., #/(Hab/d)	(3)		10 <sup>8</sup>
Nematodos intestinales, #/(Hab/d)	(4)		4 x 10 <sup>11</sup>

Cálculo de la carga contaminante, con los datos de laboratorio obtenidos en el año 2019.

**Fórmula:**

$$Cc = \frac{Q * concentración}{N^{\circ} habitantes}$$

Carga contaminante (DBO):

$$Cc = \frac{338400 \frac{l}{día} * 0.3042 \frac{g}{l}}{2276 \text{ hab}}$$
$$Cc = 45.23 \frac{g}{\text{hab. día}}$$

El valor del DBO obtenido en los ensayos de laboratorio está dentro del rango que sugiere la norma.

Carga contaminante (Sólidos en suspensión):

$$Cc = \frac{338400 \frac{l}{día} * 0.099 \frac{g}{l}}{2276 \text{ hab}}$$
$$Cc = 14.72 \frac{g}{\text{hab. día}}$$

El valor de los sólidos en suspensión obtenido en los ensayos de laboratorio está por debajo del rango que sugiere la norma.

Carga contaminante (Nitrógeno de Amoníaco=  $\text{NH}_3\text{-N}$ ):

$$Cc = \frac{338400 \frac{l}{día} * 0.077412 \frac{g}{l}}{2276 \text{ hab}}$$
$$Cc = 11.51 \frac{g}{\text{hab/día}}$$

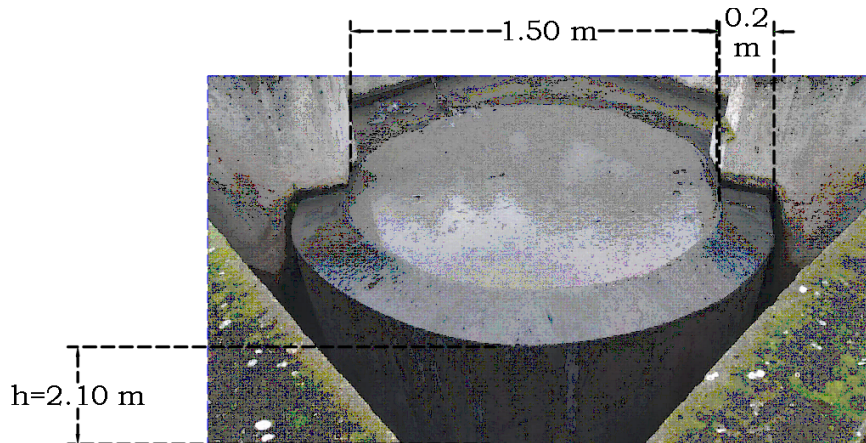
El valor de (Nitrógeno de Amoníaco=  $\text{NH}_3\text{-N}$  ) obtenido en los ensayos de laboratorio está dentro del rango que sugiere la norma.

Carga contaminante (Coliformes totales):

$$Cc = \frac{338400 \frac{l}{día} * 2419700 \text{ NMP}}{2276 \text{ hab}}$$
$$Cc = 359765588.8 \frac{\text{NMP}}{\text{hab/día}}$$
$$Cc = 3.598 \times 10^8 \frac{\text{NMP}}{\text{hab/día}}$$

El valor de Coliformes totales obtenido en los ensayos de laboratorio está dentro del rango que sugiere la norma.

➤ **Desarenador**



*Ilustración 23. Dimensiones del desarenador ascendente circular. Fuente: Elaboración propia*

Es utilizado como reductor de presión que se genera en la bomba, y como distribuidor de caudal uniforme a la entrada de la planta de tratamiento. Según la norma mínima deben diseñarse dos unidades, pero en esta planta solo existe uno y presenta problemas de mantenimiento. Las dimensiones son

➤ **Laguna facultativa**



*Ilustración 24. Vertedero rectangular sin contracción. Fuente: Elaboración propia*

Según la norma, su coloración es verdosa, el contenido de oxígeno varía de acuerdo a la profundidad y a la hora del día.

Se diseña para climas fríos donde las cargas contaminantes no son elevadas y se pueden reducir de mejor manera.

La temperatura para el diseño de esta laguna es de 21.1°C según ensayos de laboratorio.

*Cuadro 13. Temperaturas para diseño de lagunas. Fuente: INEN parte 5-1992*

		TEMPERATURAS, C		
CIUDAD	MES MÁS FRÍO	AIRE	AGUA	INCREMENTO
Quito	Agosto	14.2	17	2.8
Guayaquil	Agosto	23.5	24.5	1
Cuenca	Julio	13	18.7	5.7
Portoviejo	Agosto	23.3	24.5	1.5

Las dimensiones o relaciones recomendadas según la norma son de 2 a 1 en longitud y ancho, la altura de 1.5 a 2 m en donde el valor del tiempo medio de retención hidráulica es importante para la eliminación de los coliformes fecales.

*Cuadro 14. Procesos de tratamiento y grados de remoción. Fuente: INEN parte 5-1992*

PROCESO DE TRATAMIENTO	REMOCIÓN, %		REM., ciclos log <sub>10</sub>	
	DBO	Sólidos suspendidos	Bacteria	Helminto
Sedimentación primaria	25 - 40	40 - 70	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	55 - 95	55 - 95	0 - 2	0 - 1
Filtros percoladores (a)	50 - 95	50 - 92	0 - 2	0 - 1
Lagunas aireadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	90 - 98	80 - 95	1 - 2	0 - 1
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	1 - 4

- Para la laguna facultativa de este sistema de tratamiento de aguas residuales, las dimensiones son 75 m de longitud y 35 m de ancho con una profundidad de 2m.
- El volumen de almacenamiento es de 1905 (m<sup>3</sup>/d).
- El tiempo medio de retención hidráulica es de 6 días.

En base a la investigación bibliográfica, el tiempo mínimo de retención hidráulica para temperaturas menores a 20°C es de 5 días, y para temperaturas mayores a 20°C es de 4 días.

### ➤ **Laguna de maduración**



*Ilustración 25. Laguna de maduración. Fuente: Elaboración propia*

Se utiliza para remover la población bacteriana, y funciona luego de pasar de una laguna primaria, se suelen utilizar términos de pulimento o de acabado que guardan el mismo significado para referirse a estas.

- Sus dimensiones son 75 m de longitud y 35 m de ancho y una profundidad de 0.6 m
- La altura de los lodos tiene un promedio de 31 cm.
- El volumen de almacenamiento es de 1047 (m<sup>3</sup>/d).
- El tiempo de retención media hidráulica es de 4 días.

En base a la investigación bibliográfica, para las lagunas de maduración el tiempo mínimo de retención hidráulica oscila entre los 3 a 10 días.

### ➤ **Remoción de lodos**

En el Libro de Jairo Romero Rojas “Lagunas de estabilización de aguas residuales” se indica que el tiempo para realizar la remoción de lodos es de 10 años en sectores rurales mediante el uso de sifones, las aguas deben drenarse hasta obtener el mínimo nivel por lo que el lodo quedará expuesto al ambiente y su duración no debe ser mayor a dos meses.

Actualmente el sistema de tratamiento no cuenta con un lecho de secado ni tampoco con un lugar para la disposición final de los lodos.

Según la norma, para determinar el volumen de los lodos en las lagunas facultativas primarias, se debe tener en cuenta un 80% de remoción de sólidos en suspensión y un 50% de sólidos volátiles.



La altura de la capa de lodos está en un promedio de 30 cm para la laguna facultativa y de 17 cm para la laguna de maduración.

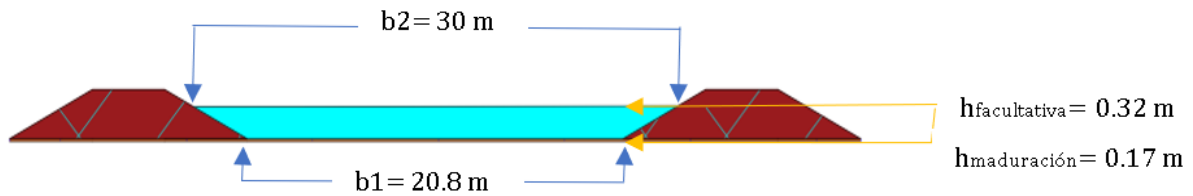


Ilustración 26. Dimensionamiento de la capa de lodos. Fuente: Elaboración propia.

$L = 75 \text{ m}$

- Volúmen de lodos en la laguna facultativa:

$$Vt = \left[ \frac{1}{2} (b1 + b2) * h \right] * L$$

$$Vt = \left[ \frac{1}{2} (20.8 + 30) * 0.32 \right] * 75$$

$$Vt = 603.25 \text{ m}^3$$

- Volúmen de lodos en la laguna de maduración:

$$Vt = \left[ \frac{1}{2} (b1 + b2) * h \right] * L$$

$$Vt = \left[ \frac{1}{2} (20.8 + 30) * 0.17 \right] * 75$$

$$Vt = 327.05 \text{ m}^3$$

### ➤ Cuerpo receptor



Ilustración 27. Cuerpo Receptor. Fuente: Elaboración propia

Una vez que las aguas son tratadas deben volver a un cuerpo receptor, en este caso particularmente es un estero al cual se le determinó un caudal promedio en tiempo de verano de 218 (l/s) mediante un aforo.

Después de la descarga esas aguas son utilizadas para riego agrícola, por lo que es aquí donde se deben hacer los ensayos de laboratorio para verificar la eficiencia de la planta, las comparaciones con la norma se encuentran en el (Ver Anexo 7).

La eficiencia de esta planta de tratamiento de estos datos de laboratorio certificado en cuanto al DBO es del 70%, y en cuanto el DQO es de 67%.

Cuadro 15. Parámetros de calidad en el cuerpo Receptor. Fuente: Elaboración propia

Parámetro (Unidades)	Método	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	
		M1: Descarga bombeo (pila desarenador) - Alcantarillado San Carlos	M2: Descarga al Río Balao - Alcantarillado San Carlos	M3: A 50 M Antes de la descarga del Río Balao - Alcantarillado San Carlos	M4: A 50 M. Después de la descarga del Río Balao - Alcantarillado San Carlos	
Tensoactivos-Detergentes	PEE-GQM-FQ-21	0,274	1	0,024	<0,023	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-16	522,76	173,18	<2,31	6,4	CUMPLE
Aceites y Grasas	PEE-GQM-FQ-03	20,97	1,48	<0,44	<0,44	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno	PEE-GQM-FQ-05	304,2	87,9	<1,92	3,75	CUMPLE
Coliformes Fecales	PEE-GQM-MB-69	>2419,7	>2419,7	<2419,7	1986,30	CUMPLE

## **4.2. Conclusiones**

- Se determinó las características y condiciones en cada componente del sistema de alcantarillado, en las cajas domiciliarias encontramos novedades como tapas rotas, tapadas con arena y otras sin tapa; en la red se encontró un pozo con problemas de estancamiento; en la estación de bombeo no existe iluminación, una de sus bombas no se encuentra funcionando; en las piscinas de tratamiento encontramos mayores problemas, desarenador con materiales plásticos que no son retirados, maleza en las obras hidráulicas; y por último una descarga que no realiza una mezcla homogénea.
- Se verificó el diseño hidráulico del sistema y la estación de bombeo con la norma (CPE INEN 5 Parte 9-1:1992); con lo que se pudo determinar que el diseño cumple con los parámetros establecidos en la norma.
- Se determinó las características del afluente y efluente en el sistema de tratamiento, su eficiencia y cumplimiento de la normativa ambiental (Libro VI Anexo 1, modificado del TULSMA ), en el caudal no se consideró el aporte de aguas industriales, pero sí de conexiones clandestinas como: chancheras y del camal municipal, por lo que su carga orgánica se eleva; la eficiencia de la planta es del 60% aproximadamente en referencia al DBO Y DQO. Con los resultados de los ensayos se concluye que la planta de tratamiento cumple con la norma ambiental en cuanto a la descarga en un cuerpo receptor de agua dulce.

## **4.3. Recomendaciones**

- Se recomienda tener registros de caudales del sistema de bombeo y de la planta de tratamiento.
- El lodo de la planta al no contener materiales industriales, o a menos que en ensayos posteriores demuestren lo contrario se puede utilizar para compostaje orgánico.
- El personal de la planta debe ser capacitado para que la operación sea eficiente.
- Es recomendable realizar limpieza frecuente de la maleza y un mantenimiento periódico del sistema de bombeo.
- Socializar periódicamente con la población el tema de cuidar el sistema de tratamiento, ya que un correcto funcionamiento y una buena cobertura ayuda a mantener sana a su gente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Yelmo, S. Curruchich, and Y. López, “Activarán 2 plantas de tratamiento de aguas residuales,” Aug. 29, 2017. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/activaran-2-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales/> (accessed Aug. 29, 2021).
- [2] “Google Maps.” <https://www.google.com.ec/maps/place/San+Carlos/@-2.9154529,-79.7436581,12.07z/data=!4m5!3m4!1s0x9032dd23390dad5c5:0xea16881279c3292e!8m2!3d-2.9065629!4d-79.705421?hl=es> (accessed Sep. 07, 2021).
- [3] “Google Earth.” [https://earth.google.com/web/search/San+Carlos,+Balao/@-2.90418431,-79.70707868,44.83568766a,1974.06395059d,35y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCW7hlxfqV\\_u\\_EZ0jklGnARDAGdmh7x5gDIPAIUagOjMyR1TA](https://earth.google.com/web/search/San+Carlos,+Balao/@-2.90418431,-79.70707868,44.83568766a,1974.06395059d,35y,-0h,0t,0r/data=CigiJgokCW7hlxfqV_u_EZ0jklGnARDAGdmh7x5gDIPAIUagOjMyR1TA) (accessed Sep. 07, 2021).
- [4] R. García, “Limpieza y vaciado de fosas sépticas.” <https://www.fugasdeaguaalmeria.es/blog/limpieza-y-vaciado-de-fosas-septicas> (accessed Aug. 30, 2021).
- [5] “Dominios y líneas,” *Centro de Investigaciones UTMACH*, 2019. <https://drive.google.com/file/d/1sOnBAAtwhF22pZ17NgwTZqUDFxlQela6F/view> (accessed Aug. 30, 2021).
- [6] Unknown and V. T. mi Perfil, “OBRAS CIVILES.” [http://yennycamargo.blogspot.com/p/blog-page\\_28.html](http://yennycamargo.blogspot.com/p/blog-page_28.html) (accessed Aug. 31, 2021).
- [7] F. V. Rueda, A. F. M. Guarín, and L. M. Pramparo, “Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas,” *Entre Ciencia e Ingeniería*, pp. 17–26, Dec. 2019.
- [8] R. Vilanova, I. Santín, and C. Pedret, “Control en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales: Estado actual y perspectivas,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 14, no. 4, pp. 329–345, Oct. 2017.
- [9] P. Yeste and R. Barat, “Modelación matemática del tratamiento del efluente de un Biorreactor Anaerobio de Membranas (AnMBR),” *Ribagua*, vol. 6, no. 2, pp. 148–157, Dec. 2019.
- [10] C. M. Vanegas-Benavides y Rosa Verónica Reyes Rodríguez, “Carga superficial máxima en lagunas de estabilización facultativas de Nicaragua,” *Nexo Revista Científica*, vol. 30, no. 01, pp. 01–18, 2017.
- [11] A. M. C. Reinoso, E. C. C. Quizphi, and M. P. O. Oñate, “Diseño e implementación de una PTAR por lodos activos a escala de laboratorio, Facultad de Ciencias Espoch,” *Ciencia Digital*, vol. 4, no. 1, pp. 385–406, Jan. 2020.

- [12] R. Vilanova, I. Santín, and C. Pedret, "Control y Operación de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales: Modelado y Simulación," *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 14, no. 3, pp. 217–233, 2017.
- [13] T. de L. Á. A. O. y. J. P. H. T. Floramis Pérez Martín, "Sistema de tratamiento para las aguas residuales en la empresa de aprovechamiento hidráulico Villa Clara," *Revista Centro Azúcar*, vol. 43, no. 2, pp. 68–75, 2016.
- [14] "Memorias Técnicas San Carlos." <https://docs.google.com/document/d/1ZQa0Ri6dyUbw5ur88HuhvrenFSZSRnun/edit> (accessed Sep. 08, 2021).
- [15] C. Gálvez, "Análisis emergético para la reutilización de los lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de Santa Clara-Lima, Perú," *Ingenium*, vol. 01, no. 01, pp. 9–15, 2016.
- [16] A. Treviño Cansino and F. Cortés Martínez, "Método de diseño reducido para lagunas de estabilización," *Revista mexicana de ciencias*, 2016, [Online]. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000400729&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000400729&script=sci_arttext)
- [17] F. Cortés-Martínez and A. Treviño-Cansino, "Optimización en el diseño de lagunas de estabilización con programación no lineal," *Tecnología y ciencias*, vol. 6, no. 2, pp. 85–100, 2015.
- [18] T. de J. Romero López and Y. Castillo Torres, "Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque," *Hydraulic Environ. Eng./Ing. Hidraulica Ambiental*, vol. 39, no. 2, pp. 72–85, 2018.
- [19] T. Matsumoto and I. A. Sánchez, "Desempeño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de São João de Iracema (Brasil)," *Ingeniería*, vol. 21, no. 2, pp. 176–186, 2016.
- [20] Armando Saltos Sánchez, Jacinto Rojas Álvarez, Patricia Villa Ríos, Gustavo Tobar Barreno, "Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Pluvial de La Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil," *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH: REVISTA CIENCIA E INVESTIGACIÓN*, vol. 3, no. ICCE 2018, pp. 17–34, 2018.
- [21] J. N. Rivadeneira, J. B. Montesés, and A. Ullauri, "Diagnostico, Modelacion y Determinacion de la Capacidad Hidraulica de sistemas de Alcantarillado," *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, vol. 3, no. 3, pp. 88–101, 2018.
- [22] D. M. C. Muñoz, "Impacto ambiental de las lagunas de tratamiento de aguas residuales. Sector Colinas San José, Ciudad de Rocafuerte," *Polo del conocimiento*, vol. 5, no. 1, pp. 257–280, 2020.
- [23] I. G. Chávez Vera, "Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales," *Dominio de las ciencias*, vol. 3, no. 1, pp. 536–560, 2017.

- [24] X. Yin and J. Liu, "State estimation of wastewater treatment plants based on reduced-order model," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 18, pp. 572–577, Jan. 2018.
- [25] G. C. G. Herrera and S. I. L. Naranjo, "Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador," *Ciencia Digital*, vol. 3, no. 3.2.1, pp. 73–87, Jul. 2019.
- [26] E. I. K. y. C. M. G. Luis Santiago Quiroz Fernández, "ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SOBRE LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO PORTOVIEJO, ECUADOR," *Revista Centro Azúcar*, vol. 45, no. 1, pp. 73–83, 2018.
- [27] A. Peña-Álvarez and A. Castillo-Alanís, "Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-espectrometría de masas (MEFS-CG-EM)," *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 18, no. 1, 2015, doi: 10.1016/j.recqb.2015.05.003.
- [28] V. T. Giselle, M. S. Jorge, and C. S. David, "Diagnóstico del sistema de tratamiento de aguas residuales de Manta," *infoANALÍTICA*, vol. 7, no. 1, pp. 27–39, Jan. 2019.
- [29] S. C. Hernández, S. Edgar N, J. F. Béteau, and L. D. Jiménez, "Análisis de un Proceso de Tratamiento de Efluentes para Producción de Metano," *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 11, no. 2, pp. 236–246, 2014.
- [30] J. L. Rojas-Morales, E. C. Gutiérrez-González, and G. de J. Colina-Andrade, "Obtención y caracterización de carbón activado obtenido de lodos de plantas de tratamiento de agua residual de una industria avícola," *Ing. Investig. Tecnol.*, vol. 17, no. 4, pp. 453–462, Oct. 2016.
- [31] R.-G. María Reyes, M.-B. Judith, J.-B. Alfredo, and S.-L. Joaquín, "Humedal de flujo vertical para tratamiento terciario del efluente físico-químico de una estación depuradora de aguas residuales domésticas," *Ing. Investig. Tecnol.*, vol. 14, no. 2, pp. 223–235, Apr. 2013.
- [32] A. K. Liefländer, C. Fremerey, and F. X. Bogner, "Ecuadorian students' conceptions and personal experience regarding water management issues / Concepciones y experiencias personales de los estudiantes ecuatorianos sobre la gestión del agua," *PsyEcology*, vol. 7, no. 1, pp. 25–63, Jan. 2016.
- [33] J. D. Rodriguez, E. T. Bozzano, and A. D. C. Martinez-Ridruejo, "Design of the Digester Tanks of the Atotonilco Water Treatment Plant in Mexico," *Struct. Eng. Int.*, vol. 25, no. 2, pp. 203–207, May 2015.
- [34] H. Muñoz-Nava and J. Baumann, "Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido," *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2017, [Online]. Available:

- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282017000200287&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282017000200287&script=sci_arttext)
- [35] L. M. Santillán Quiroga, "Remoción de ácido sulfhídrico por microorganismos sobre lodos activados en aguas residuales de la industria alimenticia," *LA GRANJA. Revista*, 2018, [Online]. Available: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-85962018000100112](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962018000100112)
- [36] Y. Díaz-Rodríguez and R. Casellas Ortega, "Biofiltración del gas natural cubano en soporte orgánico con lodos activos," *Ingeniería Hidráulica y*, 2016, [Online]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382016000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000200006)
- [37] L. D. Morillo Semanate, D. A. Naranjo Tovar, J. Pérez, W. E. Villacis Oñate, P. Vargas Jentzsch, and F. Mufloz Bisesti, "REMOCIÓN DE TENSOACTIVOS Y COLIFORMES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE PROCESOS FENTON," *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 35, no. 4, pp. 931–943, Nov. 2019.
- [38] C. Menéndez Gutiérrez and J. Dueñas Moreno, "Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional," *Hydraulic Environ. Eng./Ing. Hidraulica Ambiental*, vol. 39, no. 3, pp. 97–107, 2018.
- [39] N. Hernández-Medina, S. A. Bejarano-Ayala, N. Mena-Guerrero, and F. Machuca-Martínez, "Tratamiento de aguas residuales provenientes de estaciones de gasolina mediante ozonización catalítica," *Ingeniería y competitividad*, vol. 21, no. 1, pp. 23–34, 2019.
- [40] A. Campos-Sánchez and M. Ulloa-Carcassés, "Tratamiento de aguas sulfatadas de origen superficial producidas por una mina de carbón a cielo abierto," *Minería y Geología*, 2016, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/2235/223548649011.pdf>
- [41] "GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf."



## 5. ANEXOS

Anexo 1. Tabla con datos del consumo de la población de muestra durante 6 meses y promedio de dotación.

N°	Nombre y Apellido	# Medidor	# Habitantes	Consumo 2021 m3						PROMEDIO/CONSUMO	CONSUMO (LT/MENSUAL)	DOTACION (LT/HB)/D	PROMEDIO DOTACION
				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio				
1	Cordero Esther	35366	6	26	24	18	36	24	27	25,83	861,11	143,52	181,57
2	Winther Patiño	36916	4	0	0	2	10	23	12	7,83	261,11	65,28	
3	Luz Jimenez	34971	4	15	16	14	46	137	60	48,00	1600,00	400,00	
4	Espinoza Espinoza	35338	9	30	17	14	35	14	16	21,00	700,00	77,78	
5	Carlos Fajardo	1703001396	12	56	53	28	55	30	36	43,00	1433,33	119,44	
6	Gladys Zaruma	33157	3	30	31	5	19	11	15	18,50	616,67	205,56	
7	Carlos Gutama	34289	7	18	22	9	25	11	11	16,00	533,33	76,19	
8	Mauricio Cambisaca	35480	2	0	0	2	6	4	5	2,83	94,44	47,22	
9	María Salinas	34287	5	18	15	25	22	0	0	13,33	444,44	88,89	
10	Juan Tandazo	34290	12	47	63	33	72	49	44	51,33	1711,11	142,59	
11	Jorge Collaguazo	32266	3	25	14	10	21	17	5	15,33	511,11	170,37	
12	Miguel Fajardo	35323	7	3	8	7	12	7	6	7,17	238,89	34,13	
13	Doris Sanchez	32218	4	37	19	10	24	10	13	18,83	627,78	156,94	
14	Juan Tandazo	36922	7	13	17	10	27	12	17	16,00	533,33	76,19	
15	Sanchez Bermeo	38861	7	15	9	13	16	9	17	13,17	438,89	62,70	
16	Ana Centeno	35215	20	17	43	28	45	43	53	38,17	1272,22	63,61	
17	Tatiana Cruz	33006	5	33	11	7	17	8	11	14,50	483,33	96,67	
18	Tatiana Cruz	32273	4	46	26	17	35	22	33	29,83	994,44	248,61	
19	Jesus Sanchez	33034	4	8	14	5	21	13	21	13,67	455,56	113,89	
20	Alava Ortega	38760	6	0	80	42	57	0	49	38,00	1266,67	211,11	
21	Alfonso Patiño	34816	10	4	7	3	6	2	5	4,50	150,00	15,00	
22	Lourdes Rivas	34815	3	60	67	41	52	11	12	40,50	1350,00	450,00	
23	Oswaldo Ramon	38743	3	13	17	10	19	11	11	13,50	450,00	150,00	
24	Anmaya Aline	34886	5	137	51	29	82	30	43	62,00	2066,67	413,33	
25	Santana Nieves	32963	3	49	43	31	70	29	45	44,50	1483,33	494,44	
26	Victor Garcia	34988	7	32	29	14	37	16	23	25,17	838,89	119,84	
27	Justo Quiteño	1311030007	1	37	10	20	20	6	3	16,00	533,33	533,33	
28	Juan Arias	36803	2	20	25	15	35	13	16	20,67	688,89	344,44	

Anexo 2. Cálculos hidráulicos del sistema

CAUDAL DE DISEÑO: 1,07 L/s/ha

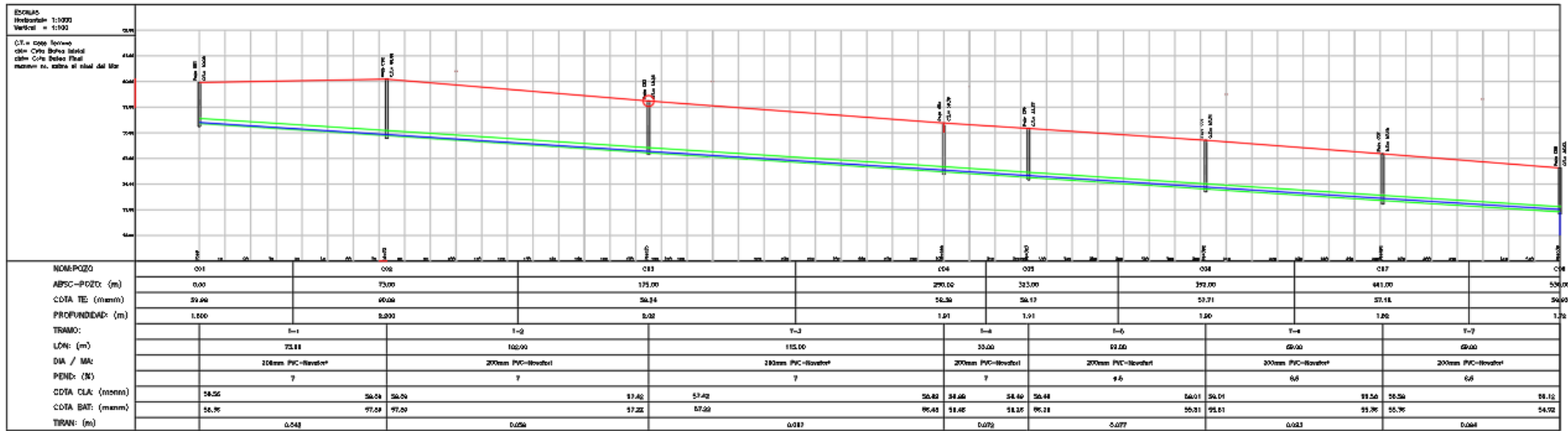
COEFICIENTE RE RUGOSIDAD: 0,011

							TUBO LLENO				RELACIONES HIDRAULICAS							
Tramo			Area tributaria - Ha		Longitud - m		QDIS	S	Diametro interno - mm		QLI	VLI	TLI	QDIS/QLI	V/VLI	T/TLI	y/D	H/D
Nº	De	A	Parcial	Σ	Parcial	Σ	L/s	m/m	Calculado	Comercial	L/s	m/s	kg/m2					
A	C01	C02	2,070	2,070	73	73	2,207	0,007	74,00	200,00	31,280	0,996	0,325	0,070	0,492	0,485	0,210	0,140
B	C02	C03	1,790	3,860	102	175	4,115	0,007	93,47	200,00	31,280	0,996	0,325	0,130	0,580	0,637	0,280	0,197
C	C21	C03	0,840	0,840	73	73	1,500	0,004	70,12	200,00	24,540	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
D	C03	C04	1,850	5,710	115	290	6,087	0,007	108,25	200,00	31,280	0,996	0,325	0,190	0,645	0,748	0,334	0,244
E	C20	C04	0,850	0,850	73	73	1,500	0,004	70,12	200,00	24,540	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
F	C04	C05	0,600	6,310	33	323	6,727	0,007	112,39	200,00	31,280	0,996	0,325	0,220	0,672	0,794	0,362	0,266
G	C19	C05	0,30	0,300	73	73	1,500	0,004	70,12	200,00	24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
H	C05	C06	1,12	7,430	69	392	7,921	0,0065	119,49	200,00	31,28	0,996	0,325	0,250	0,695	0,836	0,386	0,287
I	C18	C06	0,54	0,540	73	73	1,500	0,004	70,12	200,00	24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
J	C06	C07	1,13	8,560	69	461	9,125	0,0065	126,00	200,00	31,28	0,996	0,325	0,290	0,720	0,885	0,417	0,314
K	C17	C07	0,52	0,520	73	73	1,500	0,004	70,12	200,00	24,54	0,781	0,200	0,060	0,473	0,452	0,196	0,128
L	C07	C08	1,92	10,480	69	530	11,172	0,0065	135,94	200,00	31,28	0,996	0,325	0,360	0,768	0,959	0,468	0,361
M	C09	C10	1,59	1,59	64	64	1,695	0,012	59,75	200,00	42,5	1,353	0,600	0,040	0,427	0,375	0,165	0,102
N	C10	C11	1,58	3,17	104	104	3,379	0,0084	82,74	200,00	35,56	1,132	0,420	0,100	0,540	0,568	0,248	0,170
O	C11	C12	1,85	5,02	88	192	5,352	0,0084	98,31	200,00	35,56	1,132	0,420	0,150	0,600	0,678	0,298	0,213
P	C12	C13	1,54	6,56	68	260	6,993	0,0084	108,68	200,00	35,56	1,132	0,420	0,200	0,656	0,764	0,346	0,251
Q	C13	C14	1,37	7,93	68	328	8,454	0,0084	116,70	200,00	35,56	1,132	0,420	0,240	0,687	0,822	0,379	0,280
R	C14	C15	1,81	9,74	69	397	10,383	0,0084	126,05	200,00	35,56	1,132	0,420	0,290	0,720	0,885	0,417	0,314
S	C15	C16	1,06	10,80	79	476	11,513	0,0084	131,03	200,00	35,56	1,132	0,420	0,320	0,740	0,918	0,439	0,334
T	C16	C08	0,30	11,10	73	549	11,833	0,004	152,14	200,00	24,54	0,781	0,200	0,480	0,840	1,059	0,550	0,443
<b>DESCARGA</b>																		
	C08	EB	ΣAt=	21,58	17	ΣQDIS=	23,005	0,003	206,03	250,00	38,53	0,785	0,188	0,600	0,900	1,135	0,626	0,534

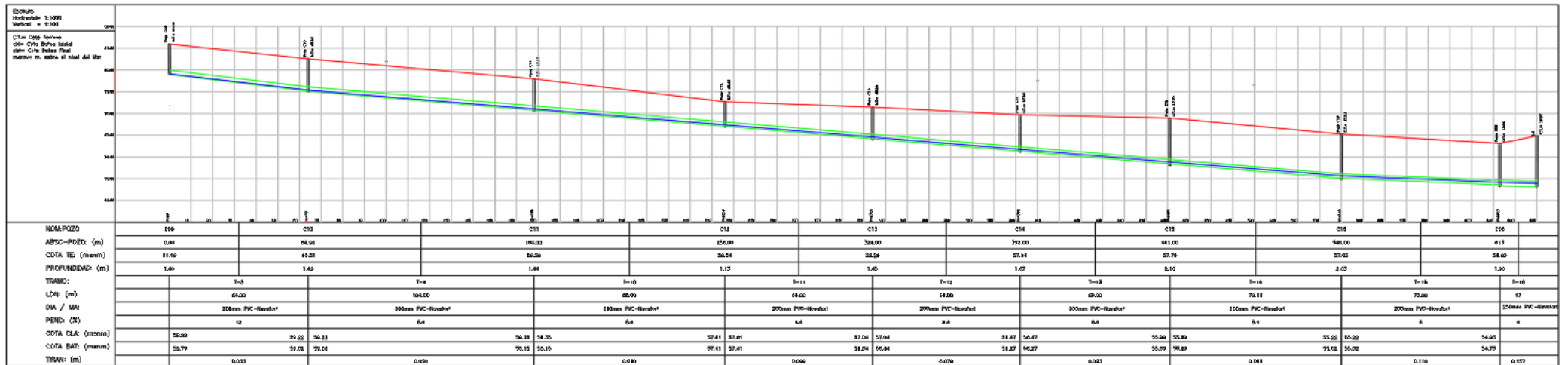
						COTAS											
V m/s	V2/2g	y m	E m	H m	F	Cota Rasante		Cota Clave		Cota Batea		Cota Energia		Cota Lamina		Profundidad	
						DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A	DE	A
0,49	0,012	0,042	0,054	0,028	0,93	59,96	60,09	58,56	58,09	58,36	57,89	58,41	57,94	58,40	57,93	1,60	2,20
0,58	0,017	0,056	0,073	0,039	0,94	60,09	59,24	58,09	57,42	57,89	57,22	57,96	57,30	57,94	57,28	2,20	2,02
0,370	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73	59,29	59,24	58,19	57,90	57,99	57,70	58,03	57,74	58,03	57,74	1,30	1,54
0,64	0,021	0,067	0,088	0,049	0,92	59,24	58,38	57,42	56,68	57,22	56,48	57,31	56,56	57,29	56,54	2,02	1,91
0,370	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73	58,52	58,38	57,43	57,14	57,23	56,94	57,28	56,98	57,27	56,98	1,29	1,44
0,67	0,023	0,072	0,095	0,053	0,93	58,38	58,17	56,68	56,46	56,48	56,26	56,57	56,36	56,55	56,33	1,91	1,91
0,370	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73	58,30	58,17	57,21	56,92	57,01	56,72	57,06	56,76	57,05	56,76	1,29	1,45
0,69	0,024	0,077	0,101	0,057	0,92	58,17	57,71	56,46	56,01	56,26	55,81	56,36	55,91	56,34	55,89	1,91	1,90
0,370	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73	57,91	57,71	56,81	56,52	56,61	56,32	56,66	56,36	56,65	56,36	1,30	1,39
0,72	0,026	0,083	0,109	0,063	0,92	57,71	57,18	56,01	55,56	55,81	55,36	55,92	55,47	55,90	55,45	1,90	1,82
0,370	0,007	0,039	0,046	0,026	0,73	57,50	57,18	56,41	56,11	56,21	55,91	56,25	55,96	56,24	55,95	1,30	1,27
0,76	0,029	0,094	0,123	0,072	0,90	57,18	56,63	55,56	55,12	55,36	54,92	55,49	55,04	55,46	55,01	1,82	1,72
0,58	0,017	0,033	0,050	0,020	1,31	61,19	60,51	59,99	59,22	59,79	59,02	59,84	59,07	59,82	59,06	1,40	1,49
0,61	0,019	0,050	0,069	0,034	1,06	60,51	59,59	59,22	58,35	59,02	58,15	59,09	58,22	59,07	58,20	1,49	1,44
0,68	0,024	0,060	0,084	0,043	1,05	59,59	58,54	58,35	57,61	58,15	57,41	58,23	57,49	58,21	57,47	1,44	1,13
0,74	0,028	0,069	0,097	0,050	1,06	58,54	58,29	57,61	57,04	57,41	56,84	57,51	56,94	57,48	56,91	1,13	1,45
0,78	0,031	0,076	0,107	0,056	1,05	58,29	57,94	57,04	56,47	56,84	56,27	56,95	56,37	56,91	56,34	1,45	1,67
0,82	0,034	0,083	0,117	0,063	1,04	57,94	57,79	56,47	55,89	56,27	55,69	56,38	55,80	56,35	55,77	1,67	2,10
0,84	0,036	0,088	0,124	0,067	1,04	57,79	57,05	55,89	55,22	55,69	55,02	55,81	55,15	55,78	55,11	2,10	2,03
0,66	0,022	0,110	0,132	0,067	0,81	57,05	56,63	55,22	54,93	55,02	54,73	55,16	54,86	55,13	54,84	2,03	1,90
<b>DESCARGA</b>																	
0,71	0,026	0,157	0,183	0,134	0,62	56,63	56,97	54,93	54,88	54,73	54,63	54,91	54,81	54,89	54,79	1,90	2,34

Anexo 3. Perfil longitudinal de la red principal desde el pozo 1 al pozo 16

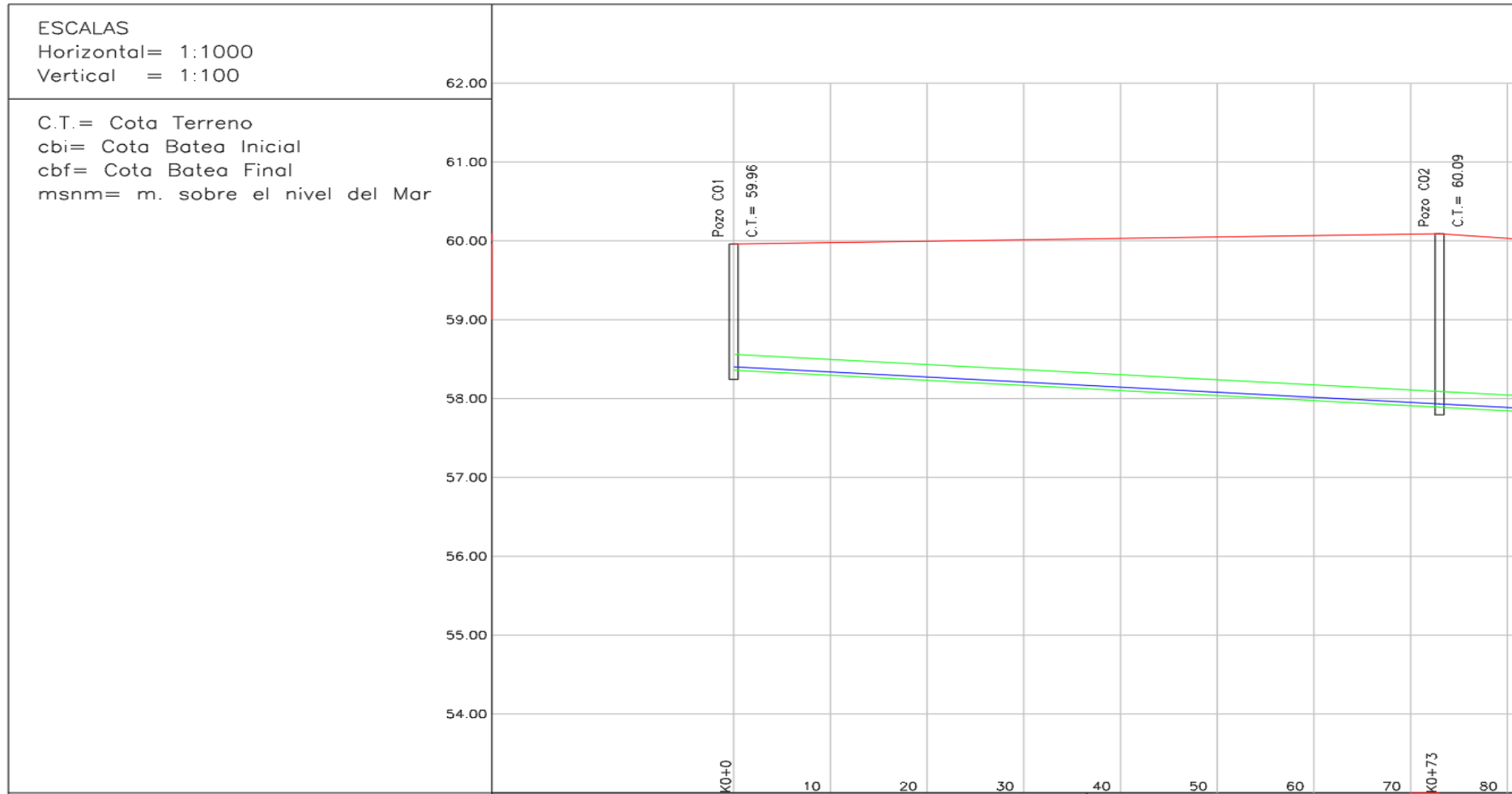
POZO 1 - POZO 8



POZO 1 - POZO 16-POZO 16 AL POZO 8



Anexo 3.1. Especificación del perfil longitudinal del tramo entre los pozos 1 y 2.



NOM:POZO	C01		C02	
ABSC-POZO: (m)	0.00		73.00	
COTA TE: (msnm)	59.96		60.09	
PROFUNDIDAD: (m)	1.600		2.200	
TRAMO:		T-1		
LON: (m)		73.00		
DIA / MA:		200mm PVC-Novafort		
PEND: (%)		7		
COTA CLA: (msnm)		58.56	58.09	58.09
COTA BAT: (msnm)		58.36	57.89	57.89
TIRAN: (m)		0.042		

Anexo 4. Plano con la descripción de cotas y pendientes de las cajas domiciliarias.



Anexo 5. Cuadro de consumo del caudal medio por año

## CUADRO DE CONSUMOS

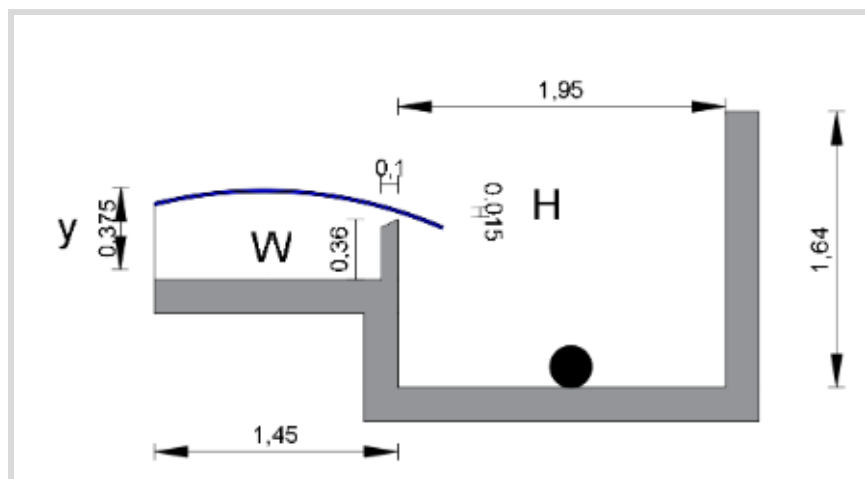
AÑO	DOTACION (lt/hab)/Día			POBLACION	DOTACION CONSTANTE (lt/hab)/Día			
	DOTACION CONSTANTE	DOTACION EXPERIMENTAL	DOTACION DEL DISEÑO		COEFICIENTE RETORNO	Q. MEDIO DIARIO (l/s)	Q.max Horario	Q. Diseño
2012	181,57	172,57	152,00	1.992	0,75	3,14	11,94	19,45
2013	181,57	173,57	153,00	2.031	0,75	3,20	12,14	19,72
2014	181,57	174,57	154,00	2.070	0,75	3,26	12,33	19,98
2015	181,57	175,57	155,00	2.109	0,75	3,32	12,53	20,24
2016	181,57	176,57	156,00	2.150	0,75	3,39	12,74	20,52
2017	181,57	177,57	157,00	2.191	0,75	3,45	12,94	20,79
2018	181,57	178,57	158,00	2.233	0,75	3,52	13,15	21,07
2019	181,57	179,57	159,00	2.276	0,75	3,59	13,36	21,36
2020	181,57	180,57	160,00	2.320	0,75	3,66	13,58	21,65
2021	181,57	181,57	161,00	2.364	0,75	3,73	13,79	21,93
2022	181,57	182,57	162,00	2.410	0,75	3,80	14,01	22,23
2023	181,57	183,57	163,00	2.456	0,75	3,87	14,24	22,53
2024	181,57	184,57	164,00	2.503	0,75	3,94	14,46	22,84
2025	181,57	185,57	165,00	2.551	0,75	4,02	14,69	23,15
2026	181,57	186,57	166,00	2.600	0,75	4,10	14,92	23,46
2027	181,57	187,57	167,00	2.650	0,75	4,18	15,16	23,78
2028	181,57	188,57	168,00	2.701	0,75	4,26	15,40	24,10
2029	181,57	189,57	169,00	2.753	0,75	4,34	15,64	24,43
2030	181,57	190,57	170,00	2.806	0,75	4,42	15,88	24,77
2031	181,57	191,57	171,00	2.860	0,75	4,51	16,13	25,11
2032	181,57	192,57	172,00	2.914	0,75	4,59	16,38	25,44
2033	181,57	193,57	173,00	2.970	0,75	4,68	16,63	25,79
2034	181,57	194,57	174,00	3.027	0,75	4,77	16,88	26,14
2035	181,57	195,57	175,00	3.086	0,75	4,86	17,15	26,50
2036	181,57	196,57	176,00	3.145	0,75	4,96	17,41	26,86
2037	181,57	197,57	177,00	3.205	0,75	5,05	17,67	27,23



## CUADRO DE CONSUMOS

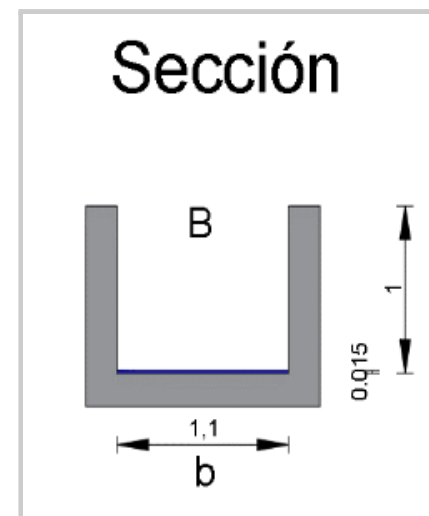
DOTACION EXPERIMENTAL (lt/hab)/Día				DOTACION DE DISEÑO (lt/hab)/Día			
COEFICIENTE RETORNO	Q. MEDIO DIARIO (l/s)	Q.max Horario	Q. Diseño	COEFICIENTE RETORNO	Q. MEDIO DIARIO (l/s)	Q.max Hora	Q. Diseño
0,75	2,98	11,35	18,70	0,75	2,63	9,99	16,96
0,75	3,06	11,60	19,03	0,75	2,70	10,23	17,27
0,75	3,14	11,86	19,37	0,75	2,77	10,46	17,58
0,75	3,21	12,12	19,71	0,75	2,84	10,70	17,89
0,75	3,30	12,39	20,07	0,75	2,91	10,94	18,22
0,75	3,38	12,66	20,43	0,75	2,99	11,19	18,54
0,75	3,46	12,93	20,79	0,75	3,06	11,44	18,88
0,75	3,55	13,21	21,17	0,75	3,14	11,70	19,22
0,75	3,64	13,50	21,55	0,75	3,22	11,96	19,57
0,75	3,73	13,79	21,93	0,75	3,30	12,23	19,92
0,75	3,82	14,09	22,33	0,75	3,39	12,50	20,29
0,75	3,91	14,39	22,74	0,75	3,48	12,78	20,66
0,75	4,01	14,70	23,15	0,75	3,56	13,06	21,03
0,75	4,11	15,01	23,57	0,75	3,65	13,35	21,42
0,75	4,21	15,33	23,99	0,75	3,75	13,64	21,81
0,75	4,31	15,66	24,43	0,75	3,84	13,94	22,21
0,75	4,42	15,99	24,87	0,75	3,94	14,25	22,61
0,75	4,53	16,33	25,33	0,75	4,04	14,56	23,03
0,75	4,64	16,67	25,79	0,75	4,14	14,87	23,45
0,75	4,76	17,02	26,26	0,75	4,25	15,19	23,89
0,75	4,87	17,37	26,73	0,75	4,35	15,51	24,32
0,75	4,99	17,73	27,22	0,75	4,46	15,84	24,77
0,75	5,11	18,09	27,72	0,75	4,57	16,18	25,23
0,75	5,24	18,47	28,23	0,75	4,69	16,53	25,70
0,75	5,37	18,85	28,74	0,75	4,80	16,88	26,17
0,75	5,50	19,23	<b>29,26</b>	0,75	4,92	17,23	<b>26,65</b>

Anexo 6. Cálculo del caudal de entrada a la planta de tratamiento.



Vertedero de pared delgada (Dimensiones)

Y	0,375
H	0,015
W	0,36



Dimensiones

B	1,1
b	1,1

Fórmula para el cálculo del caudal de la laguna

$$Q = 2,952\mu b h^2$$

COEFICIENTE DE GASTO		REHBOCK	
$\mu$	0,6035	0,0813	
0,6081172554	0,6747234945	0,04472222222	1,111992673

CAUDAL (M3/S)	CAUDAL (LT/S)
0,004022327449	4

Anexo 6.1. Tabla de fórmulas experimentales para determinar el coeficiente de gasto  $\mu$ .

AUTOR	FÓRMULA	LÍMITE DE APLICACIÓN	OBSERVACIONES
Hegly (1921)	$\mu = \left[ 0.06075 - 0.045 \left( \frac{B-b}{B} \right) + \frac{0.0041}{h} \right] \times$ $\times \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{b}{B} \right)^2 \left( \frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0.10 \text{ m} \leq h \leq 0.60 \text{ m}$ $0.50 \text{ m} \leq b \leq 2.00 \text{ m}$ $0.20 \text{ m} \leq w \leq 1.13 \text{ m}$	El primer límite de aplicación es el mas importante. Para $h/b > 0.13$ tiene mayor precisión que la fórmula SIAS
Sociedad de Ingenieros y Arquitectos Suizos (SIAS)	$\mu = \left[ 0.578 + 0.037 \left( \frac{b}{B} \right)^2 + \frac{3.615 - 3 \left( \frac{b}{B} \right)^2}{1000h + 1.6} \right] \times$ $\times \left[ 1 + 0.5 \left( \frac{b}{B} \right)^4 \left( \frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$	$0.025 \text{ m} \leq h \leq 0.80 \text{ m}$ $b \leq 0.3B$ $w \geq 0.30 \text{ m}$ $h/w \leq 1$ en el caso de contracciones laterales	Para vertedores sin contracción lateral los límites son: $0.025 \text{ m} \leq h \leq 0.80 \text{ m}$ $0.30 \text{ m} \leq w$ $h/w \leq 1$ Para $h/b \leq 0.13$ , es mas precisa que la de Hegly
Hamilton - Smith	$\mu = 0.616 \left( 1 - \frac{b}{10B} \right)$	$0.075 \text{ m} \leq h \leq 0.60 \text{ m}$ $0.30 \text{ m} \leq b$ $0.30 \text{ m} \leq w$ $h \leq w/2$ $b \leq (B-2h), h/b \leq 0.5$	Si $B(h+w) < 10bh$ , se deberá reemplazar en la ecs. 7.5 (Sotelo Á.) el valor de $h$ por $h'$ , donde: $h' = h + 1.4(V^2/2g)$ siendo $V = [Q/B(h+w)]$ es la velocidad de llegada.
Francis	$\mu = 0.623 \left[ 1 - 0.1n \frac{h}{b} \right] \times$ $\times \left[ \left( 1 + \frac{V_0^2}{2gh} \right)^{3/2} - \left( \frac{V_0^2}{2gh} \right)^{3/2} \right]$	$0.18 \text{ m} \leq h \leq 0.50 \text{ m}$ $2.40 \text{ m} \leq b \leq 3.00 \text{ m}$ $0.60 \text{ m} \leq w \leq 1.50 \text{ m}$ $b \geq 3h$	$V = Q / (B(h+w))$ Siendo $V$ la velocidad de llegada. $n = 2$ en vertedores con contracción lateral $n = 0$ en vertedores sin contracciones laterales
Rehbock (1929)	$\mu = \left[ 0.6035 + 0.0813 \left( \frac{h+0.0011}{w} \right) \right] \times$ $\times \left[ 1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{3/2}$	$0.18 \text{ m} \leq h \leq 0.50 \text{ m}$ $b \geq 0.3 \text{ m}$ $w \geq 0.06 \text{ m}$ $h/w \leq 1$	Vale sólo para vertedores sin contracciones laterales. Es muy precisa y de las mas utilizadas, por su sencillez.

Anexo 7. Caudal del efluente de la planta o del cuerpo receptor.

METODO DEL FLOTADOR										
	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	PROMEDIO (m)	AREA (m2)	DISTANCIA TOTAL (m)	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL (m3/s)	CAUDAL (lt/s)
ANCHO	4,1	4	3,8	3,9	4	0,68	30	0,32	0,2182339858	<b>218</b>
PROFUNDIDAD	0,15	0,17	0,17	0,2	0,17					

#Lecturas	Tiempo (A-B) (segundos)	Tiempo (B-C) (segundos)	Tiempo (C-D) (segundos)	Tiempo (A-D) (segundos)
1	36	32	31	97
2	26	34	42	100
3	38	34	46	93
4	29	32	32	90
5	34	35	33	92
6	32	38	30	95
7	30	30	35	91
8	32	35	34	90
9	34	36	36	100
10	28	34	32	90
11	29	38	36	95
12	31	32	35	94
13	35	30	36	96
14	34	34	32	92
15	32	37	36	90
<b>PROMEDIO</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>94</b>