

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
BIOLÓGICA DE AGUA RESIDUAL MUNICIPAL DE GONZÁLEZ
SUÁREZ, CANTÓN OTAVALO, PROVINCIA DE IMBABURA.**

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

LUIS BELISARIO ALMANZA PINARGOTE

luis.almanza@epn.edu.ec

OSCAR DAVID PEÑALOZA MAYORGA

oscar.penaloz@epn.edu.ec

DIRECTOR: Ing. Ana Lucia Balarezo Aguilar

ana.balarezo@epn.edu.ec

Quito, diciembre, 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Belisario Almanza Pinargote y Oscar David Peñaloza Mayorga, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o clasificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento, y por la normativa institucional vigente.

Luis Belisario Almanza Pinargote

Oscar David Peñaloza Mayorga

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Belisario Almanza Pinargote y Oscar David Peñalosa Mayorga, bajo mi supervisión.

ANA LUCIA BALAREZO AGUILAR PhD
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque desde joven me trajiste y me acogiste en tus caminos y forjaste planes maravillosos; caminado siempre tomado de tus manos bajo tu bendición, gracias a ti siempre he obtenido la victoria.

A mis Padres que fueron quien iniciaron, motivaron y auspiciaron este sueño, cuya motivación, fue a diario y lograron que llegue a esta meta. ¡Los Amo!

A mi Madre profundamente por tu amor, por todo lo que me enseñaste, por tus deseos tan grandes de sacarme adelante, por aquellas madrugadas que me acompañaste y a pesar de tu muerte te siento aquí junto a mi. ¡Este fue tu sueño!

A la Escuela Politécnica Nacional y a sus Docentes, por abrir mi mente y llenármela de conocimientos, la Ing. Ana Balarezo por su dirección, apoyo, conocimiento, asesoría y en mi caso por su amistad, fue la que nos dirigió al éxito en este proyecto.

Agradezco a la vida por los momentos sacrificados, porque a pesar de ello he podido culminar este proyecto de vida, ustedes son los únicos que entenderán los sacrificios que vivimos, ustedes han sido los únicos que han estado a mi lado y nunca me han juzgado, queridos, este es la fuente de mi esfuerzo, gracias por ser el motor de mi vida, los que me encendieron en mis momentos difíciles me brindaros calor y voz en los momentos opacos; se que vivimos momentos de necesidad pero espero que entiendan y comprendan la recompensa que les espera que es producto de mi sacrificio realizado para ustedes. El tiempo será el mejor juez y el testigo de este amor infinito hacia ustedes JuNeSi.

Luis

AGRADECIMIENTO

A mi papá y mamá, que, con su apoyo y cariño incondicional en mi vida, pude lograr esta meta. ¡Los quiero un montón!

A mi familia, quienes también influyeron en este sueño de convertirme en profesional, agradezco por estar a mi lado.

A la Ing. Ana Lucia Balarezo, quien ha dirigido este trabajo y quien supo brindarme asesoramiento, conocimientos y apoyo para poder culminar con el trabajo de titulación.

Al Centro de Investigación y Control Ambiental por abrirnos las puertas y brindarnos su apoyo durante la realización del presente proyecto.

A la EPN por haber formado mi perfil profesional, ético y moral.

A mis amigos.

Oscar

DEDICATORIA

A Dios y a su servicio, por que así seré un mejor instrumento, para ser testimonio de su palabra y poder edificar su iglesia.

A enorgullecer a mis padres y a mis seres queridos.

A mis mas grandes bendiciones que fueron mi motivación; esto servirá para sacarlos adelante y solventar todas sus necesidades sentimentales, intelectuales y físicas, tanto de ellos como las mías, con el fin de vivir en armonía delante de la presencia de Dios

Luis

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, familia y amigos.

A mi tío bolito y a mi querido amigo pancho, que sus restos descansen en paz.

Oscar

INDICE

DECLARACIÓN.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA	vi
INDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
PRESENTACIÓN	xvii
SIMBOLOGÍA Y SIGLAS	xviii
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	2
1.3. HIPÓTESIS.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. ALCANCE	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. AGUA RESIDUAL.....	5
2.1.1. ORIGEN	5
2.1.2. CARACTERIZACIÓN.....	6
2.2. CONTAMINANTES IMPORTANTES EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.....	7
2.3. SISTEMAS Y NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
2.3.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL.....	8

2.3.2. NIVELES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	9
2.4. ESTANQUES CON PLANTAS ACUÁTICAS FLOTANTES	10
2.5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN SUS USOS Y LIMITACIONES DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE	13
2.5.1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA DESCARGAS EN CUERPOS DE AGUA DULCE	13
CAPÍTULO 3	15
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	15
3.1. UBICACIÓN DE LA PARROQUIA GONZÁLEZ SUÁREZ	15
3.1.1. CLIMA	15
3.1.2. POBLACIÓN	16
3.1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA	17
3.1.4. EDUCACIÓN	18
3.1.5. SALUD	18
3.1.6. SERVICIOS BÁSICOS	18
3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PLANTAS DEPURADORAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA	19
CAPÍTULO 4	21
4. METODOLOGÍA	21
4.1. ACERCAMIENTO CON LAS AUTORIDADES DE LA EMPRESA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO, EMAPAO	21
4.2. VISITA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ	21
4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ	22
4.3. TRABAJO EN CAMPO	31
4.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNIDAD QUE CONFORMA LA PLANTA DE TRATAMIENTO	31
4.3.2. DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DE LOS ESTANQUES DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	31
4.3.3. CAUDALES DE AFLUENTES Y EFLUENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	32
4.3.4. MUESTREO DE EFLUENTES DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	33
4.3.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS IN-SITU	34
4.4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES Y DESCARGA FINAL	36
4.5. EFICIENCIA DE REMOCIÓN	42

4.6. CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ITAMBI.....	42
CAPÍTULO 5.....	43
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	43
5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS CAUDALES HORARIOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS.....	43
5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DETERMINADOS EN CAMPO Y GABINETE	44
5.2.1. PARÁMETROS FÍSICOS	47
5.2.2. PARÁMETROS QUÍMICOS	49
5.2.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS.....	52
5.3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN.....	52
5.4. CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE LA DESCARGA DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN CON LA NORMATIVA ECUATORIANA VIGENTE	56
5.5. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ITAMBI AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE MEZCLA.....	58
5.6. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MEJORAS, PARA OPTIMIZAR EL PROCESO EN CADA UNA DE LAS UNIDADES.....	60
5.6.1. SEDIMENTADORES	60
5.6.2. FILTRO DE FLUJO ASCENDENTE.....	60
5.6.3. ESTANQUES DE FITOREMEDIACIÓN.....	61
5.6.4. LECHOS DE SECADO	61
CAPÍTULO 6.....	63
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
6.1. CONCLUSIONES.....	63
6.2. RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	6
TABLA 2-2	LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE (TULSMA, 2015)..	13
TABLA 4-1	PROFUNDIDAD DEL ESTANQUE Y PORCENTAJE DE COBERTURA VEGETAL, CON SU RESPECTIVA VEGETACIÓN	27
TABLA 4-2	PARÁMETROS IN-SITU.....	34
TABLA 4-3	VALORES DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA DETERMINADOS IN SITIO, PARA EL PRIMER MUESTREO (ENERO, 2020).....	35
TABLA 4-4	VALORES DE LOS PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA DETERMINADOS EN SITIO, PARA EL SEGUNDO MUESTREO (FEBRERO, 2020).....	36
TABLA 4-5	PARÁMETROS ANALIZADOS EN LABORATORIO	37
TABLA 4-6	VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS EFLUENTES DE LAS UNIDADES DE LA PTARS GONZÁLEZ SUÁREZ (ENERO,2020)	39
TABLA 4-7	VALORES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO DE LOS EFLUENTES DE LAS UNIDADES DE LA PTARS GONZÁLEZ SUÁREZ (FEBRERO,2020)	40
TABLA 5-1	VALORES PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DETERMINADOS EN SITIO PARA LAS TRES UNIDADES DE TRATAMIENTO DEPURADOR DE LA PTARS GONZÁLEZ SUAREZ.	45
TABLA 5-2	VALORES PROMEDIO DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DETERMINADOS EN LABORATORIO PARA LAS TRES UNIDADES DE TRATAMIENTO DEPURADOR DE LA PTARS GONZÁLEZ SUAREZ.	45
TABLA 5-3	CALCULO DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN EN CADA UNA DE LAS UNIDADES DE TRATAMIENTO DE LA PLANTA GONZÁLEZ SUÁREZ	53
TABLA 5-4	CALCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE REMOCIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ.....	54
TABLA 5-5	TENDENCIA DE CALIDAD SEGÚN LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE EVACUACIÓN INTEGRAL PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EN CADA UNIDAD DE TRATAMIENTO.....	55
TABLA 5-6	TENDENCIA DE CALIDAD SEGÚN LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE EVACUACIÓN INTEGRAL PARA LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES GLOBAL EN CADA UNO DE LOS PARÁMETROS	55
TABLA 5-7	GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA DESCARGA RESPECTO A LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS EN CUERPOS RECEPTORES	57
TABLA 5-8	VALORES DE DBO, DQO MEDIDOS EN EL RÍO ITAMBI	59
TABLA 5-9	CONCENTRACIÓN FINAL DE DBO ₅ Y DQO AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE MEZCLA.....	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2-1	ESQUEMA DE LA OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO NO CONVENCIONAL.....	9
GRÁFICO 2-2	MORFOLOGÍA DEL JACINTO DE AGUA (EISHORNIA CRASSIPES).....	11
GRÁFICO 2-3	MORFOLOGÍA DE LA LENTEJA DE AGUA (LEMNA MINOR).....	12
GRÁFICO 2-4	MORFOLOGÍA DE LA LECHUGUILLA DE AGUA (PISTIA STATIOTES).....	12
GRÁFICO 3-1	MAPA DE UBICACIÓN DE LA PARROQUIA GONZÁLEZ SUÁREZ.....	15
GRÁFICO 3-2	CLIMOGRAMA DEL CANTÓN OTAVALO,2016.....	16
GRÁFICO 3-3	ACTIVIDADES ECONÓMICAS PRODUCTIVAS DE GONZÁLEZ SUÁREZ.....	18
GRÁFICO 3-4	MAPA DE UBICACIÓN DE LAS 14 PLANTAS DE TRATAMIENTO EN LA CUENCA DEL LAGO SAN PABLO.....	20
GRÁFICO 4-1	MÓDULO DE SEPARACIÓN DE CAUDALES.....	23
GRÁFICO 4-2	VERTEDERO TRIANGULAR DE PARED DELGADA.....	23
GRÁFICO 4-3	MÓDULO DE SEDIMENTACIÓN CON SUS CAJAS DE REVISIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ.....	24
GRÁFICO 4-4	FILTRO ANAEROBIO CONFORMADO POR 6 CAJAS DE REVISIÓN EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ.....	25
GRÁFICO 4-5	VISTA DE LOS ESTANQUES DE MACRÓFITAS, PTARs GONZÁLEZ SUAREZ.....	26
GRÁFICO 4-6	VISTA TRANSVERSAL DE LOS ESTANQUES CON MACRÓFITAS FLOTANTES PTARs GONZÁLEZ SUAREZ.....	26
GRÁFICO 4-7	ESTANQUES DE PLANTAS ACUÁTICAS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ.....	28
GRÁFICO 4-8	LECHOS DE SECADO CON MACRÓFITAS SECAS.....	29
GRÁFICO 4-9	DEPÓSITO DE MACRÓFITAS EN LECHOS DE SECADO POR PARTE DE TRABAJADORES.....	30
GRÁFICO 4-10	CAJA DE REVISIÓN.....	30
GRÁFICO 4-11	PUNTO DE DESCARGA EN EL RÍO ITAMBI.....	31
GRÁFICO 4-12	MUESTREO COMPUESTO EN LA UNIDAD DE SEDIMENTACIÓN, PTARs GONZÁLEZ SUÁREZ, FEBRERO 2020.....	34
GRÁFICO 5-1	CAUDALES HORARIOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS A LA ENTRADA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO N°1 GONZÁLEZ SUÁREZ.....	43

RESUMEN

El presente proyecto de titulación evaluó la Planta de Tratamiento Biológica N°1 González Suarez, mediante la aplicación de un diagnóstico ambiental, que incluyó, la determinación del caudal del sistema depurador, monitoreos de la calidad del agua de los afluentes y efluentes de cada unidad del proceso de tratamiento, eficiencias de remoción y cumplimiento de la normativa ambiental, para determinar alternativas de mejora a su operación.

La metodología se basó en un diagnóstico inicial a través de una visita de reconocimiento a la planta de tratamiento para observar la operación, diseño e identificar puntos accesibles para los muestreos en cada una de las unidades del proceso de depuración. Durante los meses de enero y febrero del 2020, se realizaron las visitas técnicas a la planta para la medición de caudales horarios, la recolección de muestras y medición de algunos parámetros de calidad del agua in-situ y otros en gabinete.

De la caracterización física, química y microbiológica del efluente de la planta, se determinó que la unidad de sedimentación presentó una remoción de sólidos del 74,03 %, en el filtro anaerobio la remoción de DBO fue del 83,33 % y en los estanques con plantas flotantes, la remoción de nutrientes fue del 72,32 %. Respecto al grado de cumplimiento con la normativa ambiental Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para descargas en cuerpos receptores de agua dulce, excepto coliformes fecales, que en la descarga presenta un valor de $2,8 \cdot 10^4$ NMP/100mL, excediendo en un 7,14%, al límite máximo permisible.

Finalmente, dentro de las alternativas de mejora a la PTARs González Suarez, la primera es que como toda infraestructura y más siendo una planta de tipo biológica, debe ser operada permanentemente por un técnico, designado por el gobierno municipal, a fin de optimizar los procesos de tratamiento y copilar y documentar la información técnica de la operación y mantenimiento de la planta depuradora.

Establecer un programa de mantenimiento periódico del sedimentador y de los estanques de plantas acuáticas, para prevenir el colapso de estas unidades.

Los lodos residuales del sedimentador podrían ser estabilizados in situ, vía compostaje o vermicompostaje, para producir un acondicionador de suelos.

Palabras clave: Agua residual, planta de tratamiento biológica, fitoremediación.

ABSTRACT

This study evaluated Biological Treatment Plant No1 González Suarez, through the application of an environmental diagnosis, which included the determination of the flow of the purifying system; monitoring of the water quality of the tributaries and effluents of each unit of the treatment process, removal efficiencies and compliance with the environmental regulations, to determine alternatives for improvement to its operation.

The methodology was based on an initial diagnosis through a survey visit to the treatment plant to observe the operation, and design and identify accessible points for sampling in each of the units of the purification process. During January and February 2020, technical visits were carried out to the plant for measuring flow schedules, collecting samples and measuring some in-situ water quality parameters and others in cabinet.

From physical, chemical and microbiological characterization of the plant effluent, it was determined that the sedimentation unit had a solids removal of 74,03 %, in the anaerobic filter the removal of DBO was 83,33 % and in the ponds with floating plants, the removal of nutrients was 72,32 %. For the degree of compliance with environmental regulations Book VI, Annex 1, Table No 12 of the TULSMA (2015), all the parameters analyzed are within the maximum permissible limits for discharges into fresh water receiving bodies, except fecal coliforms, which in the discharge has a value of $2,8 \cdot 10^4$ NMP/100mL, exceeding the permissible maximum limit by 7,14 %

Finally, as part of the improvement alternatives to the PTARs González Suarez, the first is that like all infrastructure and more as a biological plant, it must be operated permanently by a technician, designated by the municipal government, in order to optimize the processes of treatment and copy and document the technical information of the operation and maintenance of the treatment plant. Establish a

regular maintenance programmer for the sedimenter and water ponds to prevent the collapse of these units.

The residual sludge from the sedimentator could be stabilized in situ, via composting or vermicomposting, to produce a soil conditioner.

Keywords: Wastewater, biological treatment plant, phytoremediation.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de titulación está conformado por seis capítulos que se resume a continuación:

El capítulo 1, “Introducción”, presenta los antecedentes, justificación y el alcance del proyecto, así como los objetivos generales y específicos planteados para este proyecto.

El capítulo 2 “Marco Teórico” muestra la base teórica actualizada en el que se fundamenta el proyecto, esto es el estado del arte sobre las aguas residuales, características, tratamiento biológico para asentamientos de mediano caudal y la normativa ambiental aplicable al tema.

Capítulo 3 “Descripción de la zona de estudio” expone información de línea base sobre la parroquia González Suarez respecto a su geografía, meteorología, socio-económica, cobertura de servicios básicos, así como los sistemas depuradores de aguas residuales en la zona de influencia del lago San Pablo.

El capítulo 4 “Metodología” describe las actividades desarrolladas en campo tanto en las visitas preliminares de observación como en las visitas técnicas para el muestreo de la calidad de agua de las unidades depuradoras y descarga final al cuerpo receptor. Así como la analítica ejecutada en gabinete para varios parámetros, indicadores de contaminación de origen doméstico.

El capítulo 5 “Discusión de resultados” presenta el análisis de los resultados obtuvieron de los parámetros de la calidad del agua de las diferentes unidades de tratamiento y las alternativas de mejora en la planta depuradora.

El capítulo 6 “Conclusiones y Recomendaciones” muestra las conclusiones en función a los resultados logrados y las recomendaciones para futuras investigaciones en el tema.

SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

- CICAM:** Centro de Investigación y Control Ambiental
- DBO5:** Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días.
- DQO:** Demanda Química de Oxígeno
- EMAPAO:** Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Otavalo
- EPN:** Escuela Politécnica Nacional
- FICA:** Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental
- INAMHI:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
- INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
- LDIA:** Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental.
- PDOT:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial
- PTARs:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- SENAGUA:** Secretaría Nacional del Agua
- SD:** Sólidos Disueltos
- SS:** Sólidos Suspendidos
- ST:** Sólidos Totales
- TULSMA:** Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El agua es un recurso abundante a nivel global y está distribuido por todo el planeta mediante el ciclo hidrológico; es vital para la supervivencia de los seres vivos y fundamental en el desarrollo de las actividades socioeconómicas ya que satisface las necesidades de los seres humanos (Blanco, Melendo, Hidalgo, & Crespo , 2017). De acuerdo con la UNESCO (2003), a nivel mundial, el agua dulce es destinada principalmente para el uso agricultura con un 70%, la industria con un 22% y doméstico con un 8%. El Ecuador es el mayor consumidor de agua potable por habitante/día en América Latina con 236 litros, siendo el consumo promedio per-capital diario de 169 litros; es decir sobrepasa un 40% de consumo normal (SENAGUA, 2017).

El manejo inadecuado de las aguas residuales, cuando son vertidas directamente en los cuerpos de agua superficial y acuíferos, sin ningún tipo de tratamiento, conlleva a la degradación del recurso hídrico, el agotamiento de oxígeno disuelto, pérdida de la vida y diversidad acuática, incidiendo graves riesgos a la salud humana de las poblaciones que se asientan aguas abajo de la descarga (Espigares & Pérez, 1985).

Para mitigar y reducir la contaminación y el impacto ambiental producido por el vertido directo de aguas residuales domésticas en los ecosistemas acuáticos, las autoridades de saneamiento ambiental de cada jurisdicción deben impulsar su tratamiento respectivo, con el objeto de remover las sustancias objetables, para evitar riesgos a la salud humana y al ambiente (De la Peña, Ducci, & Zamora , 2013).

El lago San Pablo, ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Otavalo, es uno de los mayores atractivos turísticos, tanto nacionales como internacionales, razón por la que la autoridad municipal está apostando por la conservación de este recurso, a través de la implementación de aproximadamente 14 plantas depuradoras, no convencionales, basadas en estanques con plantas acuáticas, distribuidas en la mayor parte de las parroquias del cantón, con el objeto de mitigar el impacto

ambiental de las descargas directas de las aguas residuales domésticas al lago San Pablo (Lema, 2018).

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Otavalo (EMAPAO), es la encargada de la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento N1 González Suárez, que sirve a la parroquia del mismo nombre y a las comunidades de Gualacata, La Mariscal, Pijal y Caluquí, que entró en operación en el año 2012, sin embargo, hasta la fecha no se ha ejecutado evaluación alguna de la planta o de sus componentes, para determinar la eficiencia en cada uno de los procesos de depuración; además, la información técnica recogida por la empresa, durante la operación ha estado basada únicamente en escasos monitoreos del efluente antes de su descarga al lago San Pablo (Farinango, 2014).

Por los antecedentes mencionados, el proyecto de titulación pretendió evaluar el funcionamiento de la planta de depuración N°1 Gonzáles Suárez, mediante el levantamiento de un diagnóstico en la planta, la aplicación de un monitoreo de la calidad del agua en los efluentes de cada una de las unidades que conforman el proceso de depuración para detectar posibles anomalías y determinar el grado de cumplimiento con la normativa ambiental vigente y aplicable a descargas a cuerpos receptores (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010). Además, se realizó propuestas de mejora al funcionamiento de la planta para contribuir a la conservación del Lago San Pablo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la planta de tratamiento biológica de agua residual municipal de González Suárez, mediante la aplicación de un monitoreo de la calidad del agua, en cada uno de los procesos de depuración, para determinar su eficiencia y el grado de cumplimiento con la normativa.

1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Del objetivo general citado, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- ⌘ Establecer un diagnóstico inicial del funcionamiento de la planta de tratamiento biológico, mediante visitas técnicas, inspecciones visuales, y recopilación de información base.

- ⌘ Monitorear los efluentes en las diferentes unidades que componen el sistema de depuración, mediante la medición de caudales, toma de muestras y análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua, con el fin de conocer que unidades presentan anomalías.
- ⌘ Estimar la eficiencia de remoción de la carga contaminante en cada una de las unidades del sistema de depuración, mediante el análisis de los resultados de la calidad del agua, y finalmente proponer mejoras en la operación actual de la planta.
- ⌘ Determinar, bajo criterios técnicos las posibles alternativas de mejora al sistema de tratamiento, mediante comparación, análisis y sugerencias encontradas en estudios similares, para optimizar el sistema de depuración y cumplir con la normativa vigente.

1.3. HIPÓTESIS

El efluente de la planta de depuración N°1 González Suárez, no cumple con los parámetros de calidad para ser descargado en cuerpos receptores lacustres.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El Ecuador cuenta con 421 plantas de tratamiento de agua residual, distribuidas en 133 GADs Municipales, con una cobertura del 49,88% en la región sierra, 30,64% en la región costa, 19% en la región amazonia y 0,48% en la región insular, evidenciando alto déficit en los sistemas de depuración. A nivel nacional, las evaluaciones técnicas y el monitoreo de las plantas de tratamiento son escasos. Sin embargo, un ejemplo emblemático a nivel nacional es la Planta de Tratamiento de aguas residuales ETAPA EP de Cuenca, la cual trata el 95% de aguas servidas de la ciudad (INEC, 2010).

Con el presente proyecto se pretendió levantar información técnica sobre la operación y eficiencia de los procesos de depuración biológicos (biofiltro anaerobio y estanques con plantas acuáticas) de la planta de tratamiento González Suárez, para determinar las condiciones de remoción de sólidos, materia orgánica y nutrientes. La información técnica tanto del diagnóstico como de los monitoreos de los efluentes servirá de base para la toma de decisiones por parte de los técnicos

de EMAPAO y para estudios comparativos en las plantas aledañas que operan en condiciones similares y que se encuentran en el mismo cantón.

La información del diagnóstico incluyó, el caudal en el afluente y efluente sistema depurador; la calidad del agua de los afluentes y efluentes de cada unidad del proceso de tratamiento (sedimentadores, filtros anaerobios y estanques con plantas acuáticas) y finalmente la calidad del agua en el lago San Pablo, es decir en la zona de influencia de la descarga (mezcla del río Itambi y efluente de la Planta).

Los muestreos se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos establecidos en las normas técnicas ecuatorianas, INEN 2176 y INEN 2169. Los parámetros de calidad del agua fueron los que se encuentran estipulados en la Tabla N°12 del TULSMA (TULSMA, 2015) y su determinación se realizó siguiendo los lineamientos marcados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

La información que se generó en el presente proyecto de titulación y los resultados que se obtuvieron en la evaluación de la planta depuradora N°1 González Suárez, aportaron con información técnica real de la operación de la planta, para que a futuro pueda servir de herramienta técnica para mejorar el sistema de depuración actual, así como la comparación con plantas de tratamiento que están actualmente operando en la misma zona litoral del lago y en otras con similares características.

1.5. ALCANCE

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la planta de tratamiento biológica de agua residual, mediante la aplicación de un diagnóstico que incluyó, el caudal en el sistema depurador; la calidad del agua de los afluentes y efluentes de cada unidad del proceso de tratamiento (sedimentadores, filtros anaerobios y estanques con plantas acuáticas) y finalmente la calidad del agua en el lago San Pablo, es decir en la zona de influencia de la descarga, para determinar la eficiencia de remoción y el grado de cumplimiento con la normativa; todo esto se realizó con el fin de obtener datos que reflejen el comportamiento real y el estado actual de operación de la planta de tipo biológica; y se propuso acciones que encaminen a un mejor proceso de operación y funcionamiento.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA RESIDUAL

2.1.1. ORIGEN

Se denominan aguas residuales, servidas o cloacales aquellas que han sido producidas por las actividades diarias del ser humano; provienen de las viviendas, la industria, la agricultura y otros servicios. También pueden incluirse las que proceden de las lluvias, que son conducidas hasta las alcantarillas (Portero & Amat, 2017). Las aguas residuales de acuerdo con su origen se clasifican en:

- ⌘ **Domésticas:** son las aguas residuales más comunes, generadas básicamente por las actividades cotidianas de los seres humanos y se originan dentro de las viviendas, zonas residenciales, centros comerciales y establecimientos institucionales. Generalmente son descargadas a un sistema de alcantarillado, éstas contienen agentes patógenos que se dispersan en el ambiente rápidamente (Sánchez , 2011).
- ⌘ **Agrícolas:** son originadas en los sectores rurales debido a las actividades agrícolas y ganaderas. Este tipo de aguas contienen una gran variedad de sustancias como microorganismos patógenos, fertilizantes (fósforo y nitrógeno), pesticidas, fungicidas y contaminantes emergentes. (Silva, Torres, & Madera, 2008).
- ⌘ **Industriales:** generadas por las actividades industriales, que producen contaminantes peligrosos entre ellos metales pesados; para ello deberían ser tratadas por las mismas fuentes que las generan, antes de ser vertidas en el alcantarillado o en el medio ambiente (Valdez & Vázquez, 2001).
- ⌘ **Pluviales:** según Ramalho (2003) provienen generalmente de las precipitaciones, discurren por la superficie de ciudades y poblados, son conducidas a las alcantarillas y desagües y van arrastrando todo tipo de residuos sólidos, lodos y basura.

2.1.2. CARACTERIZACIÓN

Las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas residuales son muy variables, es decir depende de factores externos como la localización, temperatura, origen y factores internos, propios de la población, como el nivel socioeconómico, hábitos alimenticios, aparatos sanitarios y el desarrollo industrial (Portero & Amat, 2017).

La Tabla 2.1 presenta las características del agua residual doméstica cruda en función de la concentración de los contaminantes y del grado de contaminación (Metcalf & Eddy, 1995).

Tabla 2-1 Características del agua residual doméstica

CONTAMINANTE	GRADO DE CONTAMINACIÓN			
	Unidad	Fuerte	Media	Baja
Sólidos Sedimentables	mg/l	20	10	5
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Suspendidos	mg/l	500	300	100
Sólidos Disueltos	mg/l	500	200	100
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	500	350	200
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	700	400
Grasas y Aceites	mg/l	150	100	50
Coliformes Totales	NMP/100ml	$10^7 - 10^9$	$10^7 - 10^8$	$10^6 - 10^7$

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2019

FUENTE: (Metcalf & Eddy, 1995)

2.2. CONTAMINANTES IMPORTANTES EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Los principales contaminantes que se pueden encontrar en el agua residual doméstica y que requieren tratamiento previo antes de ser descargadas en cuerpos de agua, debido a que representan un riesgo al ambiente y a la salud (Torres, 2017), se describen a continuación:

- ⌘ **Materia orgánica degradable.** - principalmente está constituido por carbohidratos, proteína y grasas animales. Puede ser medida en términos de DBO y DQO. Se caracteriza por biodegradarse rápidamente en medios acuáticos con el consumo de oxígeno disuelto, lo que puede generar condiciones anaerobias y el desarrollo de condiciones sépticas, si no existen medidas de tratamiento de estos contaminantes (Raffo & Ruiz, 2014).
- ⌘ **Contaminantes emergentes (CE).** - son sustancias de diferente naturaleza química que suelen aparecer en medios acuáticos producto de la descarga de aguas residuales domésticas crudas (Becerril, 2009). Actualmente, existen pocas investigaciones acerca de estos contaminantes, sus impactos al medio ambiente y su afectación a la salud, por lo que la mayoría de los países del mundo no poseen una normatividad regulatoria. Los más conocidos comprenden productos farmacéuticos, drogas ilícitas, hormonas, cafeína, productos de cuidado personal, entre otros (Reinoso, Serrano, & Orellana, 2017).
- ⌘ **Nutrientes.** - son sustancias esenciales en el desarrollo de plantas terrestres y acuáticas. Los principales nutrientes son el fósforo, nitrógeno y carbono, que al ser vertidos de forma excesiva en los medios acuáticos pueden producir un crecimiento acelerado de algas y por ende una alta demanda de oxígeno contribuyendo al proceso de eutrofización (Sanchón , 2002).
- ⌘ **Patógenos.** – microorganismos como virus, bacterias, helmintos y protozoos, que pueden transmitir enfermedades infecciosas en el agua. Los coliformes fecales son un subgrupo de coliformes totales, pueden desarrollarse en el tracto intestinal de animales de sangre caliente y son indicadores de la contaminación fecal en aguas residuales domésticas (Ramalho, 2003).
- ⌘ **Sólidos suspendidos.** - son de gran importancia para su remoción en plantas de tratamiento, debido a que pueden dar lugar a la formación de depósitos de

lodos, provocar olores desagradables y favorecer condiciones anaerobias, con una mayor demanda de oxígeno disuelto (Portero & Amat, 2017).

2.3. SISTEMAS Y NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.3.1. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

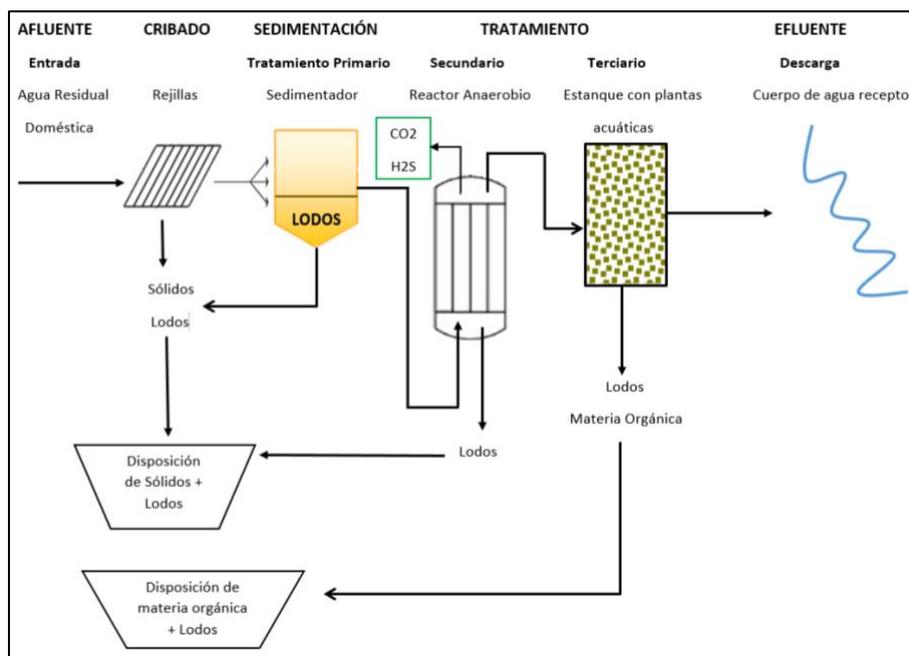
2.3.1.1. Sistemas de tratamiento convencionales

Son aquellas que utilizan tecnología dura, para tratar las aguas crudas generadas en los centros urbanos: como las metrópolis y grandes ciudades. Los costos de inversión para la construcción, equipamiento, operación y mantenimiento son elevados, además, tienen bajo valor estético, gasto energético elevado y especialización para su operación y mantenimiento (Sánchez , 2011).

2.3.1.2. Sistemas de tratamientos no convencionales

Son aquellas tecnologías blandas o sostenibles; que en su mayoría simulan procesos naturales propios de humedales, lagos y ríos para la depuración de aguas residuales en zonas rurales. Presentan varias ventajas como son: gasto energético mínimo, bajo impacto ambiental, bajos costos de operación y mantenimiento, mano de obra no especializada para la operación y mantenimiento (Castellanos, 2018). El Gráfico 2.1 presenta una PTARs, basada en tecnología no-convencional, con las unidades y etapas del proceso de depuración biológico, que son: las rejillas como pretratamiento, el sedimentador como tratamiento primario, el biofiltro anaerobio como tratamiento secundario y los estanques de plantas acuáticas como tratamiento terciario.

Gráfico 2-1 Esquema de la operación de una planta de tratamiento no convencional



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2019
FUENTE: (Lema, 2018)

2.3.2. NIVELES DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

2.3.2.1. Pretratamiento

Tiene como objetivo eliminar la materia gruesa, grandes sólidos, aceites y grasas que son vertidas en la red de alcantarillado y pueden producir la obstrucción en los equipos de tratamiento en plantas depuradoras. Consta de unidades como: aliviaderos, pozo de gruesos, sistema de cribado o desbaste, desarenado y desengrasado, tanque de homogeneización y medidor de caudal (Ramalho, 2003).

2.3.2.2. Tratamiento primario

Proceso encargado de la remoción de sólidos sedimentables y la materia en suspensión del agua. Dentro de este tratamiento se incluyen los tanques de sedimentación primaria, donde se remueve entre el 50 % y 70 % de sólidos suspendidos, y los tanques imhoff o fosas sépticas, que son específicos en áreas rurales y a nivel domiciliario (Metcalf & Eddy, 2014).

2.3.2.3. Tratamiento secundario

Su objetivo es mejorar la remoción de gran parte de la materia orgánica coloidal y disuelta biodegradable de las aguas residuales. Los tratamientos secundarios o biológicos se dividen en dos tipos: aerobios y anaerobios, cuyas unidades son

lagunas de estabilización, tanques de aireación, biodiscos, filtros percoladores, lagunas anaerobias, reactores y filtros anaerobios (Valdez & Vázquez, 2001).

2.3.2.3.1. Tratamientos anaerobios

Se desarrollan en ausencia de oxígeno y utilizan bacterias para biodegradar la materia orgánica, metano y dióxido de carbono. Se utilizan habitualmente para el tratamiento de aguas residuales domésticas, aguas residuales de ciertas industrias alimenticias y para el tratamiento de lodos (Romero, 1999).

⌘ **Biofiltración anaerobia:** tipo de tratamiento que se lleva a cabo en tanques biológicos dispuestos de manera horizontal o vertical, conteniendo biomasa en su interior. La degradación de la materia orgánica se da con déficit de oxígeno. Los materiales filtrantes pueden ser medios inertes como arena, grava, antracita, entre otros y medios orgánicos como fibras vegetales (coco, madera, bagazo de caña), que cumplen un papel importante para el crecimiento bacteriano y la formación de la biopelícula (Lema, 2018).

2.3.2.4. Tratamiento terciario

El objetivo principal es remover nutrientes de las aguas residuales. Los procesos incluyen los tratamientos biológicos, mediante humedales artificiales y estanques con plantas acuáticas flotantes (Crites, Gunther, Kruzic, Pelz, & Tchobanoglous, 1998).

2.4. ESTANQUES CON PLANTAS ACUÁTICAS FLOTANTES

Es un sistema de tratamiento terciario de aguas residuales que implementa el uso de plantas acuáticas flotantes o macrófitas para tratar contaminantes como metales pesados, microorganismos patógenos y sobre todo nutrientes (nitrógeno y fosforo) (Martelo & Lara, 2012). Este tratamiento se emplea básicamente en el sector rural, debido a su simplicidad, bajo consumo energético y de recursos, la poca mano de obra sobre todo en la operación y mantenimiento (Valderrama, 1996).

Las macrófitas comprende un amplio y variado grupo de plantas, que presentan características importantes para la remoción de nutrientes y contaminantes inorgánicos. Entre las principales características, se destacan, que al ser organismos fotosintéticos liberan oxígeno, absorben nutrientes del medio y sus

raíces proporcionan gran área superficial para el crecimiento de microorganismos (Valderrama, 1996).

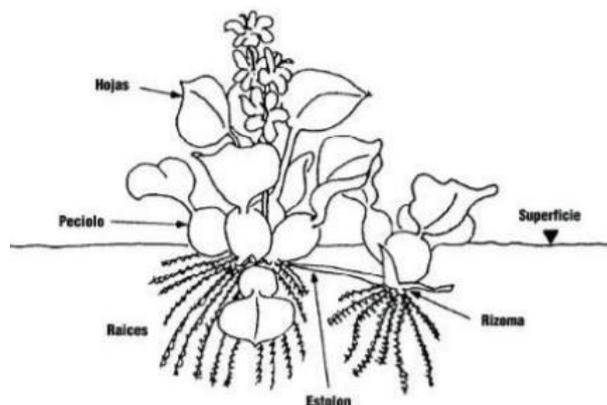
Las macrófitas flotantes más utilizadas para la fitodepuración son:

- ❖ Eichhornia crassipes o jacinto de agua
- ❖ Lemna minor o lenteja de agua
- ❖ Pistia stratiotes o lechuguilla de agua

Jacinto de Agua

Planta acuática que flota libre en la superficie del agua, es de climas cálidos y fríos y su reproducción es sexual. Su crecimiento invasivo provoca la disminución de la velocidad de flujo del agua en cuerpos hídricos naturales, característica que resulta ser ventajosa en plantas depuradoras con tratamiento terciario (Jaramillo & Flores , 2012). En el Gráfico 2.2 se evidencia la morfología de la macrófita.

Gráfico 2-2 Morfología del Jacinto de Agua (*Eishhornia crassipes*)

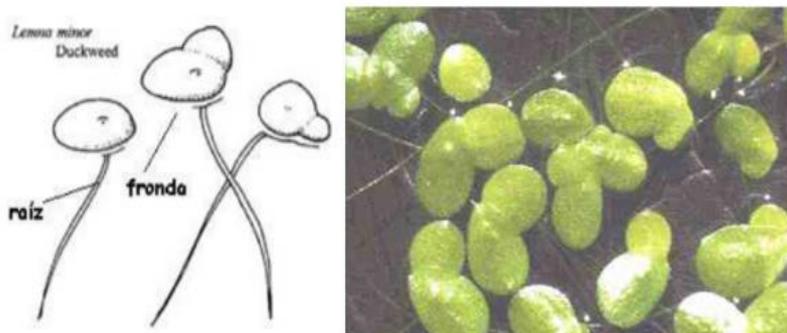


FUENTE: (Jaramillo & Flores , 2012)

Lenteja de Agua

Macrófitas flotantes, que se desarrollan en aguas estancadas o cuerpos lenticos. Tienen una alta tasa de reproducción en todo el mundo y tienen una velocidad de crecimiento 30% más rápida que el jacinto de Agua (Crites, Gunther, Kruzic, Pelz, & Tchobanoglous, 1998). En el Gráfico 2.3 se evidencia su morfología.

Gráfico 2-3 Morfología de la Lenteja de Agua (*Lemna minor*)

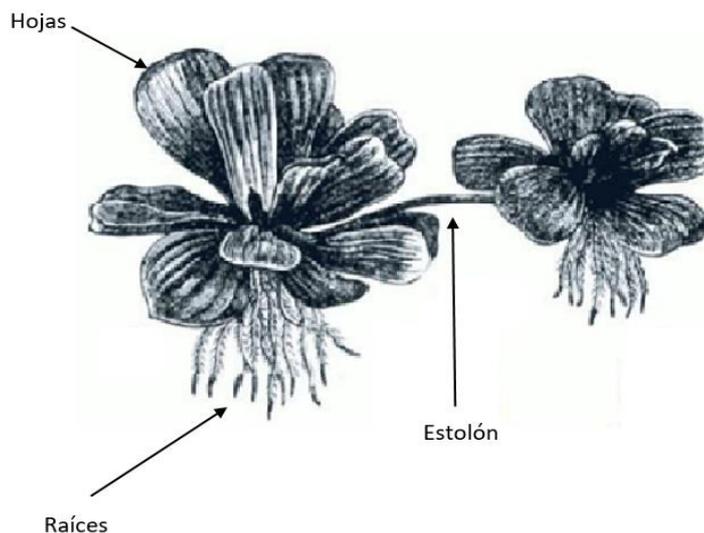


FUENTE: (Jaramillo & Flores , 2012)

Lechuguilla de Agua

De crecimiento rápido y se la puede encontrar en cuerpos de aguas naturales como lagos y lagunas de zonas templadas y tropicales de todo el mundo. Sus hojas llegan a medir 14 cm de largo y forman una roseta. Su reproducción es por estolones y una sola planta puede formar una gran colonia. En el Gráfico 2.4 se puede observar su morfología (Robles, 2013).

Gráfico 2-4 Morfología de la Lechuguilla de Agua (*Pistia statiotes*)



FUENTE: (Robles, 2013)

Esta especie es muy utilizada para el tratamiento de agua residual doméstica e industrial debido a que en diversos estudios a escala piloto se evidencio que son hiperacumuladoras de nutrientes, metales pesados, materia orgánica y microorganismos patógenos (Martelo & Lara, 2012).

2.5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUA SEGÚN SUS USOS Y LIMITACIONES DE DESCARGA A CUERPOS DE AGUA DULCE

2.5.1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA DESCARGAS EN CUERPOS DE AGUA DULCE

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental, Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12, se describen los criterios de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: agua dulce (TULSMA, 2015).

De la evaluación en la PTARs de González Suárez, la descarga de la planta depuradora fue comparada con esta normativa en los parámetros que se han analizado, para determinar el grado de cumplimiento.

La Tabla 2.2, muestra los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce, obtenidos del Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12. La Tabla completa se encuentra en el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 de la normativa mencionada (TULSMA, 2015).

Tabla 2-2 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULSMA, 2015)

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	30
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Potencial de hidrógeno	pH		6-9

Nitratos y nitritos	Expresado como nitrógeno (N)		10
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Temperatura	°C		Condición natural \pm 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5

FUENTE: (TULSMA, 2015)
 ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

CAPÍTULO 3

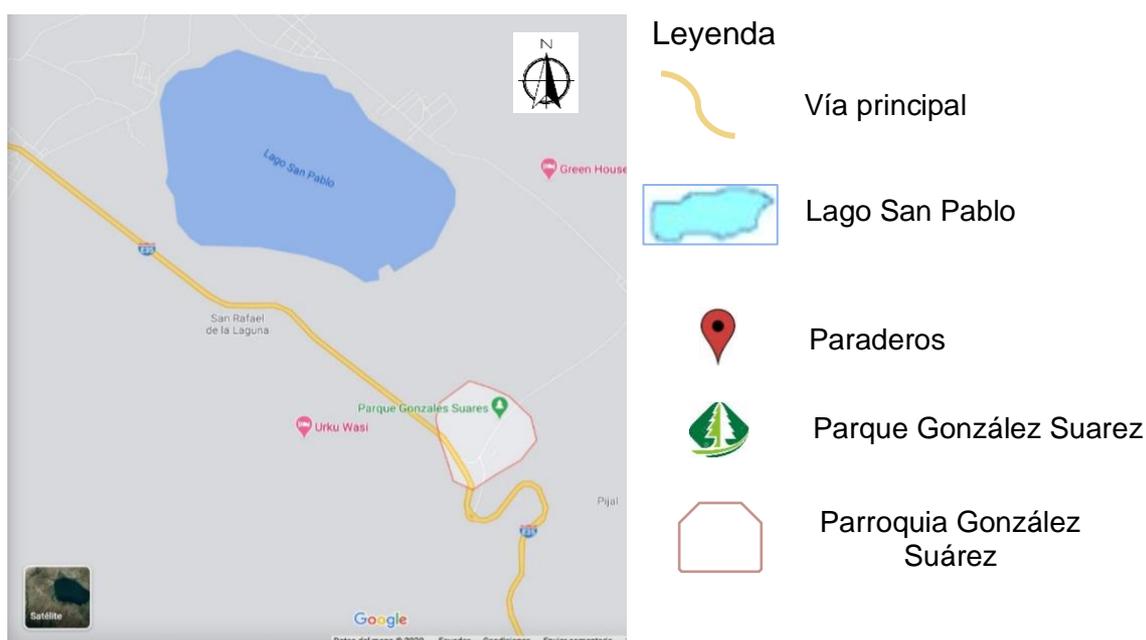
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN DE LA PARROQUIA GONZÁLEZ SUÁREZ

González Suárez es una de las parroquias del cantón Otavalo, provincia de Imbabura; se ubica dentro de la cuenca del Lago San Pablo-Imbakucha. Tiene una superficie de 52 km² (Cevallos, 2015).

El Gráfico 3.1 presenta un mapa de la ubicación de la parroquia González Suárez, el cual fue tomado de google maps. La línea amarilla representa la vía principal de acceso a la parroquia, es decir la panamericano norte y la figura azul es el lago San Pablo.

Gráfico 3-1 Mapa de ubicación de la parroquia González Suárez.



FUENTE: (Andrango, 2017)
ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

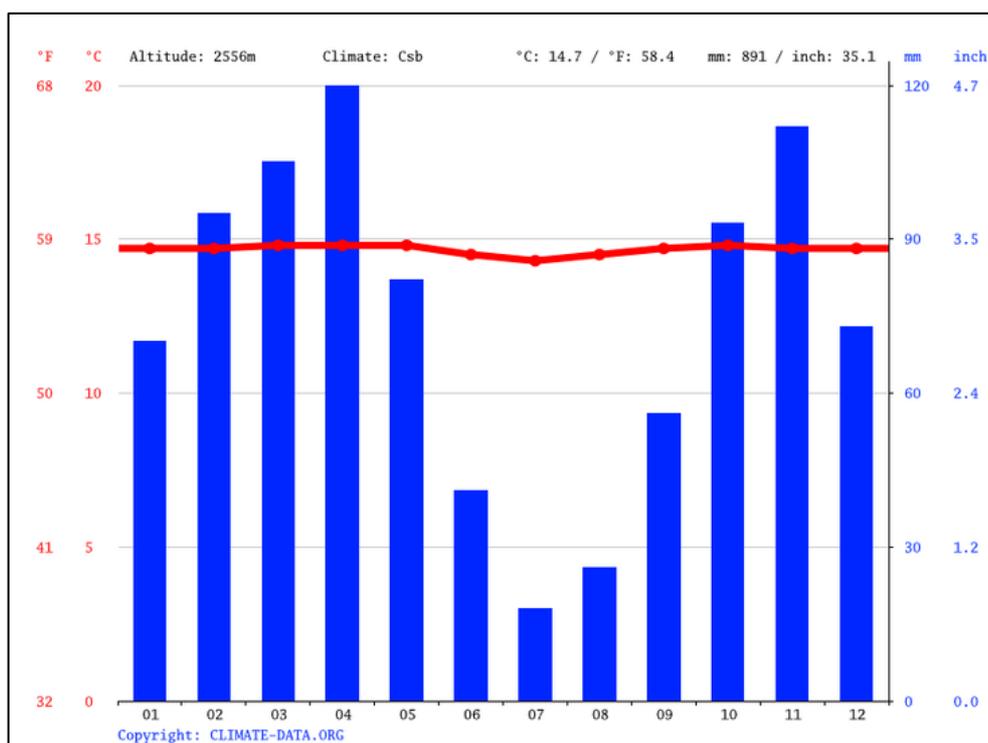
3.1.1. CLIMA

Se ubica en una zona climática cálida y templada; de acuerdo con Koppen-Geiger el clima se clasifica como clima mediterráneo de verano cálido (Climate Data, 2016).

Los datos meteorológicos de la parroquia fueron tomados de la estación pluviométrica M0105, del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), que muestra una altitud de 2550 m.s.n.m, temperatura promedio 14,7 °C y precipitaciones de 790 mm en el año 2013. Esta estación tiene una latitud de 00°14'36''S y longitud de 78°15'00''W y fue tomada por estar cerca de la zona de estudio, donde se encuentra la planta de tratamiento (INAMHI, 2013).

En el Grafico 3.2 se observa el climograma del cantón Otavalo, el cual indica que el mes más seco es julio con 18 mm de lluvia, mientras que la mayor cantidad de precipitaciones ocurre en el mes de abril con un promedio de 120 mm, para el año 2016

Gráfico 3-2 Climograma del cantón Otavalo,2016



FUENTE: (Climate Data, 2016)

3.1.2. POBLACIÓN

Según el INEC (2010), la parroquia de González Suárez tenía una población de 5630 habitantes y una tasa de crecimiento poblacional de 0,63%.

Para el cálculo de la población para el año 2030, se utilizó el método geométrico, el cual es recomendado para poblaciones que están en pleno desarrollo y para

periodos cortos (Cumbal, 2013). La Ecuación 3.1, permite determinar la población futura:

$$Pf = Pa * (1 + r)^t \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

Pf: población futura (hab.)

Pa: población actual (hab.)

r: tasa de crecimiento (%)

t: periodo de proyección (años)

Con lo que la proyección sería:

$$Pf_{2030} = 5630 * (1 + 0,0063)^{(2030-2010)}$$

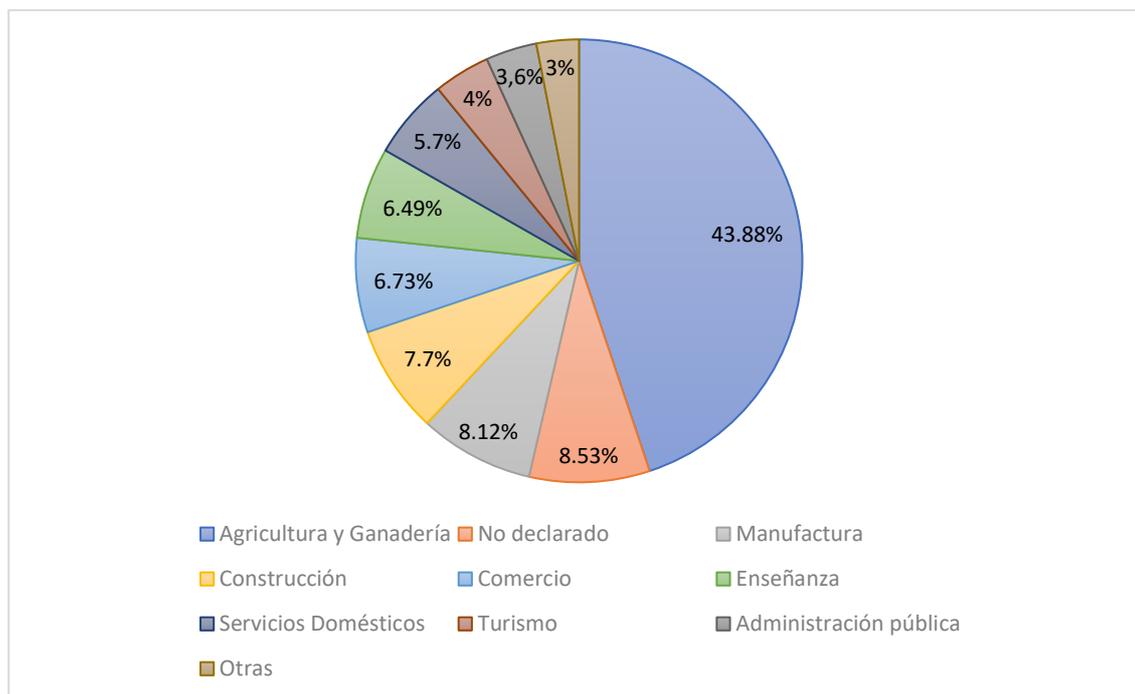
$$Pf = 6383 \text{ hab.}$$

Para el año 2030, la parroquia González Suárez tendrá una población de 6383 habitantes.

3.1.3. ACTIVIDAD ECONÓMICA

El Gráfico 3.3 indica las principales actividades a las que se dedica la población de González Suarez, siendo la más representativa la agricultura y ganadería con un 43,88 %, seguidas de la manufactura (elaboración de vestimentas y artesanías) con el 8,12 %, la construcción con un 7,7 % y el comercio con el 6,73 % (INEC, 2010).

Gráfico 3-3 Actividades económicas productivas de González Suárez



FUENTE: (INEC, 2010)

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2019

3.1.4. EDUCACIÓN

En base al censo realizado por el INEC (2010), el índice de analfabetismo en González Suárez representa el 16,15 % en personas mayores de 15 años. La tasa neta de asistencia en educación general básica representa el 96,30 % para personas entre los 5 a 14 años, a bachillerato fue de 55,68 % para personas entre los 15 y 17 años y a educación superior fue de 21,61% para personas entre los 18 y 24 años (INEC, 2010).

3.1.5. SALUD

La parroquia cuenta con un subcentro de salud, que presta su servicio de atención a toda la población de la zona. Además, cuenta con un dispensario médico que corresponde al seguro social campesino.

3.1.6. SERVICIOS BÁSICOS

El centro urbano cuenta con un sistema de agua potable con tratamiento de cloración manual. De acuerdo con el INEC (2010), el 59 % de la población tiene agua entubada que llega hasta las viviendas; el 37,3 % toman agua de las

vertientes, acequias o canales; el 2,12 % obtienen el agua de carro repartidor y el 1,59 % toman agua de pozo.

El servicio de alcantarillado tiene cobertura en los centros poblados de la parroquia. El porcentaje de pobladores que tienen acceso a la red pública de alcantarillado es de 29,34 %, el resto de las comunidades no cuentan con este servicio, por lo que disponen de fosas sépticas o pozos ciegos (INEC, 2010).

Para la recolección de residuos sólidos, el 82,3 % de la población dispone del servicio de recolección de basura.

Con respecto al servicio de electricidad, el 95 % de la población tiene suministro de energía de la red pública, el resto de la población no cuentan con este servicio.

3.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE PLANTAS DEPURADORAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA

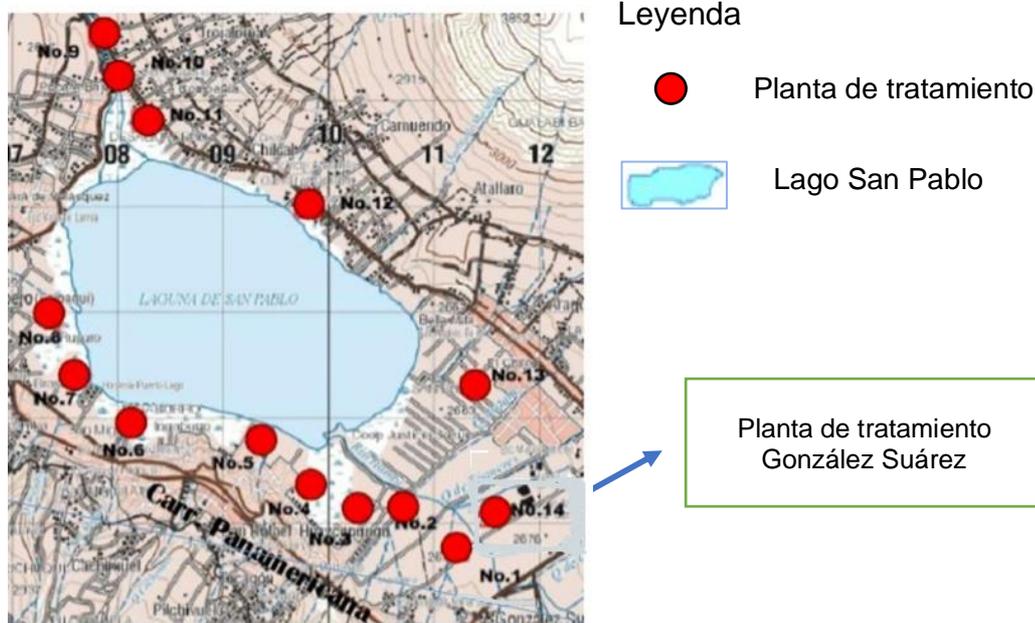
Con el fin de recuperar y proteger los recursos hídricos del cantón Otavalo, en específico en el área de influencia del lago San Pablo, en el año 2006, el GAD de Otavalo y el Ministerio del Ambiente, ejecutaron el proyecto de construcción de 14 plantas depuradoras y del sistema de alcantarillado sanitario, para las poblaciones asentadas en la zona de estudio. Las 14 plantas entraron en operación en el 2012 y están basadas en tecnologías no-convencionales, es decir se implementaron tratamientos biológicos como humedales artificiales y estanques con plantas acuáticas flotantes, con el objetivo de reducir la concentración nutriente en los afluentes del lago San Pablo, y de esta manera, evitar los procesos de eutrofización en el cuerpo lentic, el cual tiene gran aporte ecológico, turístico y paisajístico.

Una de las plantas que presenta tecnología no-convencional o eco-sostenible es la PTARs González Suarez, debido a que no presenta unidades de proceso automatizadas y costosas para tratar las aguas residuales, simplemente contiene unidades de tratamiento biológico a base de biofiltros anaerobios y estanques con plantas acuáticas, los cuales simulan procesos naturales para remover materia orgánica y nutrientes de las aguas residuales, con bajo consumo de energía, costo e impacto ambiental.

El Grafico 3.4 indica la distribución espacial de las 14 plantas de tratamiento en la cuenca del lago San Pablo, las mismas que están representadas por los puntos rojos y están distribuidas en la zona de mayor densidad poblacional y afluencia

turística. Además, el gráfico muestra la ubicación de la PTARs González Suarez, en la cual se realizó la evaluación técnica.

Gráfico 3-4 Mapa de ubicación de las 14 plantas de tratamiento en la cuenca del lago San Pablo.



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2019

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA

4.1. ACERCAMIENTO CON LAS AUTORIDADES DE LA EMPRESA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE OTAVALO, EMAPAO

Con el objetivo de proponer el tema del proyecto de titulación, en mayo del 2019, se estableció contacto vía telefónica con dicha entidad. Los directivos de la Institución solicitaron formalizar la petición por parte de las autoridades de la EPN-FICA, para validar el acceso tanto a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, PTARs, como a la información técnica disponible en la Institución Municipal.

En junio del 2019, se realizó una cita con el Ing. Benavides, Gerente General de EMAPAO, para la entrega de la solicitud de la EPN y la presentación de la propuesta del proyecto de titulación. Una vez autorizada la propuesta, se tomo contacto con el Ing. Pablo Paredes, técnico del Departamento Ambiental de EMAPAO, propuso que de las 14 PTARs, ubicadas en el sector de la cuenca del lago San Pablo, la que se encuentra en buenas condiciones de operación y dispone de mayores datos de operación, durante el periodo de funcionamiento, era la PTARs González Suárez y recomendó en esta planta se desarrolle la evaluación técnica.

4.2. VISITA TÉCNICA DE OBSERVACIÓN A LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ

A fin de obtener información técnica, in situ, acerca de la PTARs González Suárez se realizó una visita técnica, en octubre del 2019, la cual ayudó a corroborar toda la información que se pudo analizar en la memoria técnica de la planta, como aspectos relativos a la construcción, diseño y operación. Se identificaron cada una de las unidades del proceso de tratamiento depurador de la planta y se determinó los puntos accesibles para el muestreo del agua residual de las unidades de tratamiento y de la descarga final.

4.2.1.DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO GONZÁLEZ SUÁREZ

La PTARs González Suarez entro en operación en el año 2012, tratando las aguas residuales provenientes de la parroquia urbana de González Suárez formada por los barrios de la Mariscal, Pijal Bajo, Gualacata y Caluquí. La población que está conectada a la planta depuradora es de 1760 habitantes, el consumo de agua potable de la población es de 120 L/hab-día y el porcentaje de agua residual que llega a la PTARs González Suarez es del 94%.

La planta de tratamiento se encuentra ubicada en una zona agrícola, aguas abajo del casco urbano parroquial. Tiene un área aproximada de 9400 m², con cerramiento, de 2 m de altura, de alambre de púas y un ingreso principal con puerta de malla metálica.

La planta depuradora está conformada por dos módulos, que trabajan en paralelo, cada uno dispone de unidades de pretratamiento, tratamiento primario y secundario, distribuidas de la siguiente manera: rejas, sedimentadores y filtro biológico respectivamente. Como tratamiento terciario la planta está conformada por estanques de plantas acuáticas.

A continuación, en base a las observaciones registradas durante las visitas de campo realizadas, se describe brevemente cada unidad de tratamiento que compone la planta:

4.2.1.1. Pretratamiento: rejas

Previo al ingreso a la planta depuradora, el agua residual cruda pasa a través de una reja, para evitar el ingreso de sólidos gruesos a la infraestructura del tratamiento y de esta forma prevenir daños en la operación.

Separador de caudales: el agua residual cruda ingresa a una caja de revisión, para luego derivar el afluente en los 2 módulos de tratamiento. Los módulos de separación de caudales son de hormigón y las dimensiones son 3,3 m de largo, 2,25 m de ancho y 0,9 m de profundidad respectivamente; estos contienen 3 vertederos que tiene 0,6 m de largo.

La Gráfica 4.1, muestra la vista superior de un módulo de separación de caudales con sus tres cajas de revisión y un orificio de ventilación.

Gráfico 4-1 Módulo de separación de caudales



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

La Gráfica 4.2, muestra la vista superior de uno de los vertederos triangulares de pared delgada dentro del módulo de separación de caudal.

Gráfico 4-2 Vertedero triangular de pared delgada



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Se debe señalar que en esta unidad se pudo evidenciar que las aguas a tratar tenían las características típicas de agua residual doméstica, olor objetable, sólidos suspendidos y color gris oscuro.

Para determinar el caudal de ingreso de la planta se detalla en el literal 3.5.3.

4.2.1.2. Tratamiento primario: sedimentador

Se evidenció que esta estructura de hormigón armado está compuesta por dos módulos, cada uno posee tres unidades de sedimentación cada una con dos cajas de revisión y tuberías de ventilación. La memoria técnica, considera un período de retención de 1,4 horas en cada uno de los módulos. Las dimensiones son 8,15 m de largo, 4,25 m de ancho y 2,4 m de alto.

El Grafico 4.3, muestra la vista superior del módulo de sedimentación con sus cajas de revisión y tuberías de ventilación.

Gráfico 4-3 Módulo de sedimentación con sus cajas de revisión en la planta de tratamiento
González Suárez



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.2.1.3. Tratamiento secundario: biofiltro anaerobio de flujo ascendente

Se observó que esta estructura de hormigón armado está compuesta por dos módulos, que trabajan en paralelo, cada uno posee seis cajas de revisión. Las dimensiones del módulo son 8,3 m de ancho, 11,5 m de largo y 2,6 m de profundidad.

Cada módulo está compuesto por 3 cámaras de filtración, con material de relleno constituido por una capa de 1,2 m de altura de grava y un falso fondo de 50 cm de altura de piedra bola y una tubería de ingreso tipo flauta que distribuye el flujo de agua afluyente a través de los lechos de grava.

La Grafica 4.4, muestra la vista superior-lateral del módulo de biofiltración anaerobia con sus 6 cajas de revisión.

Gráfico 4-4 Filtro anaerobio conformado por 6 cajas de revisión en la planta de tratamiento
González Suárez



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.2.1.4. Tratamiento terciario: estanques con plantas acuáticas

4.2.1.4.1. Configuración del sistema de estanques

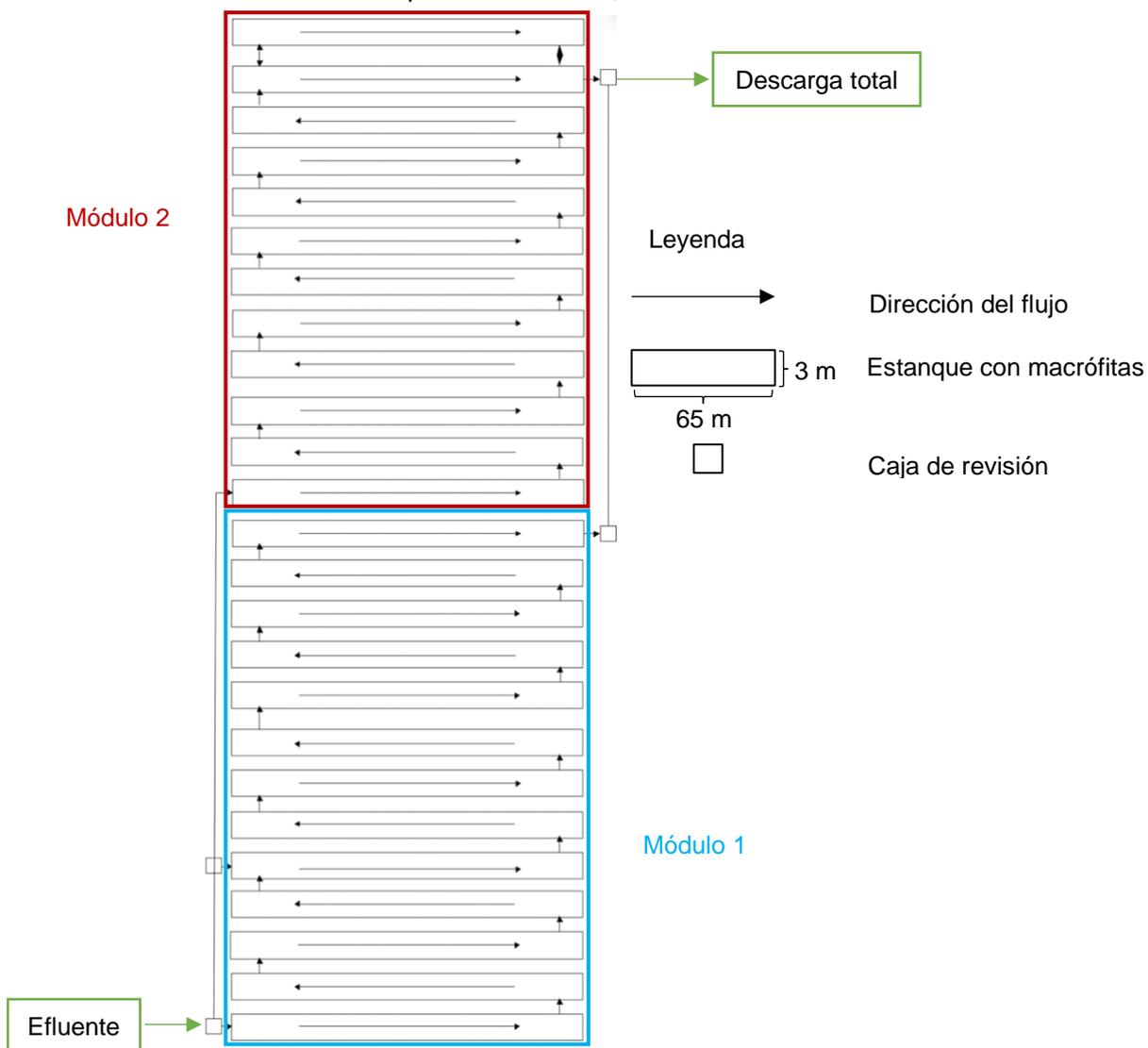
Estas estructuras de hormigón armado están compuestas de 25 estanques rectangulares, los cuales están conectados en serie mediante tuberías de PVC tipo T. Las tuberías y accesorios se encuentran colocados estratégicamente para facilitar y mantener el flujo uniforme sin crear cortocircuito en el sistema, con el fin de conservar el nivel adecuado de agua residual en cada estanque.

Las dimensiones de cada estanque son 3 m de ancho, 65 m de largo y 1,25 m de profundidad, entre estanques existen un sendero de 0,9 m de hormigón armado, por el cual se puede transitar y observar el crecimiento de la vegetación y el retiro de plantas envejecida, para evitar su descomposición dentro de los estanques.

Se pudo evidenciar que el efluente total del estanque se distribuye paralelamente en 2 módulos; el módulo 1 cuenta con 13 estanques, mientras que el módulo 2 cuenta con 12 estanques.

El Gráfico 4.5, muestra un esquema de la distribución del efluente en cada módulo de estanques, desde una perspectiva superior.

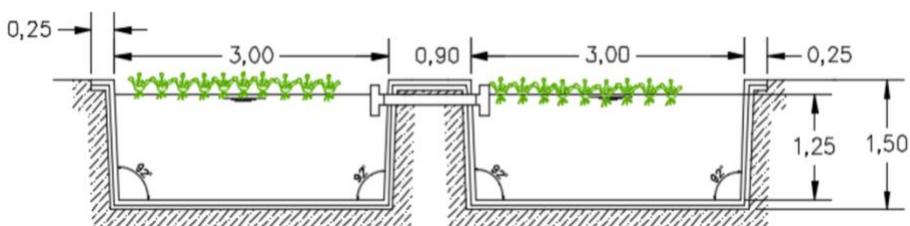
Gráfico 4-5 Vista de los estanques de macrófitas, PTARs González Suarez



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

El Gráfico 4.6, indica una vista transversal de los estanques con macrófitas, el dimensionamiento y la forma de cómo están conectados los estanques.

Gráfico 4-6 Vista transversal de los estanques con macrófitas flotantes PTARs González Suarez



Se evidenció que las características del agua en los estanques de plantas acuáticas cambian con respecto al afluente que ingresa a la planta depuradora, es decir menor turbiedad y olores objetables. En los últimos estanques antes de la descarga se pudo observar a varias especies de aves e insectos.

4.2.1.4.2. Plantas acuáticas

Se evidenció que en los estanques se cultivan plantas macrófitas flotantes cuyos nombres comunes son: jacinto, lenteja y la lechuguilla de agua. Cabe indicar que en algunos estanques se evidenció el cultivo de pasto alemán; según el técnico encargado de la planta depuradora, se están realizando estudios con este tipo de vegetación.

En la Tabla 4.1, se observa el % de cobertura vegetal presente y la profundidad de cada estanque.

Tabla 4-1 Profundidad del estanque y porcentaje de cobertura vegetal, con su respectiva vegetación

ESTANQUE	PROFUNDIDAD (m)	% DE COBERTURA	TIPO DE COBERTURA
Nº1	1,22	0	Jacinto de Agua
Nº2	1,24	18,5	
Nº3	1,23	21,5	
Nº4	1,25	7,79	
Nº5	1,24	100	
Nº6	1,24	100	
Nº7	1,25	100	
Nº8	1,23	77	
Nº9	1,23	88	
Nº10	1,23	51	
Nº11	1,25	64	
Nº12	1,26	100	
Nº13	1,26	100	
Nº14	1,22	0	
Nº15	1,22	100	

Nº16	1,24	100	Lechuguilla de agua
Nº17	1,23	100	
Nº18	1,23	100	
Nº19	1,24	100	
Nº20	1,24	100	
Nº 21	1,24	100	
Nº22	1,25	40	
Nº23	1,24	40	
Nº24	1,25	100	
Nº25	1,26	90	

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2019

El Gráfico 4.7, indica las fotografías de algunas especies comunes de macrófitas como son lenteja, jacinto de agua y pasto alemán.

Gráfico 4-7 Estanques de plantas acuáticas en la planta de tratamiento González Suárez





ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.2.1.5. Lechos de secado

Se pudo observar 7 lechos de secado de hormigón armado, cuyas dimensiones son 4,1 m de ancho y 15 m de largo. Estas unidades se utilizan para depositar lodos producto de la limpieza de las rejillas, sedimentadores, y las plantas macrófitas cosechadas, para su deshidratación natural y posterior disposición final en el vertedero local.

El Gráfico 4.8, indica los lechos de secado que contienen planta macrófitas deshidratadas que están expuestas al aire ambiente.

Gráfico 4-8 *Lechos de secado con macrófitas secas*



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

La Gráfica 4.9, muestra a los operadores de mantenimiento depositando las macrófitas en los lechos de secado, en el proceso de cosecha en los estanques.

Gráfico 4-9 Depósito de macrófitas en lechos de secado por parte de trabajadores



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.2.1.6. Descarga

Por último, el efluente de la planta es dirigida hacia una caja de revisión, para ser conducida por tubería de PVC hacia el río Itambi, que es el afluente del Lago San Pablo.

La Gráfica 4.10, muestra la caja de revisión, donde llegan las aguas residuales, para luego ser conducidas por tubería al río Itambi.

Gráfico 4-10 Caja de revisión



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

En la Gráfica 4.11, se observa el punto de descarga de las aguas residuales de la PTARs González Suarez al río Itambi.

Gráfico 4-11 Punto de descarga en el río Itambi



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.3. TRABAJO EN CAMPO

4.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE CADA UNIDAD QUE CONFORMA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Cada unidad de tratamiento fue medida manualmente con la ayuda de una cinta de medición, para conocer las dimensiones de estos; las dimensiones obtenidas de este procedimiento se encuentran descritas en el numeral 4.2.1.

4.3.2. DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DE LOS ESTANQUES DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El área superficial de los estanques fue dividida en cuadrículas para determinar el porcentaje de vegetación sobre el espejo de agua. La Tabla 4.1, numeral 4.2.1, presenta el porcentaje de cobertura vegetal obtenido y la especie que se encuentra cultivada.

4.3.3. CAUDALES DE AFLUENTES Y EFLUENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para conocer la variabilidad del caudal en el afluente de la PTARs González Suarez, se realizaron mediciones de caudal desde las 09h00 hasta las 09h00 del siguiente día (24 horas), cada tres horas, con objetivo de conocer las horas de mayor y menor caudal. Para ello fue necesario medir h (Altura desde la parte más baja de la abertura del vertedero al nivel del agua) en cada uno de los vertederos y luego calcular el caudal con la Ecuación 4.1 y así determinar el caudal promedio. Para la estimación de caudales en vertederos triangulares de pared delgada, se utilizó la Ecuación 4.1 (Lema, 2018):

$$Q = Cd \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} h^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

Q = Caudal

θ = Ángulo de 90° de abertura del vertedero triangular.

h = Altura desde la parte más baja de la abertura del vertedero al nivel del agua

Cd = Coeficiente de descarga (0,593)

Simplificando la Ecuación 4.1, se obtuvo la Ecuación 4.2, con la cual se determinó los caudales horarios en el afluente de la PTARs de González Suarez.

$$Q = 1,4 h^{\frac{5}{2}} \quad (\text{Ec. 4.2})$$

Para determinar el caudal en el efluente de la PTARs González Suarez, se utilizó el método volumétrico, el cual se aplica para canales y tuberías que tienen caída de agua (IDEAM, 2007). Para lo cual, se procedió a determinar las dimensiones de la caja de revisión y establecer una altura de llenado, luego se taponó las tuberías y se vació la caja de revisión, posteriormente se liberó el caudal y se activó el cronómetro para contabilizar el tiempo de llenado hasta una altura determinada, y se registró el tiempo de llenado de la caja de revisión.

Para determinar el caudal del efluente, se utilizó La Ecuación 4.3:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (\text{Ec. 4.3})$$

Donde:

Q = Caudal (m^3/s)

v = Volumen (m^3)

t = Tiempo (s)

4.3.4. MUESTREO DE EFLUENTES DE LAS UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Los muestreos de aguas residuales en la PTARs González Suarez fueron realizados en los meses de enero y febrero del 2020, y el tercero fue planificado para marzo de 2020, sin embargo, por efecto de la emergencia mundial por la pandemia del covid-19, no fue ejecutado. Por consiguiente, este proyecto utilizó los datos registrados durante los 2 muestreos y la determinación de los parámetros de calidad del agua, llevados a cabo in situ y en laboratorio.

Las muestras fueron recolectadas a partir de las 09:00 hasta las 11:00 y el proceso fue acompañado y supervisadas por el técnico de EMAPAO, Ing. Diego Romero.

Los puntos de muestreo se ubicaron en los afluentes y efluentes de cada unidad de tratamiento; mismos que ya han sido establecidos para monitoreos internos casuales, esto con el fin de evaluar la eficiencia de remoción del parámetro de interés en cada unidad. El muestreo se basó en los procedimientos de la norma técnica ecuatoriana INEN 2176: norma de calidad del agua: técnicas de muestreo y la INEN 2169: norma para el manejo y conservación de muestras.

El Gráfico 4.12, muestra la recolección de una muestra en la unidad de sedimentación en la planta depuradora.

Gráfico 4-12 Muestreo compuesto en la unidad de sedimentación, PTARs González Suárez, febrero 2020



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.3.5. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS IN-SITU

La Tabla 4.2; presenta una lista de los parámetros medidos en campo, así como las características de cada instrumento utilizado y la evidencia fotográfica.

Tabla 4-2 Parámetros in-situ

Parámetro	Equipos/Marca	Evidencia Fotográfica
pH	Tiras de pH/Macherey-Nagel MN	

Temperatura	Termómetro de Mercurio/Promolab, escala 0-70°C	
-------------	--	--

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

La Tabla 4.3, muestra los valores de los parámetros de la calidad del agua determinados en sitio para las tres principales unidades de tratamiento depurador de la PTARs de González Suárez que son el sedimentador, biofiltro anaerobio y los estanques con plantas acuáticas, en el primer muestreo (enero, 2020).

Tabla 4-3 Valores de los parámetros de la calidad del agua determinados in sitio, para el primer muestreo (enero, 2020).

PARÁMETRO	UNIDAD	UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
		Sedimentador		Biofiltro Anaerobio				Estanques	
		Entrada		Entrada		Salida		Entrada	Descarga
		Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2		
Temperatura	° C	21	20	20	20	18	19	20	17
pH	---	7,3	6,2	7,2	6,4	7	6	7,1	6,3

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

La Tabla 4.4 muestra los valores de los parámetros de la calidad del agua determinados en sitio para las tres principales unidades de tratamiento depurador de la PTARs de González Suarez que son el sedimentador, biofiltro anaerobio y los estanques con plantas acuáticas, en el segundo muestreo (febrero, 2020).

Tabla 4-4 Valores de los parámetros de la calidad del agua determinados en sitio, para el segundo muestreo (febrero, 2020).

PARÁMETRO	UNIDAD	UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO							
		Sedimentador		Biofiltro Anaerobio				Estanques	
		Entrada		Entrada		Salida		Entrada	Descarga
		Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2		
Temperatura	° C	20	21	19	21	20	23	23	21
pH	---	5,2	5,1	6,4	6,3	6,5	6,4	6,5	7

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

4.4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIÓLOGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES Y DESCARGA FINAL

En noviembre del 2019, se procedió a solicitar al Centro de Investigación y Control Ambiental, CICAM, el análisis de ciertos parámetros de calidad del agua residual, sin embargo, este pedido desató el desarrollo de una nueva reglamentación de tipo económico, respecto al uso de los laboratorios en FICA para proyectos de titulación, tema que tomó alrededor de 3 meses, resultando en un retraso importante en el proyecto.

Para el análisis del resto de parámetros se solicitó al Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental, LDIA, el permiso de uso respectivo. Los análisis fueron realizados siguiendo los lineamientos estipulados en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de la APHA (2017).

La Tabla 4.5, presenta algunos parámetros de calidad del agua que se analizaron en el laboratorio, la metodología aplicada y la evidencia fotográfica.

Tabla 4-5 Parámetros analizados en laboratorio

Parámetro		Metodología aplicada	Evidencia fotográfica
Contenido de sólidos	Sólidos sedimentables	APHA 2540 F	
	Sólidos totales	APHA 2540 B y APHA 2540 E	
Nutrientes	Fosfatos	Fósforo reactivo (orthophosphate) por el método ácido ascórbico (0,02 to 2,50 mg/l PO ₄ -3)	
	Nitritos	Método de diazotization (Bajo rango 0,002 – 0,3 mg/l NO ₂ – N)	
	Nitratos	Método de reducción de cadmio (alto rango 0,30 – 30 mg/l NO ₃ – N)	

Conductividad	APHA 2510 B	
Turbidez	APHA 2130 B	

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

La Tabla 4.6 y 4.7, muestra los valores de los parámetros de la calidad del agua determinados en laboratorio para las tres principales unidades del tratamiento depurador que son el sedimentador, biofiltro anaerobio y los estanques con plantas acuáticas, correspondientes al primer y segundo muestreo respectivamente (enero y febrero, 2020).

DBO ₅	mg/L	---	---	35	---	5	---	---	3
DQO	mg/L	---	---	88	---	65	---	---	27
Coliformes fecales	NMP/100mL	---	---	---	---	---	---	1,1*10 ⁷	<1,1

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Tabla 4-7 Valores de los parámetros físicos, químicos y microbiológico de los efluentes de las unidades de la PTARs González Suárez (febrero,2020)

PARÁMETROS ANALIZADOS	Unidades	Sedimentador		Biofiltro anaerobio				Estanques con plantas acuáticas	
		Entrada		Entrada		Salida		Entrada	Descarga
		Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 1	Módulo 2		
Conductividad	μS/cm	300	270	---	---	---	---	---	252
Turbidez	NTU	10	9,96	---	---	---	---	---	3,04
Nitritos	mg/L	---	---	0,018	---	0,015	---	0,014	0,011
Nitratos	mg/ L	---	---	3	---	2,2	---	1,7	0,9
Fosfatos	mg/L	---	---	5,8	---	5,42	---	4,63	2
Sólidos sedimentables	ml/L	2,5	3,5	0,1	0	---	---	---	0
Sólidos totales	mg/L	364	368	287	267,5	328	176	---	266

Sólidos totales disueltos	mg/L	278	250	262	---	---	--	---	256
Sólidos suspendidos	mg/L	82	115	24	---	---	---	---	10
Tensoactivos	mg/L	3,8	---	---	---	---	---	---	0,5
Aceites y grasa	mg/L	52,3	---	---	---	---	---	---	<5
DBO ₅	mg/L	---	---	19	---	23	---	---	6
DQO	mg/L	---	---	94	---	85	---	---	36
Coliformes fecales	NMP/100mL	---	---	---	---	---	---	9,3*10 ⁶	4,6*10 ⁴

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Cabe indicar que la tabla 4.6 y 4.7 muestran los valores de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales fueron obtenidos tanto en el CICAM como en LDIA. En la parte de anexos, anexo N°1 y anexo N°2, se puede evidenciar y justificar los resultados obtenidos del CICAM de los muestreos de enero y febrero 2020.

4.5. EFICIENCIA DE REMOCIÓN

Para la determinación de la eficiencia de remoción de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en los efluentes de las unidades de la PTARs González Suarez, se utilizó la ecuación 4.4:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{E-S}{E} * 100 \quad (\text{Ec. 4.4})$$

Donde:

E: Concentración del parámetro a la entrada (mg/L)

S: Concentración del parámetro a la salida (mg/L)

Para la eficiencia de remoción global, a la entrada y salida de la planta depuradora se utilizó la misma ecuación.

4.6. CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ITAMBI

De acuerdo con el estudio realizado por Yánez (2018), sobre la calidad del agua del río Itambi, los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, tales como sólidos suspendidos, temperatura, oxígeno disuelto, pH, nitratos, fosfatos y coliformes totales, reflejaron agua de mala calidad, con un índice de calidad del agua, ICA, de 46,56.

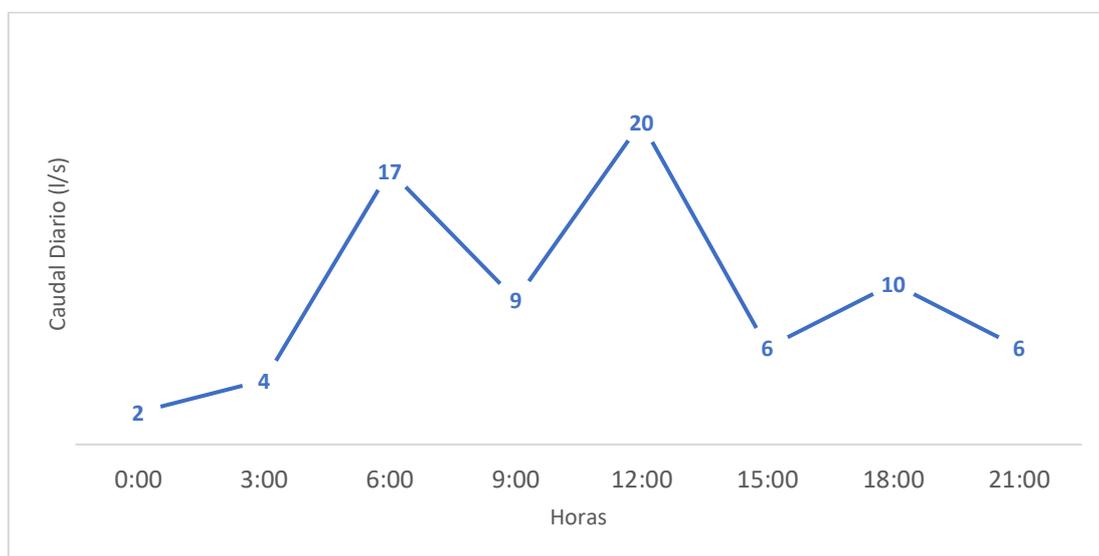
CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS CAUDALES HORARIOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS

Para conocer los caudales máximos y mínimos en el afluente de la planta de tratamiento González Suárez; se realizó la medición del caudal a diferentes horas del día, cada tres horas.

Gráfico 5-1 Caudales horarios máximos y mínimos a la entrada de la planta de tratamiento N°1 González Suárez



ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

El Gráfico 5.1 se muestra los caudales horarios en el afluente de la planta de tratamiento González Suarez, donde se visualiza que el pico máximo se produce a las 12:00, con un caudal aproximado de 20 L/s, mientras que el pico mínimo se produce a las 0:00, con un caudal aproximado de 2 L/s. El caudal promedio diario en el afluente a la planta depuradora es de 9,25 L/s, frente a los 9,83 L/s que es el caudal de diseño que se obtuvo de la memoria técnica.

El aforo volumétrico determinado en el efluente de la PTARs González Suárez, fue de 8,54 L/s; lo que muestra una pérdida del 7,67%; debido a la evapotranspiración producto de la actividad biológica de las plantas acuáticas en los estanques, la

evaporación del agua en los estanques sin cobertura vegetal, el gran área de superficie de los estanques de 4 875 m², la temperatura de la zona y la forma de serpentín en los estanques, lo que hace que el caudal tenga pérdidas por las direcciones y el tipo de flujo dentro de ellos; siempre se debe evitar que el caudal de salida sea menor para evitar resaltos hidráulicos.

5.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DETERMINADOS EN CAMPO Y GABINETE

Para la interpretación de resultados se tomó los promedios de los valores registrados en los dos muestreos. Además, se realizó un promedio de los valores de los parámetros de calidad del agua en los dos módulos en paralelo, que conforman las unidades de tratamiento.

La Tabla 5.1 y 5.2 muestra los valores promedio de los parámetros de la calidad del agua determinados en sitio y laboratorio para las tres principales unidades de tratamiento depurador de la PTARs de González Suárez que son: el sedimentador, biofiltro anaerobio y los estanques con plantas acuáticas.

Tabla 5-1 Valores promedio de los parámetros de calidad del agua determinados en sitio para las tres unidades de tratamiento depurador de la PTARs González Suarez.

PARÁMETRO	UNIDAD	UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO				
		Sedimentador	Biofiltro anaerobio		Estanques	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	Descarga
Temperatura	°C	21	21	20	22	19
pH	---	5,8	6,7	7	6,8	6,7

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Tabla 5-2 Valores promedio de los parámetros de calidad del agua determinados en laboratorio para las tres unidades de tratamiento depurador de la PTARs González Suarez.

PARÁMETRO	UNIDAD	UNIDADES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO				
		Sedimentador	Biofiltro anaerobio		Estanques	
		Entrada	Entrada	Salida	Entrada	Descarga
Parámetros físicos						
Conductividad	μS/cm	407,5	---	---	---	251
Turbiedad	NTU	9,99	---	---	---	2,23
Sólidos sedimentables	ml/L	28,25	0,05	---	---	0
Sólidos totales	mg/L	611	340	435	---	237
Sólidos disueltos	mg/L	377	308	---	---	227

Sólidos suspendidos	mg/L	206,5	22	---	---	10
Parámetros químicos						
Nitritos	mg/L	----	0,016	0,0125	0,01	0,008
Nitratos	mg/L	----	3,85	2,55	1,65	0,95
Fosfatos	mg/L	----	6,125	5,41	5,01	1,95
Tensoactivos	mg/L	7,4	----	----	----	0,27
Aceites y grasas	mg/L	38,7	----	----	----	5
DBO5	mg/L	---	27	14	----	4,5
DQO	mg/L	---	91	75	----	31,5
Parámetros microbiológicos						
Coliformes fecales	NMP/100mL	---	---	10 ⁷	10 ⁷	2,8*10 ⁴

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

5.2.1. PARÁMETROS FÍSICOS

Temperatura

La temperatura promedio registrada en los efluentes de las unidades de tratamiento de la planta depuradora González Suárez fue de 21.5 °C, un valor que se encuentra dentro de los límites máximos permisibles estipulados en la normativa ambiental del TULMSA (2015), que para descargas hacia cuerpos de agua dulce deberá ser < 35 °C.

La temperatura promedio registrada en la planta depuradora es provechosa para plantas acuáticas que se encuentran en los estanques, ya que se ve facilitada la reacción de fotosíntesis y por consiguiente el crecimiento de la vegetación, con la consecuente absorción de los nutrientes objetables, como son nitratos y fosfatos.

Conductividad

La Tabla 5.2 muestra que el afluente de la PTARs González Suárez tiene un valor de 407,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el efluente tiene un valor de 251 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que significa una reducción en la conductividad del afluente con respecto al efluente de un 38,4%.

Las aguas residuales domésticas presentan valores normales de conductividad entre los 500 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Torres, 2017). El efluente de la PTARs González Suárez presenta una conductividad de 251 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que la descarga está dentro del rango mencionado.

Según Alcaraz (2017), los ecosistemas de agua dulce generalmente tienen una conductividad en un rango de 50 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Si la conductividad esta fuera del rango mencionado, puede indicar que el agua no es adecuada para la vida de ciertas especies acuáticas como peces e invertebrados, debido a que son sensibles al alto contenido de sales disueltas. La descarga de la planta depuradora está dentro del rango descrito, por lo que no se va a producir una posible afectación a las especies acuáticas del curso hídrico.

Turbiedad

La Tabla 5.2 muestra que la turbiedad presenta un valor de 10 NTU en el afluente y un valor de 2.23 NTU en el efluente de la planta depuradora, lo que indica una reducción del 78%, es decir los sedimentadores remueven sólidos suspendidos con una máxima eficiencia, reduciéndose las partículas suspendidas en el agua

residual, favoreciéndose el paso de luz en el cuerpo receptor y aumentando el nivel de oxígeno en el agua.

Sólidos Sedimentables

Metcalf & Eddy (1995) indican que un agua residual cruda tiene un grado de contaminación fuerte en términos de sólidos sedimentables cuando la concentración es 20 ml/L, por lo tanto, el grado de contaminación en el afluente a la planta depuradora se puede considerar como fuerte, con 28,25 ml/L.

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), el límite máximo permisible de sólidos sedimentables para descargas a cuerpos de agua dulce es de 1 ml/L. La Tabla 5.2 muestra un valor nulo de sólidos sedimentables, cumpliendo con la normativa ambiental.

La Tabla 5.2 muestra un valor de sólidos sedimentables en el afluente de 28,25 ml/L, mientras que el efluente es de 0,05 ml/L, reduciendo en un 99%, es decir la unidad de sedimentación remueve los sólidos sedimentables con una máxima eficiencia, lo que significa que no se va a producir saturaciones en las unidades biológicas posteriores.

Sólidos Totales

Metcalf & Eddy (1995) indican que aguas residuales crudas con concentraciones de sólidos totales de 720 mg/L, es calificada con un grado de contaminación medio. El afluente de la PTARs González Suárez registra una concentración de sólidos totales de 611 mg/L, por lo tanto, corresponde a contaminación media.

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA, los límites máximos permisibles de sólidos totales para descargas a cuerpos de agua dulce son de 1600 mg/L, por lo que el efluente de la planta depuradora cumple con la normativa ambiental.

La Tabla 5.2 muestra un valor de sólidos totales en el afluente de la planta depuradora de 611 mg/L, mientras que el efluente fue de 237 mg/L, reduciendo en un 61% a nivel global, lo que significa que hay una óptima eficiencia de remoción.

Sólidos Disueltos

Metcalf & Eddy (1995) indican que un agua residual cruda tiene un grado de contaminación fuerte en términos de sólidos disueltos cuando la concentración es de 500 mg/L. El afluente de la PTARs González Suárez tienen un grado de contaminación fuerte debido a que la concentración registrada fue de 377 mg/L.

La Tabla 5.2, muestra un valor de 377 mg/L, mientras que el efluente de la planta depuradora registra un valor de 227 mg/L, reduciendo en un 40%, lo que significa una baja remoción de este contaminante, causante de la salinidad en el agua y aumento de conductividad.

Sólidos Suspendidos

Según Metcalf & Eddy (1995), aguas residuales crudas tienen un grado de contaminación medio cuando presentan concentraciones de sólidos suspendidos de 300 mg/L. El afluente de la PTARs González Suarez tiene un grado de contaminación medio, debido a que presenta una concentración de sólidos suspendidos de 206,5 mg/L.

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA, el límite máximo permisible de sólidos suspendidos para descargas a cuerpos de agua dulce es de 130 mg/L. La concentración de sólidos suspendidos en la descarga final de la planta depuradora fue de 10 mg/l, por tanto, cumple con la normativa ambiental.

Metcalf & Eddy (2014) mencionan que tanques de sedimentación primaria eliminan entre el 50% y el 70% de sólidos suspendidos. En la PTARs González Sáarez, los sedimentadores presentan una remoción de 89%, lo que significa una alta eficiencia de remoción de sólidos suspendidos, reduciéndose la turbiedad del agua.

5.2.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

pH

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA, el límite máximo permisible de pH para descargas a cuerpos de agua dulce está en el rango de 6 a 9. La descarga de la planta depuradora registra un pH de 6,7 lo que significa que este parámetro cumple con la normativa ambiental.

El pH promedio registrado en los efluentes de las unidades de tratamiento de la PTARs González Suárez fue de 6.6, lo que significa que la planta depuradora está trabajando con un pH neutro, lo cual es beneficioso para los microorganismos y la vegetación acuática, ya que requieren rangos de pH neutro entre 6 a 8 unidades para la degradación de la materia orgánica.

Nutrientes

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA, el límite máximo permisible de nitritos y nitratos para descargas a cuerpos de agua dulce es de 10 mg/L,

consecuentemente, el efluente de la PTARs González Suarez cumple con la normativa ambiental.

Según Pedraza (1994), el jacinto de agua y la lenteja de agua presentan eficiencias de remoción de nitratos del 70% y 99% respectivamente, en aguas residuales de origen doméstico y agrícola. En la PTARs González Suarez, los estanques con plantas acuáticas presentan remociones de 42,42% de nitratos, lo que significa una baja eficiencia de remoción de nitratos.

De acuerdo con Coronel (2016), el jacinto de agua y la lenteja de agua presentan eficiencias de remoción de nitritos del 63% y 94% respectivamente, en aguas residuales de origen doméstico. Mientras que Mendoza (2018) manifiesta que la lechuguilla de agua tiene una remoción del 78,5% de nitritos en aguas residuales municipales. En la PTARs González Suarez, los estanques con plantas acuáticas presentan remociones de 20%, lo que significa una baja eficiencia de remoción de nitritos.

Valderrama (1996), indica que el jacinto de agua y la lenteja de agua tienen eficiencias de remoción de fosfatos entre el 30% y 90% respectivamente, en aguas residuales de origen doméstico. Mientras que Awuah (2004) menciona que la lechuguilla de agua tiene remociones de fosfatos del 33%. En la PTARs González Suarez, los estanques con plantas acuáticas presentan remociones de 61%, lo que significa una alta eficiencia de remoción de fosfatos.

La PTARs González Suárez fue diseñada para remover el 60% de nutrientes como nitritos, nitratos y fosfatos, de acuerdo a la memoria técnica. La eficiencia de remoción de nutrientes, en los estanques de plantas acuáticas, fue del 41,1%, lo que significa una baja remoción de nutrientes debido a que existen procesos de eutrofización en los estanques, generándose lodos en el fondo de estas unidades y disminuyendo el oxígeno disuelto en la columna de agua, lo que conlleva a un aumento en los niveles de nutrientes en el efluente de la planta depuradora.

Tensoactivos (Detergentes)

De acuerdo con el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), el límite máximo permisible de tensoactivos para descargas a cuerpos de agua dulce es de 0,5 mg/L, por consiguiente, se cumple con la normativa ambiental.

La Tabla 5.2, muestra que el afluente de la planta depuradora registró una concentración de tensoactivos de 7,4 mg/l y el efluente de 0,27 mg/l; reduciendo en

un 96%, lo que representa una alta eficiencia de remoción en la PTARS González Suárez.

Aceites y Grasas

Según Metcalf & Eddy (1995), aguas residuales crudas tienen un grado de contaminación bajo cuando presentan concentraciones de grasas y aceites de hasta 50 mg/L. El afluente a la PTARs González Suárez registro una concentración de 38,7 mg/L, por consiguiente, se puede calificar como de baja contaminación.

De acuerdo con el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), el límite máximo permisible de aceites y grasas para descargas a cuerpos de agua dulce es de 30 mg/L, por lo que si cumple con la normativa ambiental.

El valor promedio de este parámetro en el afluente de la PTARs González Suárez fue de 38,7 mg/l, mientras que en el efluente fue de 5 mg/l, reduciendo en un 87%, lo que representa una alta eficiencia de remoción y por tanto no se requiere colocar una unidad de pretratamiento para aceites y grasas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días

Según Metcalf & Eddy (1995), aguas residuales crudas tienen un grado de contaminación bajo cuando presentan concentraciones de DBO de hasta los 200 mg/L. El grado de contaminación en el afluente de la planta depuradora se consideró como bajo ya que la concentración registrada fue de 27 mg/L.

De acuerdo con el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), el límite máximo permisible de DBO₅ para descargas a cuerpos de agua dulce es de 100 mg/L. El valor de la concentración de DBO₅ en la descarga de la planta depuradora es de 4,5 mg/L, por consiguiente, se cumple con la normativa ambiental.

Aguirre (2012) menciona que un filtro anaerobio de flujo ascendente, que utiliza lecho de grava como material de soporte, presenta eficiencias de remoción entre el 65-90% para DBO. En la PTARs González Suárez, el biofiltro anaerobio presenta una remoción de 83,33%, lo que representa una alta eficiencia de remoción de DBO, es decir los microorganismos sintetizan toda la materia orgánica biodegradable para generar energía en forma de ATP.

Demanda Química de Oxígeno

Según Metcalf & Eddy (1995), aguas residuales crudas tienen un grado de contaminación bajo cuando presentan concentraciones de DQO no supera los 400

mg/L. El afluente de la PTARs González Suárez tiene un grado de contaminación bajo, ya que registra un valor de 91 mg/L, como se observa en la Tabla 5.2.

Según el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), el límite máximo permisible de DQO para descargas de aguas residuales a un cuerpo de agua dulce es de 200 mg/L, por lo tanto la descarga de la planta depuradora cumple con la normativa ambiental.

Aguirre (2012) menciona que un filtro anaerobio de flujo ascendente, que utiliza lecho de grava como material de soporte, presenta eficiencias de remoción entre el 60-80% para DQO. En la PTARs, el biofiltro anaerobio presenta una remoción de 65,38%, lo que representa una alta remoción de DQO.

5.2.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Coliformes fecales

La Tabla 5.2 muestra que el afluente de los estanques con plantas acuáticas tiene un valor de conformes fecales de 10^7 NMP/100mL, mientras que el efluente presenta un valor de $2,8 \cdot 10^4$ NMP/100mL, registrando una reducción del 99,72% en los estanques. A pesar de que la remoción es alta, el efluente de la planta depuradora aun contiene una alta concentración de coliformes fecales, por lo que la descarga no cumple con los límites de descargas de aguas residuales a cuerpos de agua dulce estipulados en el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), lo que significa una posible afectación a la salud de las poblaciones que se asientan aguas abajo y que se sirven del curso hídrico.

5.3. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN

En la Tabla 5.3 se observó un resumen de los porcentajes de eficiencia de remoción de los parámetros, en los efluentes de las unidades de tratamiento de la planta depuradora. La Tabla 5.4 muestra la eficiencia de remoción global, a la entrada y salida de la PTARs González Suárez.

Tabla 5-3 *Calculo de la eficiencia de remoción en cada una de las unidades de tratamiento de la planta González Suárez*

Calculo de la eficiencia en cada una de las unidades de tratamiento					
Unidad	Parámetro	Entrada	Salida	Eficiencia (%)	Eficiencia en cada unidad de tratamiento
Sedimentador	Sólidos Totales	611	340	44,35	69,77
	Sólidos Sedimentables	28,25	0,05	99,82	
	Sólidos Disueltos	377	227	39,79	
	Sólidos Suspendidos	206,25	10	95,13	
Biofiltro anaerobio	Demanda Bioquímica de Oxígeno	27	4,5	83,33	74,35
	Demanda Química de Oxígeno	91	31,5	65,38	
Estanques plantas acuáticas	Nitritos	0,01	0,008	20	41,14
	Nitratos	1,65	0,95	42,42	
	Fosfatos	5,01	1,95	61	

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Tabla 5-4 *Calculo de la eficiencia global de remoción en la planta de tratamiento González Suárez*

Calculo de la eficiencia global en la PTARs González Suarez				
Unidad	Parámetro	Entrada	Salida	Eficiencia (%)
Sedimentador	Sólidos Totales	611	237	61,21
	Sólidos Sedimentables	28,25	0	100,00
	Sólidos Disueltos	377	227	39,79
	Sólidos Suspendidos	206,25	10	95,15
Biofiltro anaerobio	Demanda Bioquímica de Oxígeno	27	4,5	83,33
	Demanda Química de Oxígeno	91	31,5	65,38
Estanques con plantas acuáticas	Nitritos	0,016	0,008	50
	Nitratos	3,85	0,95	75,32
	Fosfatos	6,125	1,95	68,16
No Definido	Coliformes fecales	10 ⁷	2,8*10 ⁴	99,72
	Tensoactivos	7,4	0,27	96,35
	Aceites y Grasas	38,3	5	86,95
	Conductividad	407,5	251	38,4
	Turbidez	9,985	2,23	77,67

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

En la tabla 5.5 y 5.6, se realizó un análisis de la tendencia de calidad con respecto a los parámetros de clasificación de evacuación integral para la remoción de contaminantes en la planta, tanto en cada unidad de tratamiento, como en cada uno de los parámetros analizados en el tratamiento global respectivamente:

Tabla 5-5 Tendencia de calidad según los parámetros de clasificación de evacuación integral para la remoción de contaminantes en cada unidad de tratamiento.

Tendencia	Porcentaje (%)	Unidad
Buena	70-89	Sedimentador
		Biofiltro anaerobio
Mala	0-49	Estanques de planta acuáticas

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Como se pudo observar en la tabla 5.5 existe un buen índice de remoción de contaminantes en las unidades de sedimentación y biofiltro anaerobio. La remoción en la unidad de los estanques de plantas acuáticas tiende a tener un índice de mala remoción, lo cual no se esperaría que es una planta que fue diseñada con el objetivo de remover hasta un 60% de los nutrientes, lo cual no cumple con las expectativas de diseño.

Tabla 5-6 Tendencia de calidad según los parámetros de clasificación de evacuación integral para la remoción de contaminantes global en cada uno de los parámetros

Tendencia	Porcentaje (%)	Parámetros
Excelente	90-100	Sólidos Sedimentables
		Sólidos Suspendidos
		Coliformes fecales
		Tensoactivos
Buena	70-89	Nitratos
		Aceites y Grasas
		Turbidez
		Demanda Bioquímica de Oxígeno
Regular	50-68	Sólidos Totales
		Demanda Química de Oxígeno

		Nitritos
		Fosfatos
Mala	0-49	Conductividad
		Sólidos Disueltos

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Como se pudo observar en la tabla 5.6 existe un excelente índice de remoción de contaminantes en los parámetros de sólidos sedimentables, suspendidos, tensoactivos y coliformes fecales, estos dos últimos con un alto porcentaje de remoción. Además, hay una buena remoción de contaminantes en los parámetros de nitratos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, turbidez, aceites y grasas a pesar de que para este último parámetro tampoco hay una unidad de tratamiento específica; un índice regular para la remoción de sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno, nitratos y fosfatos y por último tenemos un índice malo de remoción en los parámetros de conductividad y sólidos disueltos. Motivo por el cual consideraríamos que la planta cuenta con una tendencia buena y regular para la remoción de los contaminantes previamente mencionados.

5.4. CUMPLIMIENTO DE LA CALIDAD DE LA DESCARGA DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN CON LA NORMATIVA ECUATORIANA VIGENTE

La Tabla 5.7 muestra el grado de cumplimiento de la descarga de la PTARs González Suárez, con respecto a los límites máximos permisibles para descargas a cuerpos receptores estipulados en el Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015).

Tabla 5-7 Grado de cumplimiento de la descarga respecto a los límites máximos permisibles de descargas en cuerpos receptores

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible (Norma)	Calidad de la descarga PTARs González Suarez	Criterio de Resultados
Potencial de hidrógeno	pH	6-9	6,7	Cumple
Sólidos Sedimentables	ml/L	1,0	0	Cumple
Sólidos Totales	mg/L	1600	237	Cumple
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	10	Cumple
Temperatura	°C	< 35	20	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	100	4,5	Cumple
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200	31,5	Cumple
Nitritos	mg/L	10	0,008	Cumple
Nitratos	mg/L	10	0,95	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	30	5	Cumple
Tensoactivos (Detergentes)	mg/L	0,5	0,27	Cumple
Coliformes Fecales	NMP/100mL	2000	$2,8 \cdot 10^4$	No cumple

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

En la PTARs González Suarez se produce un efluente acorde al criterio de los límites máximos permisibles estipulados en el anexo 1, libro VI, tabla 12 del TULSMA (2015), con la excepción del parámetro coliformes fecales, cuya concentración sobrepasa los límites máximos, debido a que no existe una unidad de tratamiento de desinfección para este parámetro.

Por tanto, la planta depuradora es totalmente eficiente de acuerdo con el cumplimiento de la ley ambiental.

5.5. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ITAMBI AGUAS ABAJO DEL PUNTO DE MEZCLA

Según Sánchez (2016), la evolución de los contaminantes no conservativos a partir de un punto de descarga en un río se determina mediante modelos de calidad del agua.

El modelo de mezcla permite estudiar la evolución de la contaminación aportada por una descarga en un curso natural, a través de la ecuación de balance de masas. Este modelo se basa en la hipótesis de que un río y las variables de calidad se comportan de forma homogénea en toda la sección en la que se produce la descarga, tanto lateral como verticalmente.

La ecuación 5.1 indica el balance de masas en una corriente con un solo vertido:

$$Q_R * C_R + Q_V * C_V = (Q_R + Q_V) * C_m \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Donde:

Q_R = caudal circundante del río aguas arriba del punto de vertido (l/s)

C_R = concentración del parámetro indicador en el río (mg/l)

Q_V = caudal del vertido (l/s)

C_V = concentración del parámetro indicador en el vertido (mg/l)

C_m = concentración final de la corriente aguas abajo del vertido (mg/l)

La concentración final aguas abajo, será dada de la siguiente manera:

$$C_m = \frac{Q_R * C_R + Q_V * C_V}{Q_R + Q_V}$$

De acuerdo con Pazmiño (2016), en su estudio físico químico, biológico e hidromorfológico del río Itambi, cuyo caudal medio es de 50 L/s, se analizaron

parámetros de la calidad del agua como DBO y DQO, los cuales fueron tomados aguas arriba, en un punto con escasa intervención antrópica.

La Tabla 5.8 indica la calidad del agua en términos de DBO y DQO, registrados por Pazmiño (2016), para el río Itambi aguas arriba del punto de descarga de la PTARs González Suárez.

Tabla 5-8 Valores de DBO, DQO medidos en el río Itambi

Parámetro	Unidad	Resultado
DBO5	mg/L	2,94
DQO	mg/L	18,85

FUENTE: (Pazmiño, 2016)

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

En base a los valores de la Tabla 5.9 y a los valores registrados para la descarga de la PTARs González Suarez; se procedió a determinar la concentración final aguas abajo del punto de mezcla, utilizando la ecuación 5.1.

La Tabla 5.9 muestra la concentración final de parámetros de calidad del agua como DBO y DQO en el río Itambi aguas abajo del punto de mezcla.

Tabla 5-9 Concentración final de DBO₅ y DQO aguas abajo del punto de mezcla

Parámetro	Concentración de la mezcla, Cm (mg/L)
DBO5	3,24
DQO	20,77

ELABORACIÓN: Almanza, L. Peñaloza, O., 2020

Para evaluar la calidad del agua del río Itambi aguas abajo del punto de mezcla, se utilizó la escala de clasificación de la calidad del agua, dada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) del estado de México, según la cual indica que una DBO < 3 mg/L corresponde a un agua no contaminada, entre 3-6 mg/L corresponde a un agua de buena calidad, entre un rango de 6-30 mg/L es un agua de calidad aceptable, entre un rango de 30-120 mg/L es un agua contaminada y una DBO >120 mg/L es un agua fuertemente contaminada (CONAGUA, 2019). La misma organización refiere que una DQO <10 mg/L corresponde a un agua no

contaminada, entre 10-20 mg/L corresponde a un agua de buena calidad, entre 20-40 mg/L es un agua de calidad aceptable, entre 40-200 mg/L es un agua contaminada y una DQO >200 mg/L es un agua fuertemente contaminada.

En base a los criterios anteriores, la calidad del agua del río Itambi, aguas abajo del punto de descarga es de buena calidad con respecto a la DBO, es decir en esa sección las aguas tienen escasa cantidad de materia orgánica biodegradable; y en términos de DQO la calidad del agua aceptable, es decir en esa sección del río, las aguas tienen indicio de contaminación o vienen con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente, lo cual es lógico ya que la PTARs González Suárez realiza esas descargas.

5.6. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE MEJORAS, PARA OPTIMIZAR EL PROCESO EN CADA UNA DE LAS UNIDADES

Bajo la premisa de que la eficiencia de las PTARs, depende en gran medida de la buena operación y mantenimiento de las unidades del proceso de tratamiento, y más aún si la planta depuradora es de tipo biológica, no-convencional, como es el caso de la PTARs González Suárez, en la cual se realiza mantenimiento únicamente cuando hay algún problema; se debería designar cuadrillas de trabajo por parte del personal de aseo de EMAPAO para la limpieza de los sedimentadores y cosechar de las plantas acuáticas de acuerdo a su ciclo de vida. Por consiguiente, la primera propuesta de mejora a la PTARs González Suárez, es que ésta sea operada por un personal técnico permanente, designado por el gobierno municipal y además sea realizado el mantenimiento periódico de las diferentes unidades de tratamiento, acorde a lo estipulado en la memoria técnica del diseño de la planta.

5.6.1. SEDIMENTADORES

Programar limpiezas periódicas, cada cuatro meses, en los sedimentadores, es decir el retiro de los sólidos de estas unidades debe llevarse a cabo de forma permanente, ya que la planta opera 24/7, esto con el fin de prevenir que los sólidos y sedimentos ingresen al biofiltro y se produzca saturación en la unidad biológica.

5.6.2. FILTRO DE FLUJO ASCENDENTE

Realizar monitoreos diarios de parámetros como pH y temperatura, mientras que la DBO y nutrientes deben ser monitoreados mensualmente, a fin de mantener una

biopelícula funcional, evitar la alteración del metabolismo de los microorganismos y optimizar la remoción de los contaminantes orgánicos en la unidad de tratamiento.

5.6.3. ESTANQUES DE FITOREMEDIACIÓN

La cosecha de las plantas acuáticas debe ser periódica y debe encajar con los ciclos de vida de cada especie, es decir cada tres meses, con el fin de obtener la máxima remoción de nutrientes y prevenir la sedimentación de macrófitas en el fondo de los estanques, la producción de lodos, la disminución del oxígeno disuelto en la columna de agua y la reducción del volumen útil de los estanques.

Pudo observarse inundaciones desde el estanque N°8 hasta el N°23 debido a que existe un desnivel superficial. Por consiguiente, debe realizarse un estudio estructural respecto al nivel de los estanques, así como un análisis de las características del suelo donde están ubicados los estanques.

Con el fin de eliminar la alta concentración de coliformes fecales en el efluente de la planta depuradora, se propone implementar una pequeña laguna como tratamiento de desinfección por radiación solar, la cual debe ser de calado pequeño para que la luz pueda penetrar hasta el fondo y los microorganismos patógenos se inactiven. Esta unidad debe ser colocada como última etapa del proceso de tratamiento, es decir luego de los estanques con plantas acuáticas.

5.6.4. LECHOS DE SECADO

En las visitas técnica a la PTARs, se observó que los lodos generados en los sedimentadores y las macrófitas envejecidas retiradas de los estanques, son depositados y mezclados en los lechos de secado, lo que significa una contaminación cruzada por patógenos, ya que los lodos procedentes de los sedimentadores son mayormente de carácter inestable, mientras que las plantas acuáticas contienen en su mayoría agua en un 90 a 95% y nutrientes. Por otro lado, los lodos inestables pueden favorecer procesos naturales organolépticos que atraen vectores, como mosquitos y moscas. En este sentido, se propone separar los lodos y las plantas acuáticas envejecidas en distintas áreas en los lechos de secado y techar estas unidades para facilitar el secado de residuos y reducir el ingreso de precipitaciones.

Los lodos producto de la limpieza de los sedimentadores deben ser tratados mediante procesos de estabilización o maduración in-situ, a través del compostaje o vermicompostaje. Una vez estabilizados se los puede utilizar como

acondicionador del suelo en el área de la planta depuradora o en áreas aledañas. De igual manera, las macrófitas envejecidas, producto de las cosechas en los estanques, pueden ser estabilizadas mediante el compostaje o vermicompostaje para la obtención de bioproductos estables y ricos en elementos minerales, como son los abonos y fertilizantes orgánicos. Todos los procesos biológicos requieren ser monitoreados permanentemente, por un técnico, para su optimización en tiempo y costo.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ⌘ Respecto al cumplimiento de la normativa ambiental, Libro VI, Anexo 1, Tabla N°12 del TULSMA (2015), la descarga de la PTARs González Suárez, cumple con todos los parámetros de la calidad del agua analizados, excepto en el número de coliformes fecales, que no cumple en un 7,14%; motivo por el cual se puede concluir que la planta en función al cumplimiento de la ley ambiental es totalmente eficiente.
- ⌘ Como se esperaba, los caudales horarios máximos en el afluente a la PTARs González Suarez, se producen a las 06:00 12:00 y 18:00, mismos que coinciden con los picos de mayor consumo de agua potable en la zona de estudio.
- ⌘ La PTARs González Suárez a pesar de ser una planta de tratamiento biológica a base de estanques con planta acuáticas, no tiene una operación y mantenimiento acorde a lo estipulado en la memoria técnica del diseño, carece de personal técnico de operación; como mantenimiento se evidenció que solo se realiza la limpieza de los sedimentadores y cosecha de las macrófitas envejecidas de manera esporádica.
- ⌘ La PTARs González Suarez es una planta de tratamiento no convencional, de tecnología pasiva, que encaja en el paisaje natural de este sitio turístico y que está asentada en las riveras del Lago San Pablo.
- ⌘ Según Mónica Martínez, existe una correlación entre la turbidez del agua con otros parámetros; es decir la turbidez puede ser un parámetro indicador del proceso de depuración efectuada por la planta, motivo por el cual concluimos que en efecto , la eficiencia global de remoción de contaminantes en la planta González Suárez es de 74,1 %, respecto al de la eficiencia de la turbidez que es de 77,67 % guardan una correlación, sumándose a la estadística para que pueda ser usada como un factor teórico como punto de partida al análisis que se ejecutara.
- ⌘ A pesar de ser un agua residual doméstica, la DQO supera en un 70,33% a la DBO, lo que significa que existe una gran cantidad de materia orgánica no

biodegradable, esto se puede deber al uso de pesticidas y fertilizantes por la actividad agrícola.

- ⌘ Se pudo evidenciar que por falta de mantenimiento periódico en los estanques se produce sedimentación de lodos, saturación y reducción del volumen útil en las unidades.
- ⌘ La planta depuradora fue diseñada con el fin de degradar biológicamente nutrientes con una eficiencia mayor a 60 %, de acuerdo con la memoria técnica de diseño. La eficiencia de remoción de nutrientes, en los estanques de plantas acuáticas, fue 41,1%, lo que significa una baja remoción de nutrientes debido a que existen procesos de eutrofización en los estanques, aumentando los niveles de nitratos y nitritos en estas unidades, y a problemas estructurales, ya que existe un hundimiento en el centro de los estanques formando un lago convexo en los mismo.
- ⌘ A pesar de no existir unidades de tratamiento específicos para tensoactivos, aceites, grasas y coliformes, estos contaminantes son removidos con una alta eficiencia en las unidades de tratamiento biológico de la planta depuradora.
- ⌘ No toda la remoción de DBO_5 se produce en el reactor, el complemento lo hace las plantas macrófitas, esto con el fin de transformarlo en energía en el metabolismo de las plantas macrófitas.

6.2. RECOMENDACIONES

- ⌘ Las autoridades de EMAPAO podrían utilizar las propuestas de mejoras y los resultados obtenidos en este trabajo de titulación, para documentar la operación de la planta depuradora y realizar las medidas correctivas en las unidades del proceso de tratamiento, que requieren mantenimiento.
- ⌘ Se debe realizar la cosecha de las plantas acuáticas, cada tres meses como se estipula en la memoria técnica de diseño, para evitar la sedimentación de la biomasa envejecida y la consecuente reducción del volumen útil de los estanques.
- ⌘ Limpieza cada cuatro meses los sedimentadores, con el fin de mejorar las condiciones de operación de la planta e incrementar las eficiencias de remoción.
- ⌘ Realizar monitoreos diarios de parámetros como pH y temperatura, mientras que la DBO y nutrientes deben ser monitoreados mensualmente, a fin de mantener una biopelícula funcional y no perjudicar el metabolismo de las bacterias.
- ⌘ Verificar las condiciones estructurales en los estanques de macrófitas acuáticas y las condiciones del suelo, ya que, en épocas de lluvia, éstos se inundan.
- ⌘ Investigar más especies de plantas macrófitas con el fin de optimizar la remoción de la cantidad de materia orgánica y nutrientes dentro de la unidad de los estanques.
- ⌘ Manejar planes de contingencia y emergencia en las instalaciones de la planta depuradora con el fin de mitigar cualquier tipo de riesgo que se puede generar tanto como un factor interno como externo.
- ⌘ Se recomienda gestionar todos los residuos sólidos generados dentro de las instalaciones de la planta depuradora, tal y como se indica en las propuestas de mejora, con el fin de manejar tecnologías limpias y buenas prácticas ambientales y para ellos sería bueno elaborar un plan de manejo ambiental de la planta depuradora y dar seguimiento con responsabilidad técnica y ambiental.
- ⌘ Con el fin de mejorar la eficiencia en las unidades de tratamiento biológicas es necesario documentar la operación de las unidades y es crítico la presencia

de un técnico especializado para la operación permanente de la PTARs González Suárez.

- ⌘ Recomendamos que existan estudios en cada una de las unidades para que se detalle que parámetros se remueven en cada una de las unidades de tratamiento, con el fin de tener un control más detallado y usar ese estudio para implementar sistemas de tratamientos no convencionales a nivel nacional; conocer detalladamente todo el proceso nos ayudara a tener un mejor control en cada una de las unidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, K. (2012). *Valoración de unidades de filtración lenta en arena como alternativa para la remoción de contaminación bacteriológica en aguas residuales de efluentes secundarios anaerobios*. Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Valoraci%C3%B3n-de-unidades-de-filtraci%C3%B3n-lenta-en-arena-Osorio-Andrea/07a93d367a42a736d90071eff85011a2e2e05c2a>
- Alcaraz, Y. (12 de Junio de 2017). *Análisis y control de aguas en torres de refrigeración y planta de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/6533/tfg-alc-ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andrango, D. (2017). *Evaluación del Impacto Ambiental provocado por el proceso de producción de frutilla en la comunidad de Inti Huaycopungo, Parroquia González Suárez (Provincia Imbabura)*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13349/TESIS%20PARA%20EMPASTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Awuah. (2004). Comparative performance studies of water lettuce, duckweed and algal-based stabilization ponds using low-strength sewage. *Journal of toxicology and Environmental Health*. 67:1727-1739.
- Becerril, J. (2009). Contaminantes Emergentes en el Agua. *Revista Digital Universitaria UNAM*.
- Blanco, F., Melendo, J., Hidalgo, M., & Crespo, A. (2017). *Los recursos hídricos en el mundo cuantificación y distribución*. Obtenido de http://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/CE-186_Agua.pdf
- Castellanos, R. (enero de 2018). *Estudio de dos alternativas de tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales vertidas en el sector noroeste del humedal Guaymaral en la ciudad de Bogotá*. Obtenido de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/701/1/Castellanos%20Carvajal%20Roc%20del%20Pilar%20-%202018.pdf>
- Cevallos, M. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia González Suárez 2015-2019*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060015370001_PDOT%20GONZALEZ%20SUEREZ_30-10-2015_11-25-27.pdf

- Climate Data. (2016). *Descripción climática del cantón Otavalo*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-imbabura/otavalo-25437/>
- CONAGUA. (2019). *Comisión Nacional del Agua. Indicadores de calidad del agua*. Obtenido de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_AGUA05_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce
- Coronel. (2016). *Eficiencia del jacinto de agua (eichhornia crassipes) y lenteja de agua (lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas*.
- Crites, R., Gunther, A., Kruzic, J., Pelz, & Tchobanoglous, G. (1998). *Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. Washington D.C., U.S.: Environmental Protection Agency, EPA/625/1-88/022.
- Cumbal, R. (2013). *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario proyectado a 30 años para la parroquia de Malchinguí, cantón Pedro Moncayo. (Tesis de pregrado)*. Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2073/1/T-UIDE-1198.pdf>
- De la Peña, M., Ducci, J., & Zamora, V. (2013). *Tratamiento de agua residuales en México*. Obtenido de Sistema de Información AGUA (SIAGUA): http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/tratamiento_de_aguas_residuales_en_mexico.pdf
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Obtenido de Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA): https://blogdelagua.com/wp-content/uploads/2013/02/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf
- Espigares, M., & Pérez, J. (1985). *Aguas residuales. Composición*. Obtenido de http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf
- Farinango, G. (2014). *Criterios de optimización en la operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales Huaycopungo Norte, en la parroquia San*

- Rafael, cantón Otavalo, provincia de Imbabura. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4336>
- IDEAM. (2007). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Toma de muestras de aguas residuales.* Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_Aguas_Residuales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- INAMHI. (2013). *Anuario Meteorológico 2013.* Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censos. Resultados del censo de población y vivienda en el Ecuador 2010: cantón Otavalo.* Obtenido de INEC: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantoniales/Imbabura/Fasciculo_Otavalo.pdf
- Jaramillo, M., & Flores, E. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (lenteja de agua) y Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de actividad minera.* Obtenido de <https://www.semanticscholar.org/paper/Fitorremediación-mediante-el-uso-de-dos-especies-de-Jumbo-Campoverde/1bfdc101ad1572ba4563d41a89841bd3adbb3aa7>
- Lema, S. (2018). *Evaluación Preliminar de la Planta de aguas residuales N°14 de la parroquia San Pablo del Lago, cantón Otavalo, provincia de Imbabura. (Tesis de pregrado).* Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14610/TEISIS%20SANTIAIGO%20LEMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martelo, J., & Lara, A. (2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales.* Bogotá, Colombia.
- Mendoza. (2018). *Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.* Obtenido de

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200205

- Metcaf, & Eddy. (2014). *Wastewater engineering treatment and resource recovery (Vol. 1)*. New York: Mc Graw-Hill.
- Metcalf, & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- Pazmiño, N. (2016). *Caracterización físico química, biológica e hidromorfológica del río Itambi como afluente del Lago San Pablo (Imbabura, Ecuador)*. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5986/1/UDLA-EC-TIAM-2016-09.pdf>
- Pedraza. (1994). Reciclaje del efluente de origen animal con tres especies de plantas acuáticas. *Livestock Research for Rural Development*. 12.
- Portero, M., & Amat, V. (19 de Septiembre de 2017). *Evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Babahoyo*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9160/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-220.pdf>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 71-80.
- Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona, España: Reverté.
- Reinoso, J., Serrano, C., & Orellana, D. (2017). Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Medicas Universidad de Cuenca*.
- Robles, M. (2013). *Evaluación de sistemas de fitorremediación de aguas residuales dentro de una biorrefinería*. Obtenido de https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576_2013-10400.pdf
- Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales (teoría y principios de diseño)*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenierías.
- Sánchez, R. (Julio de 2011). *Evaluación del humedal artificial de la hostería Cuicocha, utilizado para el tratamiento de aguas residuales domésticas. (Tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3984>

- Sanchez, D. (2016). *Ingeniería ambiental. Calidad del agua en ríos*. Obtenido de http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/12_Calidad-agua-r%C3%ADos_v2015_resumen.pdf
- Sanchón , V. (2002). *La Contaminación del agua*. Obtenido de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1090/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>
- SENAGUA. (2017). *Boletín de la estadística sectorial del agua. Demanda de los recursos hídricos en América Latina*. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2018/02/Boletin-Estadistico-ARCA-SENAGUA_08feb.compressed-2.pdf
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). *Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. Agronomía Colombiana*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314732020>.
- Torres, A. (2017). *Laboratorio de medio ambiente. Análisis de aguas residuales*. Obtenido de http://a21-granada.org/redgramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf
- TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. LIBRO VI, ANEXO 1*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- UNESCO. (2003). *Agua para un mundo sostenible. Datos y cifras*. Francia.
- Valderrama, L. (1996). *Macrófitas acuáticas para tratar agua residual*. Obtenido de Universitas Scientiarum: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/download/5058/3904>: :pdf
- Valdez, E., & Vázquez, A. (2001). *Ingeniería de los Sistemas de Tratamientos y Disposición de Aguas Residuales*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13428>
- Yáñez, S. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura (Tesis de pregrado)*. Universidad Central del Ecuador. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15142?mode=full>

ANEXOS

ANEXO N°1

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE DQO, DBO, COLIFORMES FECALES,
ACEITES Y GRASAS, TENSOACTIVOS, SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y
DISUELTOS EN EL MUESTREO DE ENERO 2020.**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Ribón Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2351 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de enero de 2020

No. IRI20-26

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñalosa
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriyacu medio
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.penalosa@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-01-20
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-01-20
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-9
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20-026
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de guevara E11-253
Fecha de análisis: 20 de enero al 23 de enero de 2020

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	20,0°C
Vidrio	1	No	21,0°C
Vidrio ámbar			
Plást. esteril			

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	440
⁽²⁾ Sólidos suspendidos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	468
⁽³⁾ Tensioactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS/ Aniónic Surfactants MBAS	mg/L	11,0
⁽⁴⁾ Aceites y grasas	PL-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	24,3

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

^b Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpián
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2926100 / 3988780 Ext: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3918864 • Apartado 17-01-2759 • Email: cicam@epn.edu.ec
Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de enero de 2020

No. IRI20-27

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñaloza
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriyacu medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.penaloza@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-01-20
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestra: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-01-20
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-9
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20- 027
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de guevara E11-253
Fecha de análisis: 20 de enero al 23 de enero de 2020

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	20,0°C
Vidrio			
Vidrio ámbar			
Plást. estéril			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos totales disueltos	PE-06/ SM E8.25, 2017, 5210 B ¹ Volumetría	mg/L	354
⁽²⁾ Sólidos suspendidos	PE-01/ SM T4.23, 2017, 5220 D ¹ Espectrofotometría VIS	mg/L	<100
⁽³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-46/ SM E4.23, 2017, 9221 B ¹ Fermentación en Tubos múltiples	mg/L	35
⁽⁴⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM T4.23, 2017, 5220 D ¹ Espectrofotometría VIS	mg/L	88

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Jimpeot
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guerra E: 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3026780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3958864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de enero de 2020

No. IR120-28

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñaloza
Nombre del Representante: -
Código / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriquito medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.peñaloza@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-01-20
Rotación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-01-20
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-9
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20-028
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de guerra E11-253
Fecha de análisis: 20 de enero al 23 de enero de 2020

Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	20,0°C
Vidrio			
Vidrio ámbar			
Plást. estéril	1	No	-7,0°C

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA / MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	FE-46/ SM 56.23, 2017, 5210 B Volumétrica	mg/L	5
⁽²⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	FE-01/ SM E1.23, 2017, 5220 D Espectrofotometría VIS	mg/L	65
⁽³⁾ Coliformes fecales	FE-46/ SM 56.23, 2017, 9221 B Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,1x10 ⁷

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ordoñez Ricarte" • Calle Ladrón de Guevara E: 11-253
Tel: (+593-2) 2976000 / 3638780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3028884 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 28 de enero de 2020

No. IRI20-29

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñalosa
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriyacu medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.peñalosa@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-01-20
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestra: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: 1900-01-00
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-01-20
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-9
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20-029
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de guevara E11-253
Fecha de análisis: 20 de enero al 27 de enero de 2020

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	2	No	18,0°C
Vidrio			
Vidrio ámbar	1	No	21,0°C
Plást. estéril	1	No	9,3°C

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos suspendidos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	<100
⁽²⁾ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	198
⁽³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-09/ SM Ed.25, 2017, 5210 B/ Volúmetría	mg/L	3
⁽⁴⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-09/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	27
⁽⁵⁾ Aceites y grasas	PE-34/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	<5
⁽⁶⁾ Coliformes fecales	PE-45/ SM Ed.23, 2017, 9221 D/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml	<1,1
⁽⁶⁰⁾ Tensioactivos (detergentes aniónicos)	PE-03/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Aniónic Surfactants as MBAS)	mg/L	0,039

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁻⁷⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO

ANEXO N°2

**RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE DQO, DBO, COLIFORMES FECALES,
ACEITES Y GRASAS, TENSOACTIVOS, SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y
DISUELTOS EN EL MUESTREO DE FEBRERO 2020.**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rábala Ordoñez Ricarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 3934780 Ext.: 2151 • Línea Directa: (+593-2) 8028864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de febrero de 2020

No. IR120-48

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peralta
Nombre del Representante: -
Código / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriquito medio
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.peralta@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-02-03
Rotación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-02-03
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-15
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20-048
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 10 de febrero al 11 de febrero de 2020

Tipo de envase: Plástico 1
Vidrio 1
Vidrio ámbar
Plást. estéril

Nº de envases: 1
1

Preservante: No
No

Temperatura: 22,7°C
20,4°C

PARAMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos totales disueltos	FE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	278
⁽²⁾ Sólidos suspendidos	FE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	< 100
⁽³⁾ Tensioactivos (detergentes aniónicos)	FE-09/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Aniones Surfactants as MBAS	mg/L	3,8
⁽⁴⁾ Aceites y grasas	FE-09/ SM Ed.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Aniones Surfactants as MBAS	mg/L	52,3

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas.

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueden afectar la validez de los resultados.

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa.

Prohibida la reproducción parcial de este informe.

Revisado por: Jairo Juregait
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Ordoñez Ricarré" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976900 / 3934780 Ext.: 3151 • Línea Directa: (+593-2) 3938164 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-012
LABORATORIO DE OXÍGENO

INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de febrero de 2020

No. IRI20-49

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñalosa
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriyacu medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.penalosa@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-02-03
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-02-03
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-15
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20- 049
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de febrero al 11 de febrero de 2020

Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	23,5°C
Vidrio			
Vidrio ámbar			
Plást. estéril			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM E6.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	262
⁽¹⁾ Sólidos suspendidos	PE-36/ SM E6.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	< 100
⁽²⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-03/ SM E6.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Aniónic Surfactante ac MBAS)	mg/L	19
⁽²⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-03/ SM E6.23, 2017, 5540 C / Espectrofotometría VIS / Aniónic Surfactante ac MBAS)	mg/L	94

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orrellana Ricarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3438740 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado: 17-01-2750 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de febrero de 2020

No. IR120-50

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñalosa
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriyacu medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.penalosa@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-02-03
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo: Otavalo
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de agua residual Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-02-03
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-15
Tipo de servicio: Servicio de casayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: M1-20-050
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de febrero al 06 de febrero de 2020

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	19,4°C
Vidrio	1	No	1,0°C
Vidrio ámbar			
Plást. estéril			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	FE-36/ SM E423, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	23
⁽²⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	FE-36/ SM E423, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	85
⁽³⁾ Coliformes fecales	FE-63/ SM E423, 2017, 8540 C / Espectrofotometría VIS / Aniónic Surfactants an MBAS	NMP/100mL	9,3 x 10 ⁶

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación Nº OAE LE 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NÚMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricarte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel: (+593-2) 2976300 / 2938710 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 2938804 • Apartado 17 01 2759 • Email: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de febrero de 2020

No. IRI20-51

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Oscar Peñalosa
Nombre del Representante: -
Cédula / RUC: 1723616015
Dirección: Chiriquiu medio
Teléfono convencional:
Teléfono celular: 1723616015
Correo electrónico: oscar.peñalosa@epn.edu.ec

DATOS DE LA MUESTRA:

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2020-02-03
Rotulación de la Muestra: -
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Residual
Lugar de muestreo:
Origen de la muestra: Planta de tratamiento de aguas residuales Gonzalo Suárez No. 1
Responsable de muestreo: Cliente

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2020-02-03
No. Oferta de Servicio: OF19-444
No. Solicitud de trabajo: ST20-15
Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
Código de la muestra: MI-20-051
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de febrero al 11 de febrero de 2020

Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:	Temperatura:
Plástico	1	No	18,7°C
Vidrio	1	No	1,0°C
Vidrio ámbar	1	No	19,3°C
Plást. estéril			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽¹⁾ Sólidos suspendidos	PE-26/ SM E4.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	< 100
⁽²⁾ Sólidos totales disueltos	PE-26/ SM E4.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	256
⁽³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-40/ SM E4.23, 2017, 55-68 C/ Espectrofotometría VIS / Aniónico Surfactante an MBAS)	mg/L	6
⁽⁴⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-14/ SM E4.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	36
⁽⁵⁾ Aceites y grasas	PE-14/ SM E4.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽⁶⁾ Coliformes fecales	PE-14/ SM E4.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	NMP/100mL	4,6 x10 ⁴
⁽⁷⁾ Tensoactivos (detergentes aniónicos)	PE-14/ SM E4.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	0,50

Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación N° OAE I.E 2C 06-012

⁽²⁾ Ensayos fuera del alcance de acreditación

⁽³⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL SUBCONTRATADO, según NUMERO DE ACREDITACIÓN DE SUBCONTRATADO

⁽⁴⁾ Laboratorio subcontratado: NOMBRE DEL CENTRO O LABORATORIO de la Escuela Politécnica Nacional, cuya competencia para la ejecución de este ensayo ha sido evaluada mediante el procedimiento interno NRO. DE PROCEDIMIENTO del Sistema de Gestión de Calidad del CICAM.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO