

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA

“ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GRISES Y
NEGRAS EN LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-
QUITO DE EPPETROECUADOR Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE”

Informe de investigación presentada como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Raúl Guillermo Castañeda Gómez

DIRECTOR:

MSc. Ing. Pablo Elías Ron Valenzuela

QUITO-ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director del Proyecto **ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GRISES Y NEGRAS EN LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO DE EPPETROECUADOR Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE**, presentado por Raúl Guillermo Castañeda Gómez, para optar por el título de Ingeniero en Ingeniería Industrial, CERTIFICO, que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito, _____

MSc. Ing. Pablo Elías Ron Valenzuela

CI:

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto de tesis, como requerimiento previo para la obtención del título Ingeniero en Ingeniería Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, _____

Raúl Guillermo Castañeda Gómez

Autor

CI:

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Raúl Guillermo Castañeda Gómez, declaro ser autor de la Tesis, titulado: “ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GRISES Y NEGRAS EN LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI – QUITO DE EPPETROECUADOR Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE”, AÑO LECTIVO 2015 – 2016. Como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI - UTI).

Los usuarios del RDI – UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de San Francisco de Quito, a los 27 días del mes de MARZO del año 2017, firmo conforme.

Autor:

Raúl Guillermo Castañeda Gómez.

Firma-----

Número de Cédula: 171313040-7

Dirección: Diego de Almagro 11-18 y La Pinta

Correo Electrónico: bacjrcnacho21@yahoo.com.mx

Teléfono: 2565-285/3042-670/0979265224

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Proyecto de aprobación de acuerdo al Reglamento de Títulos y Grados de la
Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Quito, _____

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE

F.....

VOCAL

F.....

VOCAL

DEDICATORIA

Mi tesis va dedicada para las personas que más amo y que aún tengo en este mundo.

A mi amada esposa Silvia Ortiz, quien llegó a ser el complemento y razón de mi vida gracias por estar presente cada día, por su apoyo incondicional y empuje de no flaquear ante los problemas que se presentaron en esta etapa de mi vida, agradecerle por su amor, paciencia y apoyo.

De igual manera agradecer a Dios por la salud de mis padres Martha Gómez y Miguel Castañeda quienes han estado conmigo apoyándome siempre, agradeciendo a la vida de tenerles a mi lado y poder ofrecerles mis logros y triunfos, ya que con su coraje me enseñaron a no rendirme y cumplir siempre con lo que uno se propone.

Esta tesis va dedicada para mi hijo Bryan Alejandro Castañeda, a quien amo con todo mi corazón y que sirva como base para que ante cualquier adversidad jamás decline y que sepa que estaré orgulloso siempre de él.

Quiero pedir a Dios que me permite verle alcanzar sus metas, objetivos y mucho más de lo que yo me he propuesto ya que mi mayor felicidad será infinita desde cualquier lugar en el que me encuentre.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por permitirme alcanzar este objetivo trazado en mi vida y que gracias a la voluntad divina pude llegar a terminar con éxito esta hermosa etapa académica.

Quiero hacer extenso el agradecimiento a la Universidad Tecnológica Indoamérica, por haberme permitido me forme en ella de igual manera a todos quienes forman parte de su organización dirigenal y académica que directa o indirectamente fueron parte en este proceso.

Gracias a cada uno de los profesores que me supieron guiar y encaminarme para llegar a mi meta.

Mi agradecimiento de apoyo y estima a cada uno de mis amigos que conocí en este periodo por su apoyo y dedicación en cada una de las obligaciones que la Universidad nos puso.

De manera especial quiero agradecer a mi tutor el Ing. MSc. Pablo Ron que con su apoyo y aporte hizo posible poder llegar y terminar esta meta en mi formación personal.

Atentamente,

Raúl Guillermo Castañeda Gómez

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	3
Tema de investigación.....	3
Planteamiento del problema.....	3
Contextualización macro.....	3
Contextualización meso	5
Contextualización micro	6
Árbol de problemas	8
Análisis crítico	10

Prognosis	10
Formulación del problema	11
Línea de investigación.....	11
Delimitación del objetivo de Investigación.....	11
Delimitación Espacial	11
Delimitación Temporal	12
Justificación.....	12
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos.....	13
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	14
Antecedentes Investigativos.....	14
Fundamentación Técnica, Tecnológica y Legal.....	21
Base Técnica Tecnológica.....	21
Fundamentación Legal	22
Desarrollo del Marco Teórico	27
Características de las aguas residuales	27
Composición de las aguas grises y negras	30
Contaminación de las aguas grises y negras	31
Parámetros de calidad del agua	36
Métodos analíticos de evaluación	37
Incidencia al medio provocado por los residuos	43
Análisis y evaluación social del manejo de los residuos.....	49
Rehúso de las aguas residuales	51

Hipótesis.....	54
Señalamiento de variables.....	54
Variable Independiente: Aguas grises y negras.	54
Variable Dependiente: Niveles de contaminación al ambiente.....	54
Glosario de términos	55
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	57
Enfoque	57
Modalidad	57
Tipo de investigación	58
Población y Muestra.....	58
Asociación de variables.....	60
Definición conceptual de la variable dependiente	60
Definición operacional de las variables	60
Plan de Recolección de la Información.....	63
Aplicación de Instrumentos de Recolección de información.....	64
Plan de procesamiento y análisis de la Información	66
Análisis e Interpretación de resultados	67
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	68
Procesamiento y análisis de la Información.....	68
Resultados de la Observación	68
Resultados de las Entrevistas	69
Resultados de las Encuestas aplicadas a pobladores.....	71
Resultados de la Encuesta aplicada a trabajadores	79
Resultados de los análisis de documentos.....	81

Comprobación de la hipótesis	82
CAPÍTULO V SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ..	86
Tema.....	86
Datos Informativos.....	86
Antecedentes de la propuesta	87
Objetivos	89
Objetivo General	89
Objetivo Específicos	89
Justificación de la propuesta	89
Consideraciones para diseñar un sistema de tratamiento.....	89
Análisis de la situación del sistema de tratamiento existente	91
Análisis de posibles alternativas de tratamiento	95
Justificación de la alternativa seleccionada.....	97
Desarrollo de la propuesta.....	102
Diseño del filtro biológico	104
Diseño del sedimentador secundario.....	112
Diseño del tanque de conexión	117
Diseño del tanque de contacto.....	122
Beneficios de la propuesta	124
Impacto Ambiental.....	125
Análisis de la Evaluación	127
MATERIALES DE REFERENCIA	132
BIBLIOGRAFÍA.....	132
ANEXOS.....	149

Anexo 1. Plano del Filtro Biológico	150
Anexo 2. Objetivos alineados a la problemática ambiental	151
Anexo 3. Cuestionario aplicado a los pobladores	152
Anexo 4. Cuestionario aplicado a los trabajadores de la estación	154
Anexo 5. Guía para entrevista realizada a representantes del gobierno.....	156
Anexo 6. Guía de entrevista realizada a directivos de la estación	157
Anexo 7. Límites permisibles para descargas de aguas grises y negras según los estándares de la RAHOE.....	158
Anexo 8. Valores críticos de la distribución “chi” cuadrado.	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Leyes y decretos ecuatorianos.....	23
Tabla 2 Descripción de las aguas residuales urbanas.....	28
Tabla 3 Descripción de las aguas residuales industriales.....	29
Tabla 4 Composición típica de las aguas residuales urbanas.....	30
Tabla 5 Métodos analíticos empleados en la caracterización de las aguas industriales y residuales	38
Tabla 6 Características de las estrategias de muestreo estadístico.....	40
Tabla 7 Impactos que provoca la contaminación del agua.	48
Tabla 8 Operacionalización de la variable Independiente	61
Tabla 9 Operacionalización de la variable dependiente.....	62
Tabla 10 Recolección de información.....	63
Tabla 11. Conocimiento de los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos	71
Tabla 12. Consideraciones sobre si los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos son dañinos o no.	72
Tabla 13 Actividad que realizan cerca de la estación Quijos.....	73
Tabla 14 Consideración sobre la afectación a los suelos y los cultivos.....	74
Tabla 15 Consideración sobre consecuencias negativas	75
Tabla 16 Consecuencias negativas mencionadas	76
Tabla 17 Consideración sobre afectación a la población.....	77
Tabla 18 Frecuencias observadas.....	83
Tabla 19 Frecuencias esperadas	83

Tabla 20 Cálculo de "chi" cuadrado.....	84
Tabla 21 Eficiencia de remoción del tanque séptico.....	93
Tabla 22 Caudales de diseño.....	93
Tabla 23 Valores máximo, medio y mínimo de los parámetros del agua residual en el afluente y el efluente	94
Tabla 24 Parámetros de valoración	97
Tabla 25 Comparación de las alternativas	101
Tabla 26 Costos de mano de obra	129
Tabla 27 Costos generales del sistema de tratamiento de aguas residuales	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	9
Figura 2. Red de Categorías Fundamentales.....	24
Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente.	25
Figura 4. Constelación de la Variable Dependiente.....	26
Figura 5. Mecanismos de contaminación del agua	35
Figura 6. Posible estrategia para seleccionar el método adecuado para un agua con características de reutilización.	50
Figura 7. Vertimiento de aguas grises y negras en la estación Quijos.....	68
Figura 8. Lugar donde comienza el derrame de aguas grises y negras en la estación Quijos.....	69
Figura 9. Conocimiento de los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos.....	71
Figura 10. Consideraciones sobre si los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos son dañinos o no.....	72
Figura 11. Actividad que realizan cerca de la estación Quijos.	73
Figura 12. Consideración sobre la afectación a los suelos y los cultivos.	74
Figura 13. Consideración sobre consecuencias negativas.....	75
Figura 14. Consecuencias negativas mencionadas.....	76
Figura 15. Consideración sobre afectación a la población.....	77
Figura 16. Sugerencias para solucionar el derrame	78
Figura 17. Acciones que realizan en la estación para disminuir el derrame	80
Figura 18. Infraestructura de la Estación Quijos.....	87
Figura 19. Dimensiones del tanque séptico.....	92

Figura 20. Sistema de tratamiento de aguas residuales estación Quijos.....	103
Figura 21. Filtro Biológico.....	111
Figura 22. Sedimentador Secundario.	117
Figura 23. Tanque de contacto.....	124

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de titulación se analizó la contaminación de las aguas grises y negras en la estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR y su incidencia en el ambiente, para ello se evaluó la capacidad del pozo séptico, se estudiaron los niveles de contaminación del agua residual expulsada al ambiente y se determinaron las principales consecuencias que provocan la contaminación de las aguas grises y negras. Todo lo anterior permitió obtener como resultado principal de la investigación el diseño de un nuevo sistema de tratamiento de residuales que permite procesar los residuos generados en la estación logrando un vertimiento final libre de contaminación. El sistema de tratamiento propuesto es un filtro biológico con plástico como medio de contacto.

Descriptor

<AGUAS GRISES Y NEGRAS – AGUAS RESIDUALES>

<CONTAMINACIÓN>

<SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUALES>

<FILTROS BIOLÓGICOS>

<RAHOE>

SUMMARY

In the present thesis the pollution of the gray and black waters was analyzed in the Quijos station of the Shushufindi-Quito Pollution of EPPETROECUADOR and its incidences in the environment, for that purpose the capacity of the septic tank was evaluated, the levels of pollution of the wastewater discharged to the environment were studied and the main consequences that caused the contamination of the gray and black waters were determined. All the above allowed to obtain as a main result of the investigation the design of a new waste treatment system that allows to process the waste generated in the station achieving a final dumping free of contamination. The proposed treatment system is a biological filter with plastic as a means of contact.

Descriptors

<GRAY AND BLACK WATERS - SEWAGE WATER>

<CONTAMINATION>

<RESIDUAL TREATMENT SYSTEM>

<BIOLOGICAL FILTERS>

<RAHO>

INTRODUCCIÓN

La Unidad Operativa Estación Quijos se encarga del bombeo de productos limpios derivados del Petróleo y GLP durante las 24 horas al día. En el último año su sistema de tratamiento de residuales ha presentado varios problemas y en esta investigación se trabajó para solucionarlos. Para ello se analizó el nivel de contaminación de las aguas residuales y sus incidencias al ambiente; por lo cual se propone un sistema de tratamiento. El desarrollo de la investigación se presenta en cinco capítulos.

En el capítulo I se realizó el planteamiento del problema de estudio, la contextualización y justificación del mismo, así como la definición de objetivos.

En el capítulo II se confeccionó el marco teórico que sustenta el desarrollo de la investigación, se revisaron estudios anteriores que fueran similares, se relacionaron las normas y leyes que rigen las actividades relacionadas con la gestión ambiental, el manejo de residuales y los aspectos más relevantes abordados en la literatura actual sobre el tema. Se definieron las variables y la hipótesis de investigación.

En el capítulo III se expuso la metodología que se siguió durante la investigación, se calculó la muestra, se operacionalizaron las variables, se definió el plan de recolección, procesamiento y análisis de la información, así como las técnicas aplicadas.

En el capítulo IV se presentó la discusión de resultados, se realizó todo el análisis de las técnicas aplicadas y se expusieron las conclusiones de la investigación y las recomendaciones que se derivaron de la misma.

En el capítulo V se presentó la propuesta de un nuevo sistema de tratamiento de residuales en la estación Quijos, su justificación, factibilidad y todo el diseño operativo del sistema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema de investigación

“ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS GRISES Y NEGRAS EN LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO DE EPPETROECUADOR Y SU INCIDENCIA EN EL AMBIENTE”.

Planteamiento del problema

La Gestión Ambiental y el cuidado del ambiente son problemáticas existentes a nivel mundial, que han tomado gran relevancia debido a la destrucción paulatina de los ecosistemas.

Con el desarrollo industrial y la introducción de nuevas tecnologías se toman ciertas medidas, con el objetivo de establecer un equilibrio entre el desarrollo humano y el ambiente que lo rodea, sin embargo, aún queda mucho por hacer y las múltiples acciones y estrategias trazadas tanto internacionalmente como por cada país aún resultan insuficientes para resolver este problema.

Contextualización macro

La problemática ambiental ha tomado una dimensión que involucra todo el planeta, lo cual muestra la importancia de tomar medidas para evitar el deterioro y posible destrucción del mundo. Esta situación se relaciona directamente con el modo de vida de las personas, sus actividades económicas, sociales y su uso de los recursos naturales.

Una serie de hechos marcaron el comienzo de una era que se dirige a proteger el mundo como un ecosistema frágil y vulnerable (ONU, 2014):

- 1962, la publicación del libro de Rachel Carson «Primavera silenciosa», que advertía acerca del uso agrícola de plaguicidas sintéticos.
- 1969, las primeras imágenes icónicas de la Tierra vista desde el espacio conmovieron los corazones de la humanidad con su simplicidad y belleza. A muchos les hizo darse cuenta de que vivimos en un ecosistema frágil e interdependiente.
- 1972, se convocó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo.

Con el fin de establecer medidas, políticas y otras alternativas de estandarización para la gestión ambiental se crea el Grupo de las Normas ISO 14000 aprobado en 1996, que son normas internacionales que establecen lineamientos, requisitos y parámetros estándares para todas las naciones llevar a cabo una adecuada gestión ambiental. Esta norma internacional está compuesta por otras que constituyen el grupo en general.

Ecuador como todos los países del mundo no se encuentra exento de las vulnerabilidades y los problemas ambientales que se enfrentan en la actualidad por eso la entidad gubernamental encargada de velar y promover la gestión ambiental y el cuidado del ambiente es el Ministerio del Ambiente, el cual es el encargado de promover la política ambiental y el desarrollo sostenible en el país. Su misión es “ejercer de forma eficaz y eficiente la rectoría de la gestión ambiental, garantizando una relación armónica entre los ejes económicos, social, y ambiental que asegure el manejo sostenible de los recursos naturales estratégicos” (Ministerio del Ambiente, 2015).

Teniendo en cuenta los precedentes y problemáticas ambientales actuales el Ecuador fortalece su sistema de gestión y traza estrategias en torno al cuidado del ambiente e implementa sistemas estadísticos para poder gestionar y tomar decisiones oportunas basadas en hechos reales. Para ello el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) presentó un nuevo sistema de información ambiental con 29 indicadores para la realidad climática del país.

Otra medida fue alinear los indicadores ambientales más importantes al Plan Nacional del Buen Vivir. Los objetivos alineados a la problemática ambiental se observan en el Anexo 2. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013).

Otra de las acciones que se han tomado en el Ecuador es la creación de Departamentos Ambientales en varios municipios del país, específicamente en El Oriente por la gran cantidad de empresas petroleras ubicadas en esa región, además de la flora y fauna endémicas a preservar.

Contextualización meso

A pesar de las acciones trazadas por el gobierno ecuatoriano con el fin de mitigar los impactos ambientales negativos y de fortalecer su sistema de gestión, aún existen problemas en el país en torno a este tema.

En artículo publicado en el diario El Comercio sobre un estudio realizado por la Empresa de Agua Potable y Saneamiento en la ciudad de Quito en el 2015 se muestran los elevados índices de contaminación de varios ríos de esta ciudad (Puente, 2015).

De acuerdo a los datos más actualizados que posee el INEC se pudo conocer que aún persiste la problemática de la contaminación a través de la expulsión al medio de los residuos sin tratamiento previo.

La provincia Sucumbíos se encuentra ubicada en la región nororiental del Ecuador, específicamente el Cantón Gonzalo Pizarro es una zona que ha sido explotada debido a los grandes yacimientos de petróleos existentes en toda la región oriental del Ecuador, lo cual ha traído consigo la creación de campos para el desarrollo de esta actividad.

Además de la extracción del petróleo como actividad económica, este lugar también es muy propicio para el desarrollo de actividades agropecuarias lo cual está condicionado por la fertilidad de sus suelos.

La explotación del petróleo y la creación de infraestructuras para el desempeño de la actividad han provocado gran contaminación ambiental a la zona. Se conoce acerca de la contaminación de suelos, agua, debido al petróleo pero también existe contaminación provocada por los residuales de estas instalaciones que son construidas sin el equipamiento necesario para el tratamiento de todos sus desechos, tanto líquidos como sólidos.

Contextualización micro

La investigación se realizó en el Cantón Gonzalo Pizarro antes mencionado, específicamente en la estación de bombeo Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR.

La Unidad Operativa Estación Quijos se encuentra localizado en la provincia de Napo Cantón Quijos vía a Lago Agrio Km 72, en las coordenadas UTM 229076

Este y 9998443 Norte y la coordenada geográfica de 00°00'51" Latitud Sur y 77°26'02" Longitud Oeste. El clima predominante del sector es húmedo lluvioso durante el año, la presión barométrica es de 687mm Hg, la velocidad del viento promedio es de 3,2 m/s con dirección al Este.

El trabajo de la unidad se basa en el bombeo de productos limpios derivados del petróleo y GLP durante las 24 horas al día. Laboran 28 trabajadores, existen dos turnos de 7 personas además de:

- 1 supervisor de estación
- 2 técnicos líderes
- 2 técnicos de Operaciones
- 1 mecánico
- 1 eléctrico.
- 3 guardias
- 1 chef
- 1 ayudante de cocina que trabaja de lunes a viernes
- 3 limpieza

Además existen 5 personas del Cuerpo de Ingenieros del Ejército (CIE) que realizan varios trabajos en la estación y los transeúntes que pasan por allí.

Esta empresa petrolera no se encuentra exenta a los problemas ambientales y de contaminación por las propias actividades que realiza, sumado a ello la cifra de trabajadores se ha incrementado en los últimos dos años y su sistema de tratamiento de residuales ha presentado varios problemas. Por eso es interés de esta investigación contribuir a evitar la expulsión de estas aguas sin tratar

directamente al medio, provocando contaminación y afectando los suelos, el agua, el aire y todo el medio en general.

Árbol de problemas

En la estación existe un banco de problemas que se muestra en la Figura 1 y constituyen el punto de partida de la investigación. Para su representación se utilizó la técnica del árbol de problemas para delimitar causas y efectos preliminares.

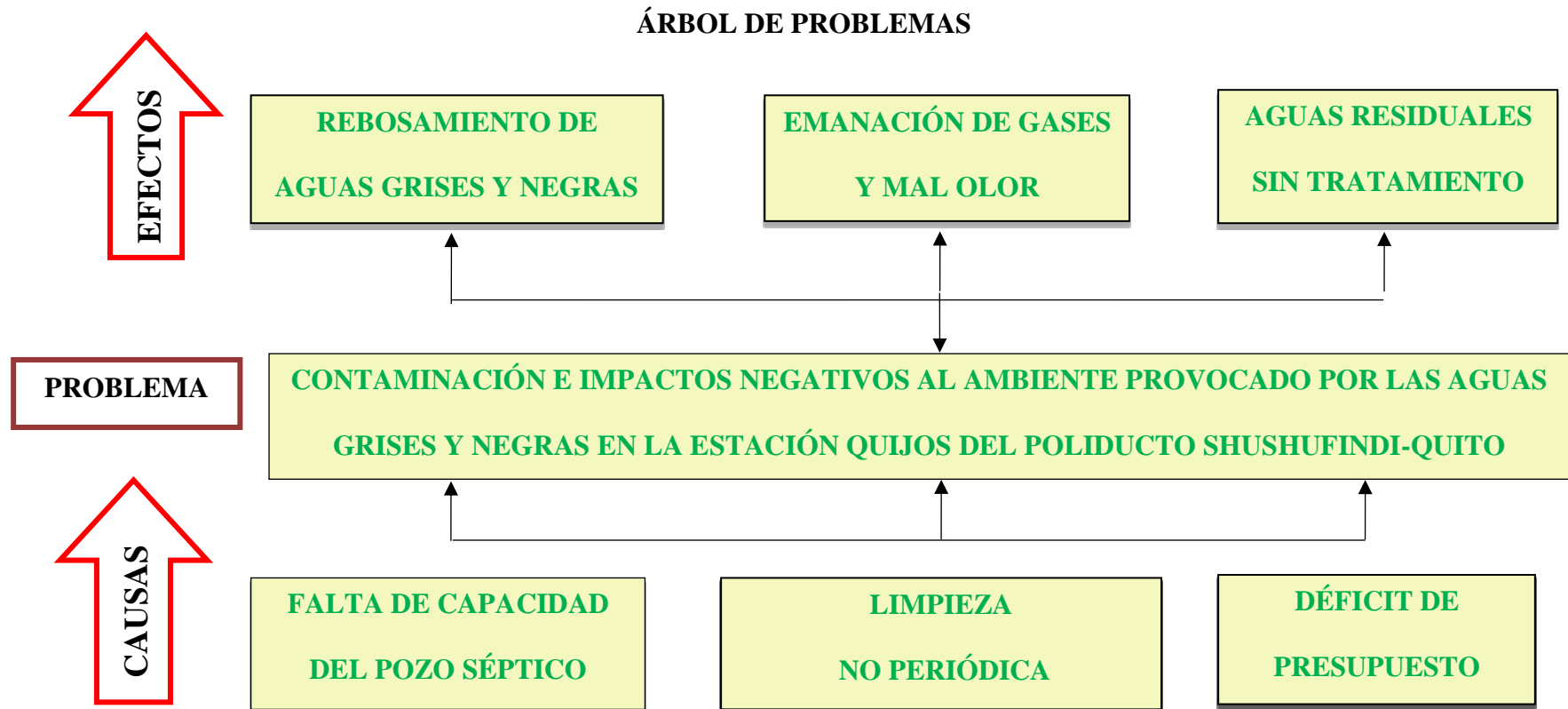


Figura 1. Árbol de problemas
Fuente: Observación de campo
Elaborado Por: El investigador

Análisis crítico

La falta de capacidad del pozo séptico incide directamente en el rebosamiento de aguas grises y negras. El pozo séptico existente estaba proyectado para las 15 personas que trabajaban cuando se creó la estación y en ese entonces satisfacía las necesidades de los residuales. En la actualidad son 28 personas lo cual provoca que haya mayor cantidad de residuos y el pozo no cuenta con la capacidad necesaria.

La limpieza periódica es un factor importante en el mantenimiento del sistema de aguas residuales y si no se realiza con la frecuencia requerida comienza la expulsión de gases y mal olor al ambiente provocando insalubridad y malestar en el campamento y ambiente laboral.

La falta de asignación presupuestaria a la estación ha provocado que no se realice el tratamiento adecuado a las aguas residuales aumentando la problemática en la estación.

Prognosis

De no resolverse este problema, la situación en la estación Quijos se agravará aún más, por cuanto se verán afectados los trabajadores y se podrían generar impactos ambientales que afecten a las comunidades adyacentes a la estación, los ríos, la agricultura y se podrían desencadenar problemas legales y enfermedades de consideración.

El desarrollo de la investigación posibilitará eliminar la contaminación actual producida por las aguas grises provenientes de la estación Quijos, sin embargo, si no se toman en cuenta los resultados obtenidos y la contribución positiva de la

propuesta, aumentará el nivel de afectación en las áreas contaminadas por los residuos de la estación.

Formulación del problema

¿Cómo reducir la contaminación al ambiente ocasionado por la ineficiencia del sistema de tratamiento de aguas grises y negras de la estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR?

Línea de investigación

Medio Ambiente y Gestión del Riesgo: esta línea de investigación se enmarca en proporciona directrices para la protección del medio ambiente y manejo adecuado de recursos naturales de conformidad a los parámetros de la legislación nacional (derechos y obligaciones) e internacional vigentes, tanto como para la seguridad ambiental y laboral de estos recursos-inputs y outputs (agua, energía, materias primas, productos, emisiones, residuos y vertidos); así como, para la protección de la población civil, más específicamente en lo que compete a la gestión del riesgo.

Delimitación del objetivo de Investigación

Campo: Ingeniería Industrial.

Área: Ambiente.

Aspecto: Contaminación ambiental.

Delimitación Espacial

El presente proyecto se realizó en la Provincia de Sucumbíos, Cantón Gonzalo Pizarro, Parroquia Simón Bolívar, estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR.

Delimitación Temporal

Año 2016

Justificación

Tomando en consideración lo antes expuesto, el tema que se aborda en la presente investigación es novedoso y de vital importancia para la estación pues el cuidado del ambiente es una prioridad para la empresa EPPETROECUADOR y para el país ya que puede afectar a las comunidades vecinas, los ríos y a la agricultura de la región.

Es factible realizar este estudio pues se cuenta con el capital humano y los recursos para ellos. La empresa ha puesto su empeño y colaboración en esta investigación puesto que es la primera que se realiza en esta área de las aguas grises y negras en la estación Quijos y sus resultados esperados harán una gran contribución para eliminar la contaminación al ambiente existente hoy en el lugar.

Con este estudio la empresa contribuye a mantener sus objetivos de trabajo, su misión y su visión manteniendo el equilibrio en el ecosistema que la rodea. Además los resultados de la investigación implican beneficios para los 28 trabajadores de la estación al mejorar su ambiente laboral, beneficios a los más de mil pobladores de la comunidad vecina por la mejora de su calidad de vida y beneficios al ambiente por la disminución de elementos contaminantes en el agua final que se envía al medio. Se minimizarán también las afecciones a los suelos y a los ríos.

Teniendo en cuenta el objetivo que se persigue con la presente investigación se utilizaron como base los lineamientos trazados por el Ministerio del Ambiente del

Ecuador, el Plan Nacional del Buen Vivir y la Constitución de la República, específicamente los artículos y objetivos encaminados al cuidado del ambiente y a la minimización de los impactos ambientales generados por el hombre.

Objetivos

Objetivo General

- Analizar la contaminación de las aguas grises y negras en la estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR y su incidencia en el ambiente.

Objetivos Específicos

- Evaluar la capacidad del pozo séptico de la estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR.
- Evaluar los niveles de contaminación del agua residual expulsada al Río Aguarico en la Estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de Eppetroecuador
- Proponer un nuevo sistema de tratamiento de residuales que permita procesar los residuos generados en la Estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de Eppetroecuador con el fin de lograr un vertimiento final libre de contaminación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

El análisis del ambiente ha estado presente en los principales encuentros realizados por los países que conforman el orbe, como reuniones de la ONU, intercambios en la región dentro de los procesos de integración latinoamericana y en la sociedad en general. De igual manera aparecen estudios científicos que evidencian un problema identificado ya, como global, llamado el deterioro del ambiente. En varias investigaciones es abordada la contaminación de las aguas grises y negras y su incidencia en el ambiente.

Dentro de las causas que han incidido en la fragilidad y vulnerabilidad del ambiente y su gestión, se encuentran los productos químicos a los que el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha hecho referencia.

(PNUMA, 2012, pág. 19)

“Por otro lado el deterioro de la calidad del agua, el aumento de la competencia por la distribución del agua y las amenazas a los ecosistemas acuáticos se han convertido en problemas comunes conforme se desarrollan las economías y aumenta la población. Sin embargo, en muchas partes del mundo la situación frecuentemente se deja empeorar hasta alcanzar niveles críticos antes de que se tomen medidas. En algunos casos, la situación puede revertirse. En otros casos, la pérdida de biodiversidad no se puede restaurar ni pueden recuperarse

las oportunidades perdidas. Se requiere un nuevo enfoque desde los puntos de vista ambiental y socioeconómico”.

El estudio de la bibliografía sobre las aguas y su contaminación, así como las normativas y reglamentos existentes, entre otras fuentes, permitieron obtener los siguientes antecedentes investigativos.

En González Escobar (2011), se realizó el diseño de un humedal artificial de flujo sub-superficial como tratamiento secundario para las aguas residuales domésticas del Conjunto Habitacional Matisse ubicado en el Valle de Tumbaco. Debido a su aspecto ecológico y su bajo costo de mantenimiento y operación, se ha escogido este método de depuración con la finalidad de promover el uso de tecnologías ecológicas dentro de la construcción. Concluye que los estudios realizados acerca de humedales se han hecho en países con climas fríos pero se ha comprobado que la eficiencia de los humedales es mayor en climas cálidos. Por supuesto esto está relacionado directamente con el crecimiento bacteriano y la velocidad de reacción para asimilar los contaminantes. De la investigación se ha conocido que la eficiencia del sistema aumenta significativamente cuando se utilizan varios humedales en serie para tratar el agua. En su mayoría los humedales artificiales son utilizados en zonas rurales, sin acceso a alcantarillado, donde existe terreno disponible y su costo es bajo (pág. 72).

En Peñafiel Romero (2011), se evaluó la calidad del agua del Río Tomebamba mediante la aplicación de dos modelos de índices de calidad (ICA & I-NSF). La evaluación de la calidad del agua del río a lo largo de los tramos de estudio muestra un deterioro a medida que avanza su recorrido, tanto los valores del ICA y del I-NSF lo demuestran. Se establece una relación entre la calidad del agua y el

caudal correspondiente a las épocas de estiaje y lluviosas. Los parámetros empleados en el cálculo del ICA fueron: nitratos, nitrógeno amoniacal, sólidos disueltos, alcalinidad, dureza y DBO5. Los valores de los parámetros se concentran en la época de estiaje (caudales bajos) y se diluyen en la época lluviosa (caudales altos), pero fosfatos, sólidos suspendidos y turbiedad presentan mayores valores en caudales altos, debido al mayor arrastre que genera la corriente del agua. Afectando de ésta manera a la calidad del agua siendo menor la calidad en estiaje (pág. 69-71).

En Marcela (2011), se presenta un modelo de desarrollo para prevenir la contaminación en la ribera del río Jatunyacu del cantón Otavalo. Esta investigación arrojó que la creciente e incontrolable contaminación de los recursos hídricos es un fenómeno de afectación social que está repercutiendo la salud y desarrollo de los seres humanos, plantas y animales que necesitan del agua para sobrevivir. Las campañas de protección medio ambientales son millonarias pero poco efectivas sino se cuenta con un modelo de prevención, desarrollo y sobre todo de educación a los principales agentes contaminante del agua “los mismos seres humanos” quienes aún no han logrado concienciar las afectaciones presentes y futuras que conlleva la no preservación de los recursos hídricos (pág. 77).

En Quiñónez Ku (2011), se implementan productos comunicativos para concientizar a los ciudadanos que viven a “La Rivera del Río Teaone” sobre el riesgo que produce la contaminación de la Refinería de Esmeraldas. La propuesta logró que la directiva de la Chamera se apodere de este tema y los exponga a su manera. El aporte consistió en dar herramientas para que sean los ciudadanos quienes exterioricen su necesidad de comunicar y diseñen el contenido de lo que

quieren dar a conocer a la sociedad, sobre todo su lucha contra la Refinería de Esmeraldas y no solamente que se los tome en cuenta cuando un determinado producto comunicativo en radio o televisión está ya elaborado de antemano (pág. 63-64).

En Grefa Vegay (2014), se presenta el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en el Centro de Faenamiento Municipal de Ganado de Orellana. El análisis del estado de la planta estableció el desarrollo de dos procesos de mejora: el primero corresponde el dimensionamiento de un sistema de rejilla fina de limpieza manual de 0.51 m de largo y 0,4 m de ancho, con 17 barras metálicas, 0.9 cm de espesor y una separación entre ellas de 1,5 cm para la retención de sólidos, la misma que se será ubicada antes de la primera caja de revisión que presenta el sistema de tratamiento. Y la segunda consiste en el cambio del material filtrante de los humedales horizontal de flujo subsuperficial, mismas que serán colocadas en orden ascendente con las siguientes características: las dos primeras capas serán de 20 cm de grava de 25 y 15 mm de diámetro respectivamente, y la tercera capa de 30 cm de grava de 5 mm de diámetro para el primer humedal; y para el segundo humedal: las dos primeras capas serán de 15 cm de grava de 25 y 15 mm de diámetro respectivamente, y la tercera capa de 40 cm de arena, con la finalidad de mejorar la calidad del agua en el efluente (pág. 90).

En Lara Villacís (2011), se realizó una investigación sobre las aguas residuales del Camal Municipal del Cantón Baños y su incidencia en la contaminación del río Pastaza en la provincia de Tungurahua. Se ha verificado que las aguas residuales del camal Municipal son vertidas directamente al río Pastaza por lo que

está fuera de la normativa del TULAS que esto se realice y los niveles de contaminación de las aguas están por encima de las establecidas (pág. 43).

En Bermeo Castillo (2010), se realiza un estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domésticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. Realiza una caracterización física, química y bacteriológica de las aguas residuales de la ciudad de Gonzanamá, además muestra que las aguas biodegradables y de origen doméstico, son tratables por método naturales y que cuando las aguas muestran presencia de arcillas de baja permeabilidad son adecuadas para realizar procesos de depuración mediante humedales de flujo superficial. La selección de la tecnología de depuración de aguas residuales apropiada fue escogida en función de parámetros ambientales. La aplicación de métodos naturales de tratamiento de aguas residuales garantiza la sostenibilidad y eficiencia en la depuración de las aguas residuales domésticas, por sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento, comparados con los sistemas convencionales de tratamiento (pág. 150).

En Ponce (2013), se presenta el diseño y dimensionamiento de plantas de tratamiento convencional de aguas residuales con utilización de software libre concluyendo que las plantas de tratamiento son de por si sistemas relativamente complejos que requieren para su diseño y operación de un trabajo multidisciplinario. Si se realizan los procesos adecuados, el uso de estas plantas de tratamiento asegura una disminución considerable en los contaminantes liberados al sistema de alcantarillado público, lo que a la larga es beneficioso para el ecosistema. La digestión anaerobia de las aguas residuales, presenta numerosas

ventajas sobre otras formas de tratamientos biológicos, entre las que se destaca la obtención de gas combustible cuyo uso puede ser una alternativa viable para las comunidades donde se implemente este sistema de tratamiento (pág. 171-172).

En Toalongo Reyes (2012), se presenta el diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle-cantón Cuenca. La cobertura del sistema de alcantarillado en la Parroquia del El Valle, es uno de los más bajos (aproximadamente el 5% de la población), encontrando graves problemas de contaminación con aguas residuales, a las escasas fuentes hídricas existentes. La carencia casi absoluta de fuentes hídricas, la contaminación con aguas residuales y el escaso caudal existente en los mismos, convierte a la Parroquia El Valle, en una de las zonas de más difícil acceso hacia el agua para riego. Los sistemas naturales de depuración, se pueden adaptar a todas las condiciones ambientales, resultado aplicable a cualquier lugar. En la parroquia de El Valle, existen humedales naturales (ejemplo la Laguna de Totorá), donde se dispone del material vegetativo para la implementación de humedales artificiales y facilitar la reutilización de las aguas residuales. La inversión e implementación del sistema de rehuso del agua residual doméstica para la Parroquia El Valle, es de bajo costo debido a que el sistema de reutilización puede adaptarse al sistema natural existente y a los materiales disponibles en la zona. Además son de fácil construcción, operación y mantenimiento. Cumplida la vida útil (humedal artificial de 30 a 35 años), los sistemas de tratamiento utilizados en la operación y mantenimiento deberán ser reemplazados, evitando de esta forma una deficiente depuración de aguas residuales (pág. 57-58).

En Félix Astudillo & Rikeros Gehrenbeck (2015), se presenta el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales generadas en el Cantón Durán. El tratamiento consiste en un proceso continuo de desbaste, sedimentación, flujo por filtros anaerobios y finalmente proceso de desinfección por cloro para disposición del efluente en el río Daule y río Guayas. La caracterización del agua se realizó por los resultados obtenidos de estos ensayos: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos Volátiles Totales y Nitrógeno Kjeldahl. A partir de esta caracterización, se pudo realizar los diseños de tratamiento adecuados. Se analizaron diferentes opciones en sistemas de tratamiento, principalmente en el tratamiento secundario se consideraron filtros anaerobios, lodos activados y biodiscos. La selección del tratamiento secundario final de diseño se basó en un análisis comparativo entre ellos, donde se contaba inicialmente con desbaste y sedimentación y un tratamiento final de desinfección por cloro. En el análisis se consideraron distintos factores y parámetros que determinaron que el tratamiento secundario más adecuado del sistema es el de filtros anaerobios con flujo ascendente. Una vez determinado el diseño final del sistema de tratamiento a utilizarse, se analizó cada proceso de operación y se logró obtener un presupuesto referencial para cada planta de tratamiento. Como se mencionó previamente, la selección final fue de filtros anaerobios, lo cual pudo comprobar que este tratamiento es óptimo para este proyecto, en relación a otros tratamientos convencionales. Se pudo determinar la existencia de relaciones entre los distintos parámetros y contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual así como con la geometría requerida para cada uno de los tratamientos (pág. 172-174).

De los estudios anteriores el investigador determina como puntos coincidentes los siguientes:

- La contaminación de las aguas es un tema de mucho interés en las investigaciones actuales.
- Existen varios métodos para realizar estudios de calidad del agua, todos permiten determinar relaciones entre los distintos parámetros y contaminantes que se encuentran presentes en el agua residual.
- Existen varios sistemas para tratamientos de residuales, la elección del indicado depende de las características del agua que ha de ser tratada y las condiciones ambientales del lugar.

Fundamentación Técnica, Tecnológica y Legal

Base Técnica Tecnológica

La investigación se fundamenta con las siguientes normas y decretos que a continuación se detallan.

La norma ISO 14001 establece los principios y requisitos que debe cumplir una organización para ser certificado su sistema de gestión ambiental y demuestra con esto utilizar procedimientos y métodos de trabajo que respetan las leyes ambientales.

La norma ISO 14010 es una norma creada como guía para las instituciones, auditores y clientes sobre las pautas y principios que deben tener en cuenta para la realización de una auditoría ambiental.

Fundamentación Legal

En el Ecuador se cuenta con la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Codificación 20, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.

En el Capítulo II de esta ley, el Artículo 8 expresa:

“Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen”.

(Comisión de legislación y codificación, 2004, pág. 02)

Dentro de este mismo capítulo, el Art. 9.- dice:

“Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley”.

(Comisión de legislación y codificación, 2004, pág. 02)

En la Tabla 1 se pueden observar las principales leyes que hoy día rigen la gestión ambiental en el Ecuador. Estas normativas han contribuido a la mejora de la gestión ambiental del país y establecen las pausas a seguir y los lineamientos que deben ser cumplidos para no afectar el ambiente.

Tabla 1 Leyes y decretos ecuatorianos

No	Nombre
1	Constitución Política del Ecuador
2	Ley de Gestión Ambiental
3	Ley No. 374. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: El investigador

Categorías fundamentales

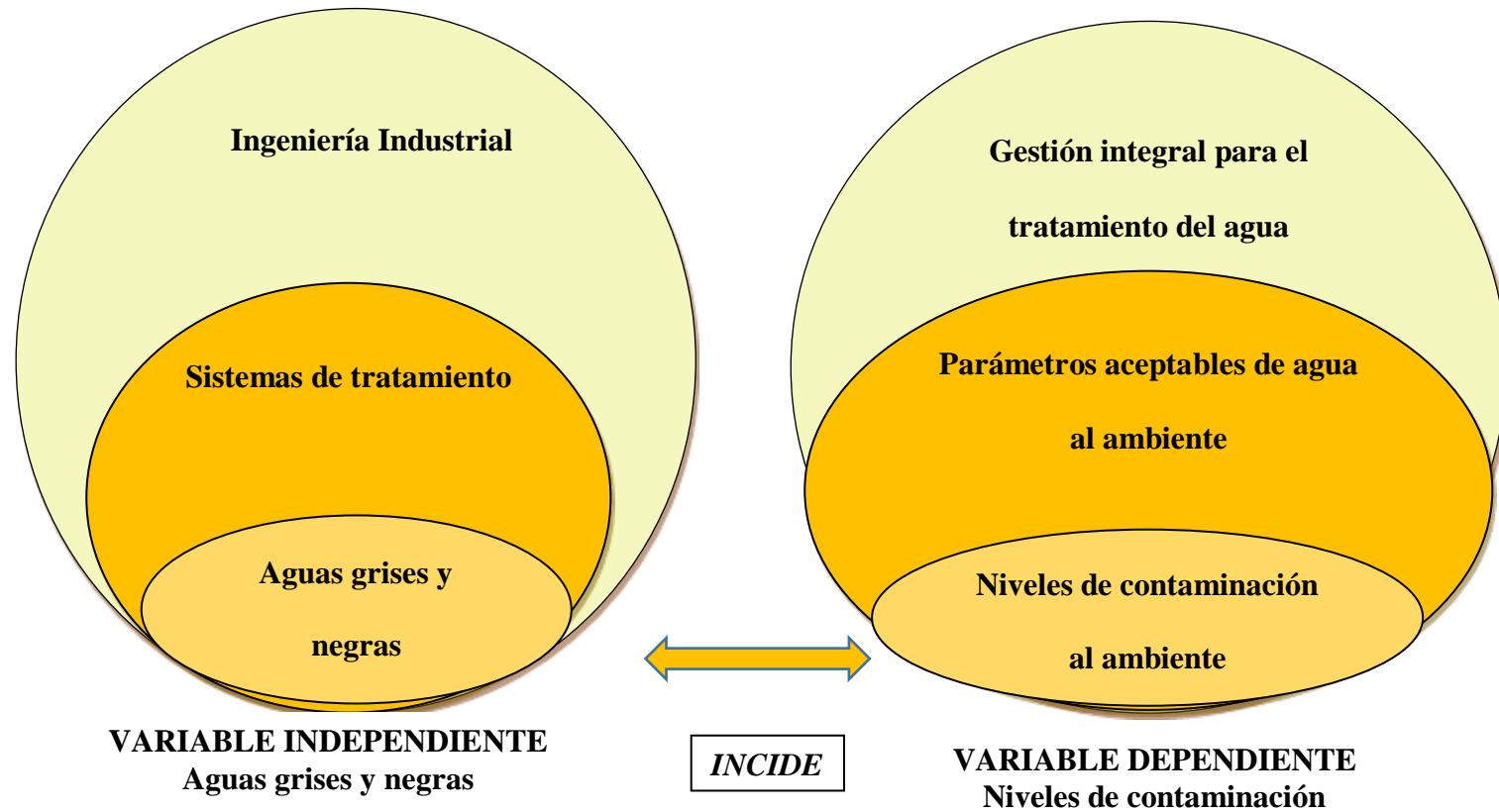


Figura 2. Red de Categorías Fundamentales

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El Investigador.

Constelación de ideas de la variable independiente

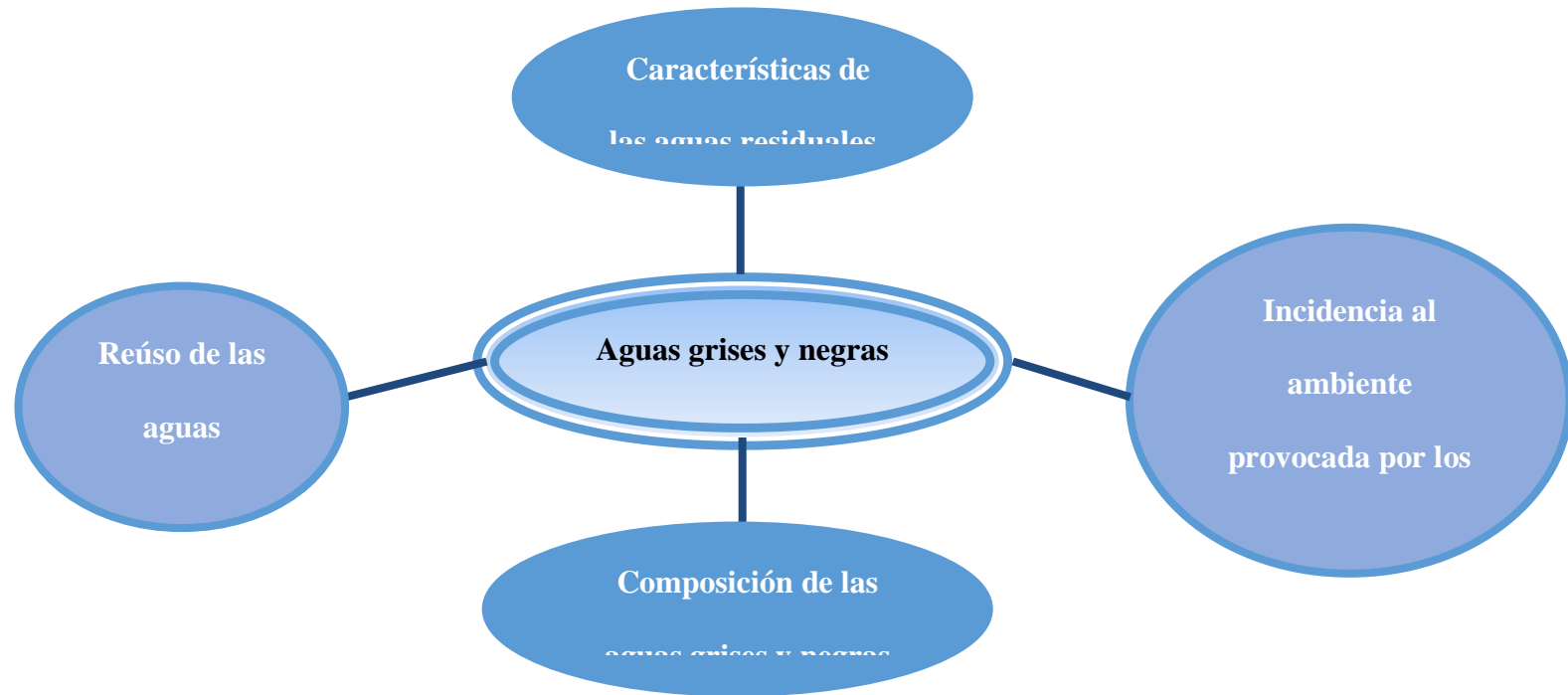


Figura 3. Constelación de ideas de la variable independiente.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Constelación de ideas de la variable dependiente



Figura 4. Constelación de la Variable Dependiente

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El Investigador.

Desarrollo del Marco Teórico

Características de las aguas residuales

Cualquier tipo de agua cuya calidad se ve afectada de forma negativa se considera agua residual.

Según Benítez:

“Las aguas residuales provienen de las diversas actividades humanas, contienen materiales que no son propios del agua en condiciones normales que provocan el deterioro de los cuerpos de agua y la recontaminación de las vertidas sin un tratamiento previo. De tal forma deben ser llevadas a estaciones depuradoras, y después de varios procesos, se eliminan o retiran los elementos no originales de estas”.

(Benítez, 2013, pág. 227)

En la literatura se hace referencia a las aguas grises y las aguas negras, las primeras provienen del uso doméstico, tales como el lavado de utensilios y de ropa así como el baño de las personas y las segundas son las que están contaminadas con heces u orina.

La literatura distingue diferencias entre las características de las aguas residuales urbanas, que varían en dependencia de la red de alcantarillado, las industriales y las mixtas, que dependen del tipo e importancia de la industria.

(Benítez, 2013), presenta una clasificación de las aguas residuales, según su origen de los autores (Seoáñez, 2004), (Bitton, 2005) y (Kumar, Bohra, & Singh, 2003), en las tablas 2 y 3, se describe esta información.

Tabla 2 Descripción de las aguas residuales urbanas.

Denominación	Origen	Composición
<p>Aguas residuales urbanas a los líquidos procedentes de las actividades domésticas diarias que tienen en su composición gran parte de agua.</p>	<p>Las aguas residuales pueden ser originadas por las siguientes causas: excretas principalmente heces; residuos domésticos tales como detergentes, pesticidas, sales, grasas, aceites, etc. arrastre de lluvias como el hollín, polvo, cemento, restos vegetales, etc. y por último infiltraciones (fuga de tuberías en mal estado o conexiones defectuosas).</p>	<p>Química: Proteínas, luego hidratos de carbono, seguido por los lípidos (grasas y aceites), y por último compuestos que incluyen fenoles, insecticidas, metales, etc. Los sólidos orgánicos e inorgánicos; gases: ácido sulfhídrico, anhídrido carbónico, y otros gases (ácidos grasos volátiles, derivados del nitrógeno), con diferentes concentraciones. Por último, las aguas residuales próximas a una industria pueden contener líquidos volátiles como gasolinas, alcoholes, etc.</p> <p>Biológica: Gran cantidad de microorganismos vivos incluye patógenos (E. coli, Salmonella, Giardia, Enterovirus, etc.), el último caso de no eliminarse en forma correcta puede contaminar el medio y ser riesgo para la salud humana. La actividad biológica de algunos organismos produce fermentaciones, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica</p>

Fuente: (Benítez, 2013, Pág. 239).

Elaborado por: El Investigador.

Tabla 3 Descripción de las aguas residuales industriales.

Denominación	Composición	Clasificación según la naturaleza de sus constituyentes
<p>Proviene de cualquier tipo de actividad industrial: producción, transformación o manipulación de un producto, en las que se utilice el agua.</p>	<p>El vertido, sin un tratamiento previo, en la mayoría de las ocasiones puede generar un grave problema ambiental, por la carga de contaminantes, y la gran cantidad de agua que deben liberar. Ejemplo, industrias químicas, las metalúrgicas, las papeleras, etc., en las sustancias tóxicas presentes en sus vertidos no son fácilmente biodegradables y requieren de un tratamiento previo intenso. Para un tratamiento o una adecuada gestión, es conveniente clasificarlos por sus características; propiedades físicas y químicas.</p>	<p>a) Residuos industriales líquidos con constituyentes minerales, efluentes que contienen fundamentalmente metales (zinc, hierro, cobre, cadmio, etc), compuestos halogenados, y otra serie de sustancias inorgánicas que presentan un elevado índice de toxicidad y peligrosidad.</p> <p>b) Residuos industriales líquidos con constituyentes orgánicos: como celulosa, taninos, compuestos azufrados y clorados, etc., que resultan particularmente difíciles de biodegradar,</p> <p>c) Residuos industriales líquidos con constituyentes minerales y orgánicos, que consiste en una mezcla de los casos anteriores, requieren tratamientos mixtos. d) Residuos líquidos industriales con carácter radiactivo, incluyen a efluentes que presentan sustancias radiactivas, resultado de procesos que utilizan materiales radiactivos tales como reactores nucleares, laboratorios de investigación,</p> <p>e) Residuos líquidos industriales que producen contaminación térmica, comprenden, efluentes que provocan cambios de temperatura, cuando entran en contacto con el cuerpo de agua (lago, arroyo, ríos, etc.), afectan la flora o fauna de la misma.</p>

Fuente: (Benítez, 2013, pág. 239).

Elaborado por: El Investigador.

Composición de las aguas grises y negras

En específico para las aguas residuales urbanas, se identifica la composición típica que se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Composición típica de las aguas residuales urbanas.

Constituyente	Concentración mg/L		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, total	1200	700	350
Sueltos, total Fijos Volátiles	850	500	250
Suspendidos, total	850	500	250
Fijos	325	200	100
Volátiles	350	200	100
Sólidos sedimentables (ml/L) DBO ₅ 20°C	75	50	30
COT	275	150	70
DQO	20	10	5
Nitrógeno total (como N) Orgánico	400	220	110
Amoniacó libre	290	160	80
Nitritos	1000	500	250
Nitratos	85	40	20
Fósforo total (como P)	35	15	8
Orgánico	50	25	12
Inorgánico	0	0	0
Cloruros	0	0	0
Grasas	20	10	6

Fuente: (Triplenlace, 2013, Pág. 1).

Elaborado por: El investigador.

Contaminación de las aguas grises y negras

El parámetro de población equivalente o habitante equivalente, brinda la relación entre la contaminación producida por una industria, proceso, o mezcla de aguas de distinta procedencia, con la que produce diariamente una persona.

Según Sans & Ribas:

“Los tipos de contaminación de las aguas residuales se clasifican en físicos, que son los que alteran los factores físicos y a la biota acuática pero que por sí mismos no son tóxicos, como son los tenso activos, los sólidos en suspensión y la temperatura; los contaminantes químicos cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Generalmente los de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al ambiente acuático, mucho de las cuales pueden actuar en detrimento de los organismos acuáticos y de la calidad del agua en general. Algunos de estos son la salinidad, el pH de las sustancias marcadamente tóxicas, la desoxigenación, y la contaminación por agentes bióticos, que son los efectos de la descarga de material biogénico que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. También el aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias”.

(Sans & Ribas, 1989, pág. 153)

Es preocupación de especialistas, desde el siglo pasado lo relativo a la afectación

de contaminantes al medio, al respecto Miller (1992) expone:

“La calidad del agua está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua. Las características hidrológicas son importantes indicando el origen, la cantidad y el tiempo de permanencia. Estas condiciones tienen relevancia, según los tipos de substratos del viaje del agua, cargándose de ciertas sustancias en función a la composición y la solubilidad de algunos materiales”.

(Miller, 1992, pág. 867)

Se concuerda con el autor al referir la importancia de los diferentes componentes que le son añadidos al agua hasta llegar a su destino final, siendo el incremento de sustancias contaminantes las que provocan su contaminación y afección al medio donde se vierte.

Por su parte la ONU, reconoce que en el mundo solo el 1% del agua dulce escurre por las cuencas hidrográficas, siendo esta la que se repone regularmente por el ciclo hidrográfico. En este contexto, la contaminación de las aguas, provocada por la actividad humana, tiene sus inicios con la revolución industrial, por el consumo de este recurso en sus procesos de transformación, y por la generación de desechos contaminantes (Organización de las Naciones Unidas, 1993).

Como se puede apreciar la contaminación del agua ha estado asociada al desarrollo industrial del hombre por lo cual, el mismo, debe tomar acción para que no se revierta en perjudicial y llevar un desarrollo industrial de manera sostenible.

Al respecto Tohobanoglous, Theisen & Vigil (1998) refieren que:

“El impacto producido en el ambiente debido a las actividades propias de la actuación del hombre se ha hecho cada vez más evidente y preocupante. La problemática ambiental presenta dentro de sus múltiples facetas dos vertientes importantes: el manejo irracional de los recursos naturales y un manejo inadecuado de los residuos generados por los diferentes procesos antrópicos”.

(Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1998, pág. 1107).

El investigador coincide con estos autores en que el desarrollo del hombre ha provocado la destrucción del ambiente y si no se maneja de manera sostenible provocará la destrucción total de este.

En la figura 5, se presentan los mecanismos de contaminación del agua.

Según Gordillo:

“Es de vital importancia el contar con información actualizada, ya que para combatir la degradación ambiental y minimizar sus efectos adversos, es necesario establecer una línea base, conocer cuáles son las fuentes y los tipos de contaminantes emitidos”

(Gordillo, 2010, pág. 21).

En la búsqueda de esta información, es relevante valorar lo que refiere (Artaraz, 2010) respecto a la relación positiva entre el crecimiento económico y la generación de residuos, y como la Comisión Europea, reconoce que es aún mayor el crecimiento de los volúmenes de residuo que el ritmo del Producto Interno Bruto (PIB). En particular el vínculo entre la actividad económica y el flujo de residuos urbanos (Ministerio de Medio Ambiente de Madrid, 2001).

En la figura 5 se puede apreciar el ciclo de contaminación del agua y como el crecimiento del desarrollo del hombre incide directamente en la contaminación de la misma.

Para (Cárdenas, 2003), es importante:

(...) “conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines”.

(Cárdenas, 2003, pág. 23).

Se coincide con Cárdenas, en que la calidad del agua es vital para la vida del hombre, las tareas cotidianas y el ambiente.

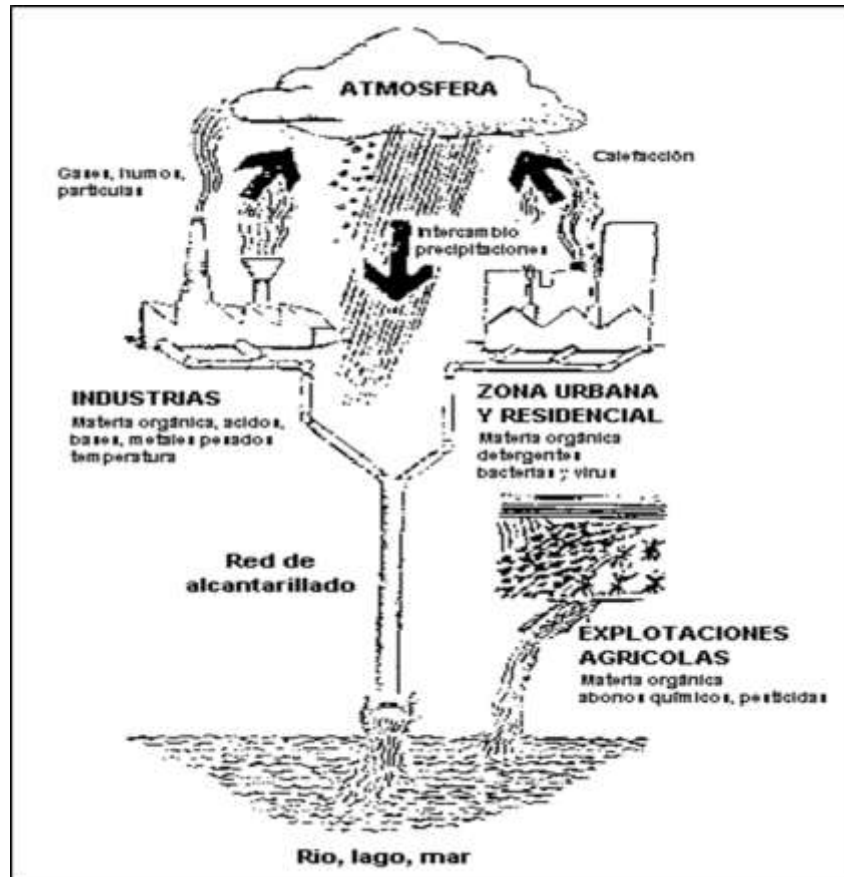


Figura 5. Mecanismos de contaminación del agua

Fuente: (Triplenlace, 2013, pág. 1).

Elaborado por: El investigador.

Al acceder a este conocimiento, no se puede obviar la presencia de micro-contaminantes en el medio acuático y en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los micro-contaminantes son un tipo de contaminación que pueden afectar el ambiente, incluso en bajas concentraciones. A menudo están presentes en el medio acuático en concentraciones muy bajas ($\mu\text{g/l}$, ng/l) en comparación con otros contaminantes (mg/l). La presencia de micro-contaminantes en el medio acuático en su forma inicial o metabolizada porta el doble problema de la cuantificación de su toxicidad y las posibles formas de su eliminación. Los micro-contaminantes abarcan una gran familia de compuestos químicos ampliamente utilizados en las ciudades (hospitales, hogares, industrias) tales como detergentes,

productos de limpieza, aditivos para plásticos, hidrocarburos, plaguicidas, herbicidas, cosméticos, perfumes, medicamentos, hormonas y sus metabolitos (Cárdenas, 2003).

Parámetros de calidad del agua

Se reconoce por la literatura que existen parámetros para caracterizar el agua residual que influyen en el medio donde se vierte, entre ellos se pueden citar los siguientes:

- La materia oxidable, que consume oxígeno.
- Sólidos en suspensión, que dificultan la actividad biológica de los seres acuáticos, y la recarga de los acuíferos.
- Materias inhibidoras o tóxicas, que inhiben, modifican o anulan la actividad biológica y/o se pueden acumular en la cadena trófica.
- Nutrientes (N y P) que intervienen en los procesos de eutrofización.
- Salinidad que puede condicionar la transferencia de materia entre el entorno y las células.
- Temperatura de los vertidos y el contenido en grasas también pueden ser importantes.

El estudio de la calidad del agua requiere del uso de herramientas estadísticas que faciliten la interpretación y toma de decisiones. Los índices de calidad del agua (ICA) se han promovido con el objeto de coadyuvar en la comunicación de reportes de la condición del agua a la sociedad, mientras que las técnicas multivariadas, como el análisis de discriminantes (AD) son herramientas que permiten el análisis de un gran número de muestras y factores que ayudan en la

identificación de fuentes de contaminación que afectan la calidad de agua y ofrecen un instrumento valioso y fiable para la gestión de los recursos hídricos (Espinal, Sedeño, & López, 2013).

El investigador ratifica la importancia del uso de análisis estadísticos para facilitar y mejorar la toma de decisiones las cuales pueden ser realizadas basadas en hechos que fundamenten la veracidad de la situación del agua analizada. Esto permite a su vez, un estudio más preciso de la contaminación del agua y la toma de acciones correctivas más efectivas.

Métodos analíticos de evaluación

Así como existen parámetros establecidos para determinar la calidad del agua, existen métodos para evaluarlos y otros relacionados con la problemática ambiental. Los métodos analíticos están descritos en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Stanford University, 1998), como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5 Métodos analíticos empleados en la caracterización de las aguas industriales y residuales

Parámetro	Unidades	Descripción
Turbidez	NTU	Medición con turbidímetro digital H Scientific Inc. Mod.
Temperatura	°C	Medición <i>in situ</i> con un oxígeno metro YSI Inc. Mod. 58
Oxígeno disuelto	mg/L O ₂	Medición <i>in situ</i> con un oxígeno metro YSI Inc. Mod. 58
Sólidos totales	mg/L de sólidos	Muestra de agua evaporada a 103-105°C por 24 horas. Peso del residuo a peso constante
pH	Unidades de pH	Lecturas de pH con pH-metro HI 9025C
Nitratos	mg/L N-NO ₃ ⁻	HPLC DIONEX Mod. 2000i/SP
Fosfatos	mg/L P-PO ₄ ³⁻	Método colorimétrico del cloruro de estaño, con un espectrofotómetro UV-Vis Thermo Spectronic.
DBO ₅	mg/L O ₂	Diferencia de concentración de oxígeno disuelto en 5
DQO micro*	mg/L O ₂	Adaptación de Kruis, F. (1999). Valoración con sulfato de hierro (II)
Coliformes fecales	Número más probable/100 mL	Análisis estadístico de la dispersión al azar

Fuente: (Pérez, 2013, págs. 319-331).

Elaborado por: El investigador.

Pérez (2013), presenta los resultados de la evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales utilizando los métodos anteriores y evidencia lo eficaz que resulta el monitoreo de estos parámetros, como herramienta para regular las actividades que se desarrollan, y que no se impacte el medio.

Por su parte el United Nations Environment (2016). Programme UNEP. Environment for development. Evaluación del agua, plantea:

“Los programas nacionales de vigilancia son esenciales para el planeamiento y la toma de decisiones económicas sobre el ambiente. Las funciones de vigilancia y evaluación de GEMS/Agua está impulsada por la necesidad de contar con una base de datos internacional consistente que permita una variedad de evaluaciones mundiales y regionales por las entidades relacionadas con los recursos hídricos”.

(United Nations Environment, 2016, pág. 01)

En el Informe Final del Instituto Nacional del Agua se aborda la problemática del diseño del monitoreo histórico porque, generalmente utilizan, esquemas basados en el conocimiento de los procesos hidrodinámicos operantes, y de los fenómenos fisicoquímicos y biológicos gobernantes del transporte y destino de los constituyentes presentes en las descargas de los afluentes y las emisiones urbanas, y no utilizan el muestreo aleatorio (Instituto Nacional del Agua Subsecretaria de recursos hídricos secretaría de obras Públicas, 2012).

La mejora de estos diseños, se logra con la introducción de los muestreos estadísticos, que no presumen un conocimiento suficiente de los fenómenos vigentes en el ambiente hídrico, y establecen metodologías de muestreo aleatorio; donde se emplea una clasificación de muestreos estadísticos, las características se presentan en la tabla 6.

Tabla 6 Características de las estrategias de muestreo estadístico.

Estrategia de muestreo	Descripción	Aplicación	Limitaciones
Muestreo estratificado aleatorio	El sitio se divide en varias áreas de muestreo (estratos). Basado en información de línea de base (background) o relevamientos <i>ad hoc</i> . Cada estrato es evaluado usando una estrategia aleatoria de muestreo	Grandes áreas	No tiene en cuenta la variabilidad espacial del medio
Muestreo sistemático de grilla o sistemático aleatorio	Es la estrategia más usualmente empleada. Toma muestras a intervalos regulares dentro de un modelo de grilla	Es la mejor estrategia para minimizar los sesgos y proveer una cobertura completa del área donde no existe información de background. Asegura el espaciamiento de las muestras	No tiene en cuenta la variabilidad espacial del medio
Muestreo de zonas críticas (“puntos calientes”)	Muestreo sistemático en una grilla en la búsqueda de zonas críticas	Sitios donde la información de background de los relevamientos indica que existen zonas críticas	No tiene en cuenta la Variabilidad espacial del medio. Se debe establecer la relación de las zonas críticas con la forma de la pluma de dispersión de los contaminantes

Fuente: (Instituto Nacional del Agua Subsecretaría de recursos hídricos secretaría de obras Públicas, 2012, pág. 10).

Elaborado por: El investigador.

Otro de los estudios que se realizan son los Análisis de Riesgo. Nuñez Molinari, Paz Tornello, Mantovano & Morreton (2014), plantean que “la evaluación de riesgo implica la caracterización cualitativa o cuantitativa de los posibles efectos adversos para la salud asociados con la exposición de las personas a un peligro químico o biológico”.

(Núñez, Molinari, Paz, Tornello, Mantovano, & Morreton, 2014), realiza un análisis cuantitativo de riesgo microbiológico (ACRM), en aguas grises, para lo cual realiza las valoraciones siguientes:

“El riesgo que presentan las aguas grises no tratadas no ha sido convenientemente estimado actualmente.... Complejas cuestiones socioeconómicas y políticas hacen que la construcción y operación de redes de alcantarillado y de plantas para tratamiento de efluentes urbanos no puedan llevarse a cabo en un futuro cercano en áreas cuya población crece rápidamente. Mientras una solución definitiva a estos problemas pueda aplicarse existen alternativas destinadas a minimizar los riesgos para las poblaciones expuestas”.

(Núñez, y otros, 2014, pág. 18)

Algunos autores como Otto son (2003) y Stevik et al. (1999) han propuesto procedimientos muy sencillos y de bajo costo para disminuir la carga microbiana de estas aguas antes de su disposición final.

Además establece el muestreo, la frecuencia, el análisis microbiológico. Para el análisis cuantitativo de riesgo microbiológico (ACRM), utiliza el análisis de Montecarlo para entender la gama de posibles riesgos de infección dadas las

distribuciones probables de los valores de los parámetros utilizados en el modelo.; y el cálculo de riesgo de infección para ambos patógenos se utilizó el modelo de beta – Poisson. La comparación de los recuentos de las bacterias indicadoras en los meses de muestreo, se realizó por una prueba de Mann-Whitney; y el coeficiente de variación, para explicar la dispersión de los datos.

Estos autores concluyen que:

“El ACRM es una herramienta importante para estimar la probabilidad de efectos adversos en los seres humanos y establecer criterios de riesgo sanitario.

La solución definitiva al problema que representa el vertido de aguas grises a la cuenca del Río Matanza Riachuelo es la construcción de una adecuada red de alcantarillado con una planta para el tratamiento de dichos efluentes. La filtración a través de suelos modificados con alto contenido en arenas de las granulometrías indicadas y en las condiciones que se han presentado en este trabajo puede considerarse como una alternativa transitoria dadas las reducciones obtenidas en las evaluaciones de riesgo sanitario. Estas aguas podrían así ser utilizadas en sistemas de riego.

Este resultado muestra como la utilización de métodos estadísticos, aplicados de forma consecuente de acuerdo a los datos que se pueden obtener, permite proponer alternativas de solución a corto y largo plazo, en dependencia de los recursos que se dispongan”.

(Núñez, y otros, 2014, págs. 341-350)

Incidencia al medio provocado por los residuos

Los métodos anteriores tienen en común la finalidad de eliminar o minimizar las incidencias al ambiente provocadas por el mal manejo de los residuos.

Según Benítez:

“El deterioro de la calidad del agua supone un grave problema ambiental, económico y social. Cada segundo, las industrias, las ciudades, las zonas agrícolas, vierten toneladas de residuos a los ríos y a las costas. Cada litro de agua contaminada que se vierte significa la pérdida de cien litros de agua potable”.

(Benítez, 2013, pág. 227)

Es de suma importancia, según el investigador, el cuidado de la calidad del agua por las incidencias negativas que provoca en el ambiente y en la vida humana si se ve afectada o contaminada.

Por lo tanto, conforme a lo planteado anteriormente existen dos tipos de fuentes, las cuales son:

- **Fuentes naturales:** dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar.
- **Fuentes artificiales:** producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos

componentes que son peligrosos para el ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar.

Según Espinal Sedeño & López (2013):

“De acuerdo a las principales fuentes de contaminación estas se producen por diferentes tipos de residuos, entre los que tenemos:

- *Contaminación industrial: es aquella producida por la industria cuando lanza sus residuos a los ríos. Esta contaminación es muy elevada dada la gran cantidad de agua que necesita la industria en el proceso de producción.*
- *Contaminación agrícola: es la que ocasiona la agricultura con el uso de abonos y pesticidas. También los residuos de la ganadería. Todos estos productos se incorporan al suelo y contaminan los acuíferos.*
- *Contaminación urbana: es la producida por la población en la producción de basuras y todas las actividades que de una u otra forma contribuyen a la generación de desechos que afectan la calidad del agua”.*

(Espinal, Sedeño, & López, 2013, págs. 147-163)

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Microorganismos patógenos.
- Desechos orgánicos.
- Sustancias químicas inorgánicas.
- Nutrientes vegetales inorgánicos.
- Compuestos orgánicos.
- Contaminación térmica.

Según el Art. 22 de la Ley de Aguas:

“Se prohíbe toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición.

- *En la Salud Humana*
- *El agua es fuente de vida diaria, pero también cuando se consume agua de mala calidad no tratada, puede transmitir enfermedades algunas de las cuales se encuentran entre las que más afectan a la humanidad. Ej: enfermedades diarreicas agudas.*
- *En los recursos naturales*
- *A consecuencia del mal manejo del agua, las especies de flora y de fauna se van perdiendo cada vez más, algunas especies naturales se van sustituyendo por cultivos que degradan la calidad del suelo y del agua.*
- *En el suelo.”*

(Comisión de legislación y codificación, 2004, pág. 29)

El agua contaminada afecta los suelos provocando el deterioro de los mismos lo cual facilita que se trasmitan tóxicos en los alimentos debido a su uso para fortalecer las cosechas.

Para el investigador la fuente más peligrosa es la artificial y dentro de ella la Contaminación urbana por la insuficiente cultura ambiental que posee la población.

Se le da el nombre de impacto al papel perturbador que ejerce el ser humano sobre el ambiente. El hombre es el único organismo que ocasiona efectos negativos

sobre el ambiente, ya que modifica y contamina el ambiente natural y al final se afecta a sí mismo.

Según Al Gore:

“Hemos llegado a un momento singular de la historia humana. Nuestro Hogar corre un grave riesgo. Desde luego, lo que está en peligro de ser destruido no es la tierra misma, sino las condiciones que la han hecho habitables a los seres humanos”.

(Gore, 1999, pág. 16)

Los impactos ambientales de la recogida de los residuos no son pocos y deben disminuir aumentando la exigencia de respeto a las normas decretadas. Por lo que, cada ecosistema en interacción con el ser humano se encuentra de alguna forma contaminado por elementos que le son extraños al ecosistema, que aumentan o disminuyen las cantidades presentes de manera natural en cada ecosistema de éstos elementos.

(Baker, Reilly, Lopez, Romanok, & Wengrowski, 2015) Plantean que:

Estos elementos reciben el nombre de “contaminantes” y pueden causar contaminación física, química o biológica y se pueden presentar en las siguientes formas:

- La degradación, la erosión de suelos y tierras.
- Alteraciones nocivas de la topografía.
- Alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
- Sedimentación en los cursos y depósitos de aguas.
- Cambios nocivos del lecho de las aguas.

- Introducción y propagación de enfermedades y de plagas.
- Acumulación o disposición inadecuada de residuos, basuras, desechos y desperdicios.

Variadas son las manifestaciones mediante las cuales se presenta la contaminación y en diferentes formas que los diferentes contaminantes afectan el medio. De una manera u otra se contamina el medio en que vive el hombre y es necesario combatir su proliferación.

En la tabla a continuación se muestra un resumen de los impactos al ambiente y a la economía que ocasiona la contaminación del agua.

Tabla 7 Impactos que provoca la contaminación del agua.

Impactos al ambiente	Impactos económicos
Reducción de zooplancton, asfixia de peces	Pérdida de alimento para los peces que se comercializan (cambios en la biomasa)
Desaparición de hábitats de diferentes especies, migración, pérdida de la biodiversidad biológica local.	Pérdidas de ingreso por concepto de empleo.
Disminución en la cantidad y calidad de alimentos de peces	Cambios en la disponibilidad de organismo con valor para el mercado
Deterioro de áreas por acumulación de sedimentos y basuras	Disminución de la productividad de las tierras de cultivo
Impactos al ambiente	Impactos económicos
Exportación de nutrientes a suelos y a acuíferos (corto y largo plazos)	Ahorro por la aplicación de nutrientes, inaceptabilidad en el mercado y consumidor por la calidad de los productos
Disminución de la resiliencia del ecosistema o la capacidad de recuperar sus condiciones iniciales debido a la acumulación de los impactos acumulativos y residuales.	Inversiones a largo plazos para la rehabilitación de ríos, lagos, embalses, así como la protección o descontaminación de aguas.

Fuente: (Gómez, 2002, pág. 7).

Elaborado por: El Investigador.

Como se puede apreciar en la tabla, se manifiestan los diferentes impactos negativos que puede ocasionar la contaminación del agua, tanto en el ambiente como en la economía. Provoca la desaparición de ecosistemas enteros, y fuerte impacto en los hábitats de las diferentes especies, también afecta directamente en el gasto de recursos financieros debido a la afección de la producción como en la reparación ocurrida por daños provocados por la contaminación.

Análisis y evaluación social del manejo de los residuos

Para la sociedad, el manejo de los residuos es un elemento al que se debe prestar importancia y tratamiento adecuado con el fin de evitar consecuencias e impactos negativos.

El correcto manejo de los residuos debe tener en cuenta las normativas, internacionales, nacionales y locales donde contemple todas aquellas exigencias y requerimientos que satisfagan los requisitos para cada tipo de residuos.

Por su parte Benítez (2013), refiere:

“Dependiendo de las características de los compuestos orgánicos y de la capacidad de que éstos puedan ser degradados por los microorganismos, determinan o condicionan en gran medida la viabilidad de un tratamiento biológico de un efluente determinado”.

(Benítez, 2013, pág. 260)

Dicho de otra forma, el autor expresa: El tratamiento de aguas es necesario determinarlo en función de la consistencia orgánica de la materia contaminante, debido a que es a partir de este parámetro en que se evaluará el grado de intensidad de las acciones corrosivas de los organismos heterótrofos y su consecuente incidencia en el medio acuático.

En la figura 6 se muestra como ocurre la biodegradación del agua. Como se puede apreciar la materia orgánica biodegradable puede dividirse en dos grupos: rápidamente biodegradable y lentamente biodegradable, tanto la primera como la segunda pueden presentarse en estado soluble o partículas.

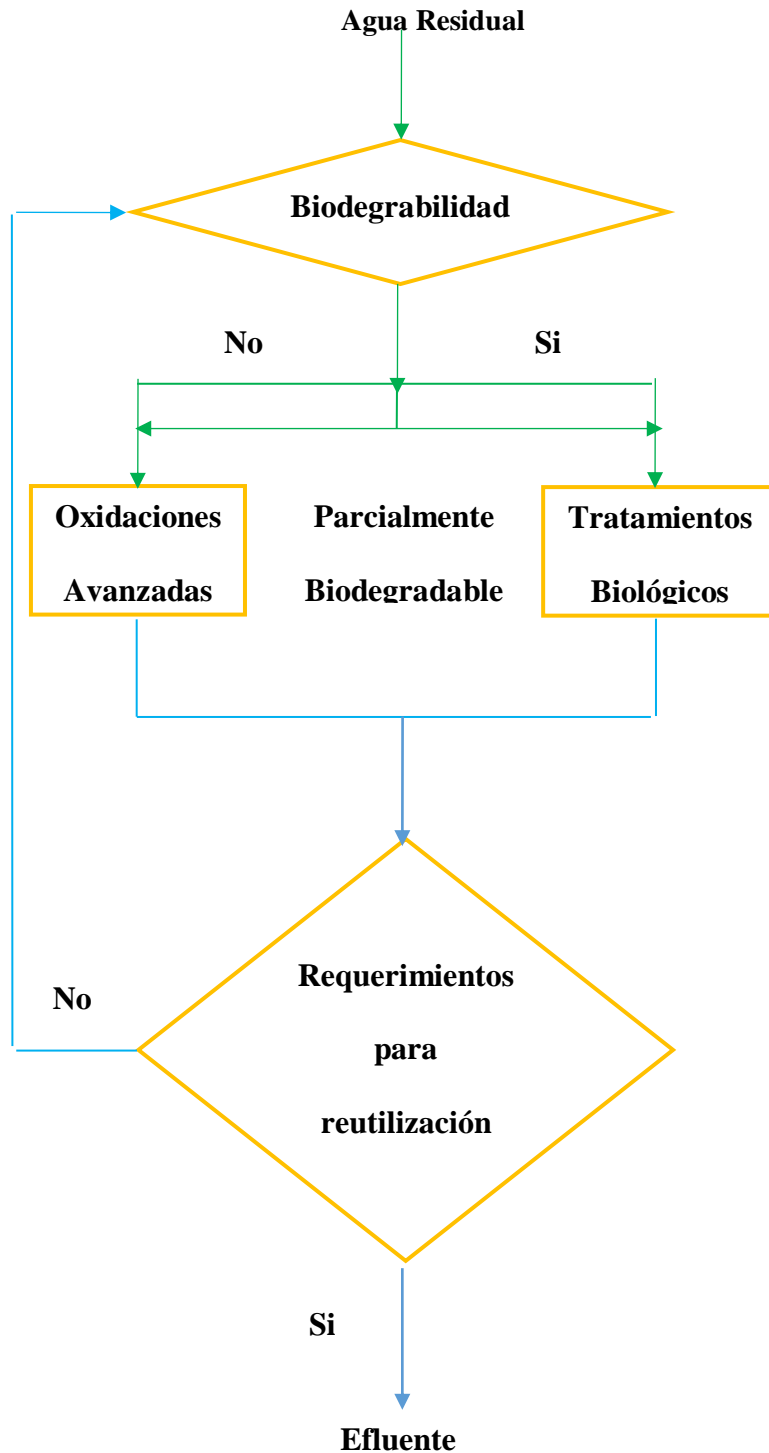


Figura 6. Posible estrategia para seleccionar el método adecuado para un agua con características de reutilización.

Fuente: (Osorio, Torres, & Sánchez B, 2010, pág. 86).

Elaborado por: El Investigador

Aunque un agua residual presente materia orgánica natural no significa que la biodegradación será fácil, porque hay elementos como las grasas y aceites que en ocasiones son difíciles de degradar.

De acuerdo al concepto de Mara (2000).

“Las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal.”

(Mara, 2000, pág. 78).

Por su parte los autores Berrio, Beltrán, Agudelo & Cardona (2012) señalan que:

“Los procedimientos para la eliminación de los residuos son varios y el que se apliquen unos u otros, depende de diferentes factores; no obstante los más utilizados son: Vertido, Incineración, Reutilización – Reciclado”.

(Berrio, Beltrán, Agudelo, & Cardona, 2012, pág. 115)

El autor considera muy importante el proceso de selección del procedimiento para la eliminación de residuos en las aguas residuales.

Rehúso de las aguas residuales

En la actualidad muchos países sufren de carencias económicas para poner en práctica procedimientos que le permitirían la reutilización de recursos naturales.

A continuación se presentan como se puede reusar el agua evitando su desperdicio.

Para Artaraz (2010), la escasez cada vez mayor de las aguas dulces debido al crecimiento demográfico, a la urbanización y, probablemente, a los cambios climáticos, ha dado lugar al uso creciente de aguas residuales para la agricultura, la acuicultura, la recarga de aguas subterráneas y otras áreas.

(Artaraz, 2010, pág. 18)

En muchos lugares la reutilización de las aguas residuales es una alternativa de vida además de una posibilidad de protección al medio con la ayuda a evitar el deterioro de este preciado recurso, sin embargo es importante tener en cuenta que su uso no manejado de manera adecuada puede ser consecuencia de impactos negativos para el hombre.

Radulovich (1997) asevera que “la reutilización del agua implica una obra de ingeniería que cuente con estudios de viabilidad técnica y económica, así como análisis ambientales que permitan cumplir con las normativas existentes”.

Existen diferentes tipos de reúsos del agua los cuales son clasificados en: reúso indirecto no planeado, reúso indirecto planeado y reúso directo planeado (RALCEA, 2013).

- Reúso Indirecto no planeado: es la recuperación del agua contenida en un efluente para ser re introducida en un cuerpo de agua (superficial o subterránea) que en definitiva servirá como fuente de agua para ser potabilizada.
- Reúso Indirecto planeado: sucede cuando los efluentes tratados son descargados de manera planeada a los cuerpos receptores para ser utilizados de forma intencional y controlada en algún uso beneficioso.

- Reúso Planeado: sucede cuando los efluentes tratados son empleados directamente en alguna aplicación de reúso local.

Otra clasificación también planteada es relacionada con la calidad del agua, de esta forma la clasifican en: reúso potable y reúso no potable (RALCEA, 2013).

- Reúso Potable: clasificado a su vez en directo o indirecto. Si los efluentes tratados son empleados directamente en alguna aplicación de reúso local, se denomina “Directo”. Por el contrario, si el agua es utilizada y descargada en forma diluida en los cuerpos receptores y posteriormente es utilizada, se denomina “Indirecto”.
- Reúso No Potable: para fines agrícolas, industriales, domésticos, manejo de recursos de agua, acuicultura y recarga de acuíferos.

En el Ecuador existe la Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamientos del agua, aprobada el 31 de julio de 2014. Esta ley destaca que en los artículos 12, 313 y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia (Asamblea Nacional, 2014).

En el artículo 411 dispone además:

“El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda

afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas de recarga”. (Asamblea Nacional, 2014, pág. 125)

Como se puede apreciar el Ecuador tiene establecido normativas que sustentan el manejo de los recursos hídricos, recurso tan preciado y necesario para la vida de todos los seres vivos.

Como parte del manejo de este recurso es importante un desempeño ambiental sostenible y además la defensa contra la contaminación de los suelos y de los propios efluentes de manera directa e indirecta y como una consecuencia muy actual la contaminación a través del vertimiento de residuales al ambiente.

Hipótesis

Ho: El estudio de las aguas grises y negras en la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR **permitirá** determinar la incidencia en los niveles de contaminación ambiental que generan estas aguas.

H1 : El estudio de las aguas grises y negras en la estación Quijos del poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR **no permitirá** determinar la incidencia en los niveles de contaminación ambiental que generan estas aguas.

Señalamiento de variables

Variable Independiente: Aguas grises y negras.

Variable Dependiente: Niveles de contaminación al ambiente.

Glosario de términos

Contaminación: presencia en la atmósfera, en el agua o en la tierra, de sustancias resultantes de las actividades humanas o procedentes de procesos naturales que ocasionan efectos negativos en el hombre y en el ambiente (*Herrero & Gil, 2008*).

Contaminación del agua: es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, y de otros tipos o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos (*Reynolds, 2009*).

Ecosistema: sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico en donde se relacionan (biotopo). Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat (*Viglizzo & Frank, 2010*).

Impacto Ambiental: se denomina así a las consecuencias provocadas por cualquier acción humana que modifique las condiciones de subsistencia o de supervivencia de los ecosistemas. Estas acciones humanas provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social (*Conesa, 2010*).

Ambiente: sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana. Se trata del entorno que condiciona la forma de vida de la sociedad y que incluye valores naturales, sociales y culturales que existen en un lugar y momento determinado (*Burton, 2003*).

Líquidos Residuales: son los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías

negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar, entre otros (*Reynolds, 2009*).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque

Se utiliza los dos enfoques cualitativo y cuantitativo. El primero porque en la investigación se analiza los conceptos y se caracteriza cada una de las variables al describir el comportamiento inicial de la contaminación de aguas grises y negras y su incidencia al ambiente y cuantitativo porque se evaluaron los indicadores de contaminación de las aguas grises y negras partiendo de la revisión de documentos históricos de la estación objeto de estudio. Además se aplica encuestas que fueron analizadas con los métodos de la estadística descriptiva y organizadas en tablas y gráficos para una mejor presentación de la información.

Modalidad

El proyecto de investigación siguió todos los pasos descritos en la metodología. Se realiza la **Investigación de Campo**, pues se toma datos de la situación actual del agua y la afectación al ambiente, utilizando los métodos de la Observación y el Análisis Documental en la estación objeto de estudio.

Se realiza una **Investigación Documental bibliográfica** para determinar los antecedentes científicos de la investigación, los principales resultados obtenidos hasta el momento; así como normas técnicas, leyes y reglamento vigentes en el Ecuador. Se utiliza los métodos del nivel científico: análisis y síntesis, de lo general a lo particular.

También se siguen las pautas de la **Investigación de Intervención social o proyecto factible** puesto que se propuso una solución para que el sistema de

tratamiento elimine el vertimiento de las aguas grises y negras y con ellos las incidencias al ambiente.

Tipo de investigación

Según el objeto de estudio la investigación es aplicada porque se propone un nuevo sistema de tratamientos de residuales que significa mejoras para los trabajadores de la estación y la comunidad vecina.

Según la extensión del estudio, es una investigación de caso pues el investigador se enfoca exclusivamente en el caso particular del derrame de aguas grises y negras de la estación Quijos.

Según el nivel de medición y análisis de la información la investigación es explicativa porque se expone las causas y efectos de la contaminación de las aguas grises y negras en la estación Quijos.

Población y Muestra

Para el desarrollo de la investigación se toma una población dividida por estratos la cual consiste en los trabajadores de la estación Quijos del poliducto SHUSHUFINDI-QUITO de EPPETROECUADOR los cuales son un total de 28 y la totalidad de la población del cantón Gonzalo Pizarro la cual es un total de 8599 habitantes de acuerdo a las estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas del Ecuador (INEC).

La muestra utilizada en relación a los trabajadores de la estación coincide con la población siendo un total de 28 trabajadores. Debido a que el número de trabajadores es reducido se trabajará con la totalidad sin existir la necesidad de obtener muestras representativas.

Para el cálculo de la muestra a utilizar sobre los pobladores de la zona se utiliza la fórmula 3.1 que se muestra a continuación:

$$n = \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{e^2 \times (N - 1) + Z^2(p \times q)} \quad (3.1)$$

Dónde:

n : Tamaño de la población.

Z : Valor que determina el nivel de confianza. En este caso se tomará un índice de confianza del 95%, cuya varianza será equivalente a 1,96.

N : Valor que indica la población finita.

e : Valor que corresponde al error de muestreo y que tiene una tolerancia de oscilación entre el 5 al 10 %. Para el presente caso se asumirá un error mínimo, equivalente al 5%.

p, q : Valores que indican los porcentajes de ocurrencia de los sucesos, la suma de ambos indicadores tiene que dar un resultado igual a 1 (100%).

$$\text{Entonces: } n = \frac{(1.96)^2 \times 8599 \times 0.50 \times 0.50}{0.05^2 \times (8599 - 1) + 1.96^2 (0.50 \times 0.50)}$$

$$n = 383.64$$

$$n \approx 384 \text{ personas}$$

Por lo tanto, para el desarrollo de la investigación la muestra donde se encuentra ubicada la estación Quijos del poliducto SHUSHUFINDI-QUITO de EPPETROECUADOR queda constituida de la siguiente forma:

- 28 trabajadores de la estación

- 384 pobladores del cantón

Asociación de variables

Partiendo de la hipótesis planteada en el capítulo anterior:

Con el estudio de la contaminación de las aguas grises y negras en la estación Quijos del poliducto SHUSHUFINDI-QUITO de EPPETROECUADOR se analiza los niveles de contaminación que generan estas aguas.

En la presente investigación se evalúa la variación entre la **variable independiente** (aguas grises y negras) y la **variable dependiente** (niveles de contaminación al ambiente).

Definición conceptual de la variable dependiente

Contaminación: presencia en la atmósfera, en el agua o en la tierra, de sustancias resultantes de las actividades humanas o procedentes de procesos naturales que ocasionan efectos negativos en el hombre y en el ambiente (*Herrero & Gil, 2008*).

Contaminación del agua: es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales, y de otros tipos o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos (*Reynolds, 2009*).

Definición operacional de las variables

En las Tablas siguientes se muestra la operacionalización de las variables, en la Tabla 8 la variable independiente y en la Tabla 9 la variable dependiente

Tabla 8 Operacionalización de la variable Independiente

Variable Independiente: aguas negras y grises					
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas	Instrumentos
<p>Contaminación de las aguas grises y negras</p> <p>Las aguas grises, que provienen de la limpieza de vajilla, ropa y aseo personal, como las de la ducha, baños de inmersión.</p> <p>Las aguas negras, son un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.</p>	Fuente de contaminación	% de productos químicos incluidos	¿Cuáles son los principales contaminantes que posee el agua residual que se vierte al medio?	Encuesta Revisión documental Entrevistas	Cuestionario estructurado
	Nivel de afectación al medio	% de afectación a los ríos	¿En qué medida se afectan los ríos? ¿Cuáles son los requisitos que se deben cumplir en la instalación de bombeo de EPPETROECUADOR?	Observación Encuesta Revisión documental Entrevistas	Cuestionario estructurado
		% de afectación al terreno	¿En qué medida se afectan los suelos? ¿Cuáles son los requisitos que se deben cumplir en la instalación de bombeo de EPPETROECUADOR?	Observación Encuesta Revisión documental Entrevistas	Cuestionario estructurado

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: El investigador.

Tabla 9 Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente: nivel de contaminación					
Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas	Instrumentos
Medida en la que están presentes los agentes contaminantes en las aguas	Límites permisibles de los agentes contaminantes	Potencial de hidrógeno Demanda química de oxígeno Coliformes fecales Cloro libre residual	¿Cuáles parámetros que cumplen con los límites permisibles del Reglamento Ambiental para las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE)? ¿Se cumplen los reglamentos establecidos en la RAOHE para la toma y análisis de muestras que certifiquen la veracidad de los resultados?	Encuesta Revisión documental Entrevistas Análisis de pruebas de aguas grises y negras	Cuestionario estructurado Análisis de documentos: Informes de Monitoreo Ambiental

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Plan de Recolección de la Información

La recopilación de información para el siguiente trabajo se realizará de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 10 Recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Para alcanzar los Objetivos de Investigación
¿De qué persona u objeto?	Personal que trabaja en la estación y pobladores del Cantón Gonzalo Pizarro.
¿Sobre qué aspectos?	Aguas grises y negras, niveles de contaminación que presentan y las incidencias al ambiente que provocan
¿Quién? ¿Quiénes?	Investigador
¿A quiénes?	Trabajadores de la estación y pobladores del cantón
¿Cuándo?	Enero a Abril del 2016
¿Dónde?	Estación Quijos y Cantón Gonzalo Pizarro
¿Cuántas veces?	Las veces que sea necesario hasta alcanzar el objetivo de investigación.
¿Cómo? ¿Qué técnicas de recolección?	Encuestas Entrevistas
¿Con qué?	Cuestionario estructurado.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: El investigador.

Aplicación de Instrumentos de Recolección de información

Para el analizar el objeto de investigación se utilizarán las siguientes técnicas:

- **Observación**

Esta técnica consiste en poner atención, a un aspecto de la realidad y en recoger datos para su posterior análisis e interpretación sobre la base del marco teórico, que permitirá llegar a conclusiones y toma de decisiones.

Por la relación entre el observador y lo observado se tomará la técnica de observación directa, que es en la que el investigador se pone en contacto personal con el objeto de estudio.

Por la actitud frente a lo observado, está la técnica de observación participante ya que el investigador compartirá la vida del grupo humano en este caso de los trabajadores de la estación y los pobladores del cantón.

Por el número de observadores, se toma la técnica de observación individual ya que la realiza un solo investigador.

Por el lugar de observación, se optó por la técnica de observación de campo o también conocida como observación sobre el terreno (in situ), consiste en estudiar los hechos en el ambiente natural en que se produce en este caso la estación de bombeo Quijos.

Instrumento para registro de datos por observación: se elabora una ficha de observación.

- **Encuesta**

Esta técnica permitió la recolección de información a los trabajadores de la estación y pobladores de la zona. Se realizaron dos encuestas, una indirecta dirigida a los pobladores del cantón y otra directa y especializada dirigida a los trabajadores de la estación. Las encuestas se encuentran en Anexos 3 y 4.

En la estación se aplicaron las encuestas a:

- Cocinero
- Guardias
- Cuadrilla de mantenimiento
- Gestores de aguas residuales
- Personal en general

En la comunidad se aplicaron las encuestas a

- Profesores de los colegios
- Agricultores dueños de las tierras afectadas
- Personal del gobierno
- Dueños de pequeños negocios
- Personas en general

- **Entrevistas**

Se aplicaron entrevistas a dirigentes del gobierno en el cantón y dirigentes de la estación. Esta técnica permitió conocer la opinión de los implicados respecto a la problemática estudiada.

A los dirigentes del gobierno se les enfocó la entrevista sobre las incidencias al ambiente y la afectación a la comunidad y a los dirigentes de la estación sobre el

cumplimiento de las normas y reglamentos establecido para los residuales y su nivel de cumplimiento en la estación. Las guías de entrevistas se encuentran en los Anexos 5 y 6.

- **Análisis de documentos**

Se analizaron documentos de la empresa principalmente los estudios de aguas del año 2015 y el 2016.

Plan de procesamiento y análisis de la Información

Los datos recogidos se transformaron tomando en cuenta los procedimientos siguientes:

- Revisión de la información defectuosa: contradictoria, incompleta, no pertinente, etc.
- Organización de la información: se analiza cada pregunta de las encuestas y las entrevistas por separado para ir obteniendo resultados parciales.
- Agrupación de la información: se agrupan determinados indicadores porque su análisis global permite conclusiones más fundamentadas para la toma de decisiones.
- Repetición de la recolección, solo se realiza cuando no se entienda las respuestas para el investigador tomar claridad para el procesamiento, no hay respuestas correctas ni incorrectas todas son válidas para el análisis.
- Presentación de la información: se usa la tabulación en tablas o gráficos según las variables de la investigación.

- Estudio estadístico de datos para análisis, interpretación y presentación de resultados que posibiliten la toma de decisiones a la empresa sobre la problemática estudiada.

Análisis e Interpretación de resultados

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos e hipótesis.
- Interpretación de los resultados, con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente.
- Verificación estadística para la comprobación de la hipótesis.
- Determinación de las relaciones que existen entre la variable independiente y la variable dependiente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Procesamiento y análisis de la Información

Se procesó y analizó toda la información resultante de la aplicación de las técnicas de recolección de datos: la observación, encuestas, entrevistas y análisis de documentos.

Resultados de la Observación

Al realizar la observación participante y directa se pudo constatar que el derrame de aguas grises y negras es un problema real que afecta gravemente a la estación Quijos y sus alrededores como se muestra en las figuras 7 y 8.



Figura 7. Vertimiento de aguas grises y negras en la estación Quijos

Fuente: Sector Oriente de la estación Quijos

Elaborado por: El investigador.



Figura 8. Lugar donde comienza el derrame de aguas grises y negras en la estación Quijos

Fuente: Sector Oriente de la estación Quijos

Elaborado por: El investigador.

Resultados de las Entrevistas

Se aplicaron entrevistas a tres dirigentes del gobierno en el cantón. La entrevista se enfocó a determinar sus conocimientos sobre las incidencias al ambiente y la afectación a la comunidad.

Como resultado la entrevista a los dirigentes del gobierno evidenció que existe conocimiento total del problema del derrame de las aguas grises y negras de la estación.

Sugieren que se elimine el derrame de las aguas debido al daño a la comunidad.

Además identifican los problemas siguientes como las principales afecciones que le provocan:

- Mal olor
- Contaminación de los suelos

- Contaminación de los ríos
- Deterioro de los cultivos
- Contaminación del agua de consumo

Por su parte a los cuatro dirigentes de la estación se les entrevistó enfocando la entrevista sobre el conocimiento de las normas y reglamentos establecido para los residuales y su nivel de cumplimiento en la estación.

Todos los entrevistados concuerdan en que esta problemática se está presentando desde hace dos años e identifican como causa principal la ineficiente capacidad del pozo séptico ante el aumento de personal en la estación.

Declaran además que cumplen los estándares del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAHOE) así como todas las medidas para los análisis de las aguas cada seis meses. Contratan para el estudio de aguas al Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA y las muestras se analizan en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LABCESTTA. Los estudios se realizan cada seis meses y los Gestores de aguas residuales supervisan el trabajo de las personas que llegan a realizar el estudio de las aguas.

Comentan además que para el mantenimiento del pozo no cumplen los estándares de la RAHOE, pues no realizan el mantenimiento con la periodicidad requerida.

Actualmente están en la búsqueda de presupuesto para el diseño de un sistema de tratamiento de residuales y consideran que esta sería la solución ideal para eliminar la contaminación al ambiente.

Resultados de las Encuestas aplicadas a pobladores

Las encuestas aplicadas a 384 pobladores de la comunidad fueron realizadas por el autor. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

.Pregunta No. 1: ¿Conoce usted sobre la existencia de derrame de aguas grises y negras proveniente de la estación Quijos?

Tabla 11. Conocimiento de los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	333	87%
NO	51	13%
TOTAL	384	100,00%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

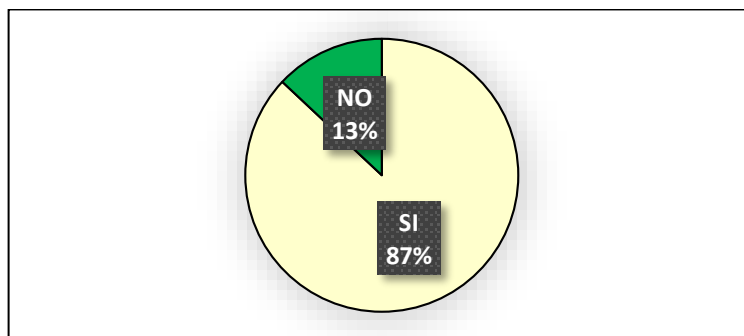


Figura 9. Conocimiento de los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Se constató que 333 personas, lo que representa el 87% de los encuestados conoce sobre los derrames de aguas residuales provenientes de la estación Quijos.

Pregunta No. 2.- ¿Considera que el vertimiento de estas aguas es dañino para el ambiente?

Tabla 12. Consideraciones sobre si los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos son dañinos o no.

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	384	100%
NO	0	0%
TOTAL	384	100%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

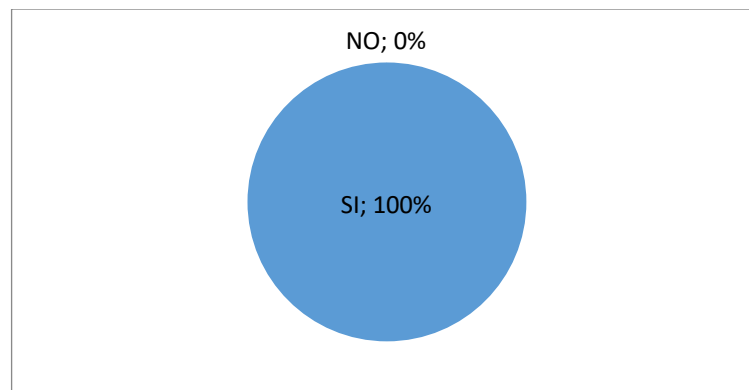


Figura 10. Consideraciones sobre si los derrames de aguas grises y negras de la estación Quijos son dañinos o no.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

El 100% de los encuestados coinciden en que el vertimiento de estas aguas grises y negras provenientes de la estación Quijos son dañinas para el ambiente, lo que demuestra que los pobladores de la comunidad poseen información sobre daños al ambiente.

Pregunta No. 3.- ¿Vive o cultiva en terrenos cerca de la estación Quijos?

Tabla 13 Actividad que realizan cerca de la estación Quijos

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
VIVO	234	61%
POSEO CULTIVOS	150	39%
NINGUNA DE LAS ANTERIORES	0	0
TOTAL	384	100%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

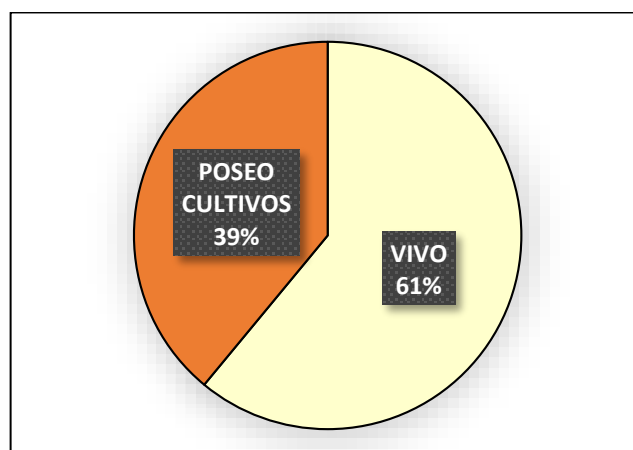


Figura 11. Actividad que realizan cerca de la estación Quijos.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

El 100% de los encuestados vive en la comunidad y de ellos el 39% tiene cultivos en las áreas cercanas a la estación Quijos. Lo anterior demuestra que no se tomó en consideración la opinión de ninguna persona ajena a la comunidad que pudiera tener información errónea del problema analizado.

Pregunta No. 4.- ¿Considera usted que se afectan los suelos y los cultivos con el derrame de las aguas residuales provenientes de la estación Quijos?

Tabla 14 Consideración sobre la afectación a los suelos y los cultivos

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	256	67%
NO	128	33 %
TOTAL	384	100%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

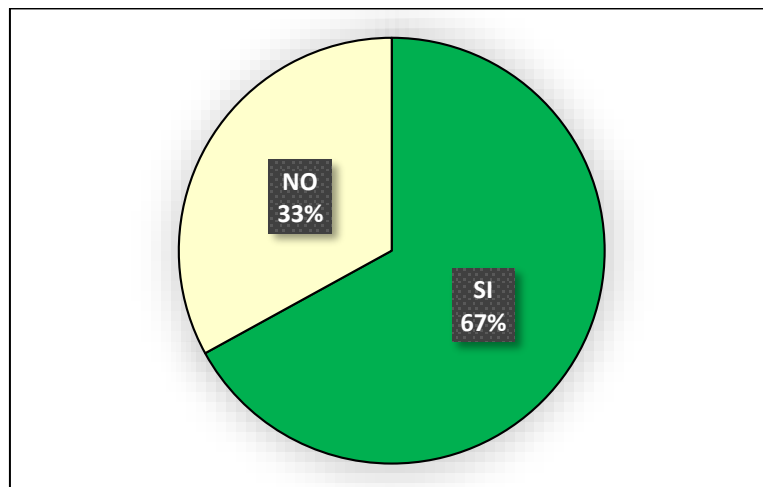


Figura 12. Consideración sobre la afectación a los suelos y los cultivos.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

A pesar que todos los encuestados coincidieron que el derrame de las aguas grises y negras era dañino para el ambiente un 33% no considera que afecte los suelos y los cultivos, demuestra que a pesar de que los pobladores tienen información ambiental esta es incompleta pues no son capaces de identificar daños específicos al ambiente.

Pregunta No. 5.- ¿Ha sufrido algún tipo de consecuencia negativa debido al derrame de las aguas residuales provenientes de la estación Quijos?

Tabla 15 Consideración sobre consecuencias negativas

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	289	75%
NO	95	25%
TOTAL	384	100%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

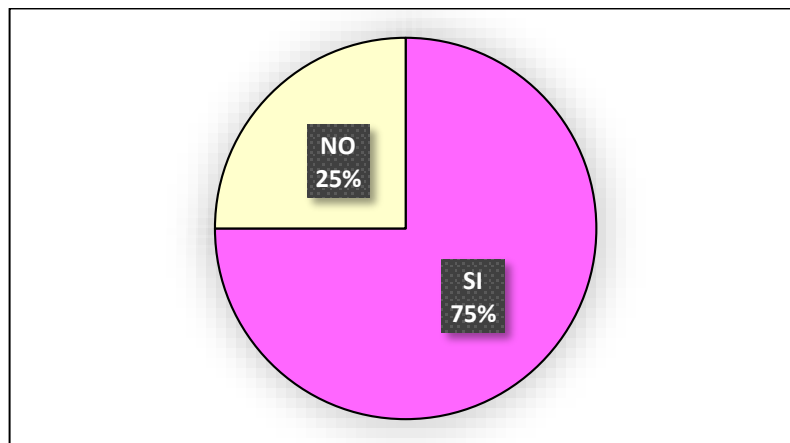


Figura 13. Consideración sobre consecuencias negativas

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Como se observa el 75% de los pobladores admite haber sufrido consecuencias negativas producto del derrame de las aguas grises y negras de la estación y hay un 25% que no identifica ninguna consecuencia.

Para analizar las consecuencias negativas mencionadas, se agrupan en cinco grandes grupos, creados a partir de las respuestas dadas.

Tabla 16 Consecuencias negativas mencionadas

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MOSQUITOS Y MOSCOS	253	66%
MAL OLOR	246	64%
AFECTACIÓN A LOS CULTIVOS	123	32%
CONTAMINACIÓN DEL RIO	103	27%
CONTAMINACIÓN DEL AGUA	79	21%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

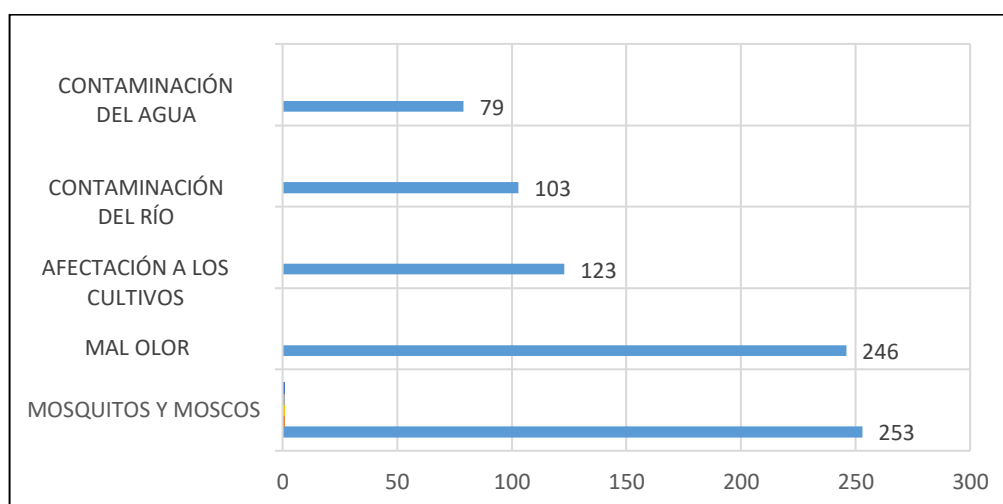


Figura 14. Consecuencias negativas mencionadas

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Se puede apreciar que las consecuencias negativas que más afectan la población son la existencia de mosquitos y moscos, mal olor y afectación a los cultivos.

Pregunta No. 6.- ¿Considera usted que este derrame de aguas grises y negras afectan a la población que vive cerca de la estación?

Tabla 17 Consideración sobre afectación a la población

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	304	79%
NO	80	21%
TOTAL	384	100%

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

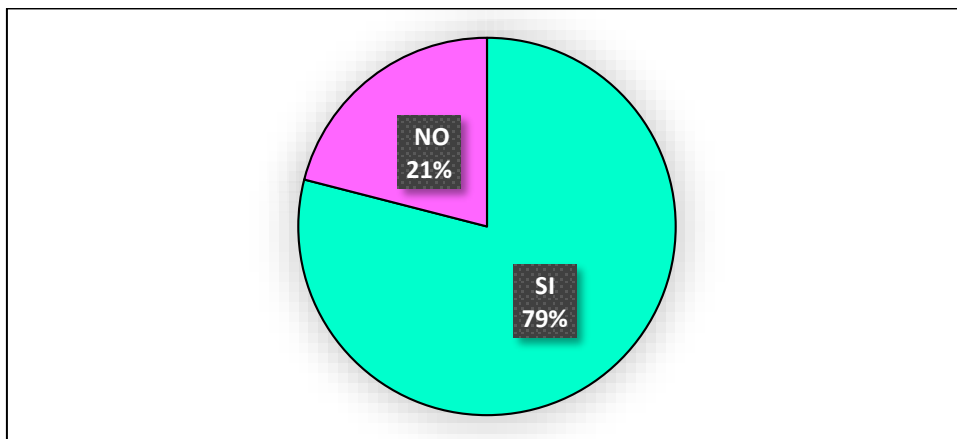


Figura 15. Consideración sobre afectación a la población.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

El 79% de los pobladores encuestados considera que hay afectación a la población y ellos identificaron cinco problemas como los principales que les afectan.

Pregunta No. 7.- Exponga alguna sugerencia o idea para solucionar el problema del derrame de aguas grises y negras en la estación.

Esta es una pregunta abierta donde podían expresar cualquier idea a sugerencia, el objetivo principal de esta pregunta era verificar si los pobladores consideraban que la estación debía cerrarse o no. De los encuestados, 197 que representa el 51% respondieron a la pregunta y dieron sus sugerencias para eliminar el derrame de las aguas grises y negras de la estación. Las respuestas se pueden agrupar en cinco grupos, como se muestra en la figura 15.

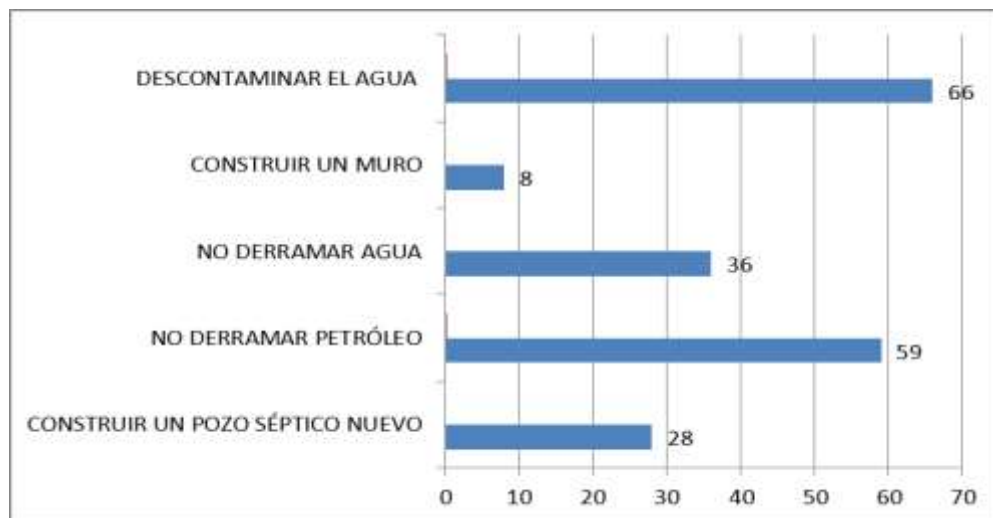


Figura 16. Sugerencias para solucionar el derrame

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Como se puede constatar identifican que una mejora sería eliminar los derrames de petróleo, esto demuestra que no identifican que el pozo séptico es solo para aguas grises y negras por su falta de conocimiento del tema, pero ninguna opción es cerrar la estación pues están conscientes de lo que representa económicamente para el país y la comunidad.

Resultados de la Encuesta aplicada a trabajadores

Las encuestas aplicadas a los 28 trabajadores de la estación fueron válidas y los resultados obtenidos son los siguientes:

Pregunta No. 1.- ¿El sistema de tratamiento de residuales que posee la estación trabaja de manera adecuada?

El 100% de los trabajadores respondió que el sistema de tratamiento de residuales no funciona correctamente y exponen como causa que existe un pozo séptico con falta de capacidad.

Pregunta No. 2.- ¿Con qué frecuencia se limpia el sistema de tratamiento que posee la estación?

El 100% de los trabajadores concuerda en que la limpieza del pozo séptico se realiza una vez al año, siendo la falta de mantenimiento otra de las causas del problema.

Pregunta No. 3.- ¿Se toman muestras de las aguas grises y negras en la estación?

Si lo realiza el personal de laboratorio Químico de la empresa comprobando que los parámetros de contaminación están fuera del límite.

Pregunta No. 4.- ¿Quién es el encargado de realizar los estudios del agua en la estación?

El 100% de los trabajadores concuerda en que los estudios del agua son realizados por el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA.

Pregunta No. 5.- ¿Se discuten los resultados del estudio del agua con los trabajadores?

El 100% de los trabajadores concuerda en que los resultados de los estudios del agua son discutidos con ellos.

Pregunta No. 6.- ¿Qué acciones realizan en la estación para atenuar el derrame de aguas grises y negras al ambiente?

Para analizar las acciones que se llevan a cabo en la estación se agruparon en cuatro grandes grupos, cada trabajador mencionó más de una acción.

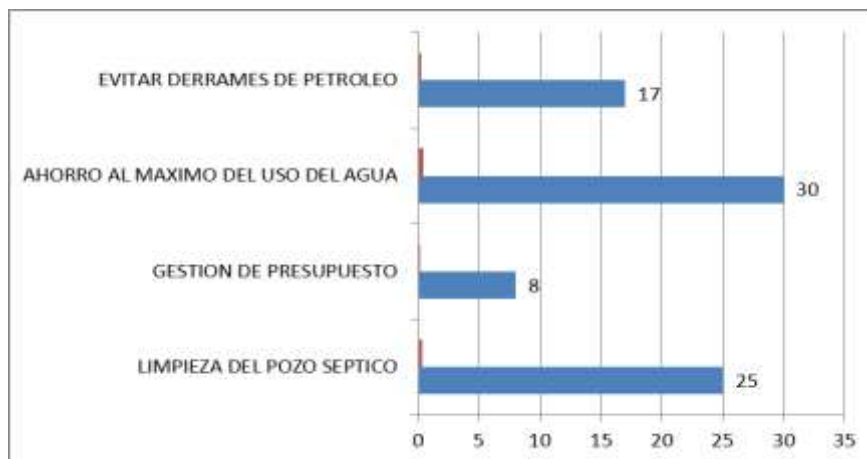


Figura 17. Acciones que realizan en la estación para disminuir el derrame

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Lo anterior demuestra que existe pleno conocimiento por parte de los trabajadores de la situación que existe en la estación y son partícipes de su solución temporal para atenuar los daños al ambiente.

Pregunta No. 7.- ¿Cuál considera usted que es la principal causa que provoca el derrame de las aguas grises y negras?

En esta pregunta el 100% de los encuestados coincidió en que la principal causa es la falta de capacidad y deterioro del pozo séptico.

Pregunta No. 8.- ¿Qué acciones considera usted que pudieran realizarse para eliminar el derrame de las aguas grises y negras en la estación?

En esta pregunta el 100% de los trabajadores coincidió en que la solución sería construir un sistema de residuales para el tratamiento de las aguas grises y negras. Lo anterior fundamentado por el amplio conocimiento de los trabajadores y por el nivel de información alto que le brinda la gerencia sobre posibles soluciones.

Resultados de los análisis de documentos

Se analizaron documentos de la empresa principalmente los estudios de aguas del año 2015 y el 2016.

En los tres últimos informes se evidencia que existen parámetros que están fuera de los valores permisibles.

Los parámetros de Demanda Química de Oxígeno, supera el límite permisible estipulado en la norma que es de < 80 mg/L superado con un valor de 128 mg/L.

El parámetro de Coliformes Fecales supera el límite permisible de <1000 UFC/ 100 ml con un valor de > 1108 UFC/ 100 ml.

Los parámetros pH y Cloro Residual se encuentra dentro de los límites permisibles especificados por la RAOHE.

Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de hipótesis primero se realiza el planteamiento de la misma:

H₀: El estudio de las aguas grises y negras en la estación Quijos **permitirá** determinar la incidencia en los niveles de contaminación que generan estas aguas.

H₁: El estudio de las aguas grises y negras en la estación Quijos **no permitirá** determinar la incidencia en los niveles de contaminación que generan estas aguas.

Se utiliza el Análisis Estadístico Chi Cuadrado. La hipótesis nula de la prueba postula una distribución de probabilidad totalmente especificada como el modelo matemático de la población que ha generado la muestra. Para realizar este contraste se disponen los datos en una tabla de frecuencias. Para cada valor o intervalo de valores se indica la frecuencia absoluta observada (FO). A continuación, y suponiendo que la hipótesis nula es cierta, se calculan para cada valor o intervalo de valores la frecuencia absoluta esperada (FE). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre la FO y FE y se define como:

$$X^2 = \sum \frac{(FO - FE)^2}{FE} \quad (4.1)$$

Se trabaja con un Nivel de significación $\alpha = 0,053$ y para la aceptación o el rechazo se toman los valores de la tabla como referencia (ver anexo 8):

Gl = 1, según tabla 3,841; si es mayor que el tabulado rechazo H₀

Gl = 2, según tabla 5,991; si es mayor que el tabulado rechazo H₀

Gl = 3, según tabla 7,815; si es mayor que el tabulado rechazo Ho

Gl = 4, según tabla 9,488; si es mayor que el tabulado rechazo Ho

Gl = 5, según tabla 11.070; si es mayor que el tabulado rechazo Ho

Se realizaron preguntas a 28 trabajadores y 28 pobladores sobre su consideración acerca de si el estudio de la contaminación de las aguas grises y negras en la estación Quijos permitirá determinar los niveles de contaminación que generan.

Tabla 18 Frecuencias observadas

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	POBLADORES	TOTAL
SIEMPRE	13	20	33
A VECES	15	8	23
TOTAL	28	28	56

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Tabla 19 Frecuencias esperadas

ALTERNATIVA	TRABAJADORES	POBLADORES	TOTAL
SIEMPRE	16.5	16.5	33
A VECES	11.5	11.5	23
TOTAL	28	28	56

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Después de calcular las frecuencias observadas y las esperadas, se calcula el

Estadístico Chi Cuadrado, como se muestra en la Tabla 20

Tabla 20 Cálculo de "chi" cuadrado

FO	FE	χ^2
13	16.5	0.74
20	16.5	0.74
15	11.5	1.07
8	11.5	1.07
TOTAL		3.62

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Como el valor de Chi Cuadrado calculado es menor que el tabulado se acepta la hipótesis nula es decir: el estudio de las aguas grises y negras de la Estación Quijos permitirá determinar la incidencia en los niveles de contaminación que generan estas aguas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se evaluó la capacidad del pozo séptico de la Estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de Eppetroecuador evidenciando que su volumen está saturado en aproximadamente un 97% motivo por el cual existe desbordamiento.
- El TPH está en los límites permisibles para el vertido en un cuerpo receptor, la DBO5 y DQO, son aguas que se las puede tratar con procesos biológicos, las variaciones de PH no son significativas, entre otras (ver tabla 23).
- Es imprescindible diseñar un nuevo sistema de tratamiento de aguas grises y negras para la Estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito.

Recomendaciones

- Dejar de utilizar el pozo séptico para evitar que continúen los desbordamientos de las aguas grises y negras.
- Planificar en la propuesta de solución un proceso biológico para el tratamiento de aguas grises y negras con el fin de garantizar los límites permisibles de estas aguas.
- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la capacidad idónea en correlación con los usuarios de la Estación Quijos.

CAPÍTULO V

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Tema

“DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y NEGRAS PARA LA ESTACIÓN QUIJOS DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO DE EPPETROECUADOR”.

Datos Informativos

El cantón Quijos forma parte de la provincia de Sucumbíos; localizado en la región amazónica ecuatoriana, está enclavado entre el flanco oriental de la Cordillera Real de los Andes y el sector de la Alta Amazonía.

El cantón posee una ubicación estratégica por ser la puerta de acceso principal desde la zona centro-norte del país hacia la amazonia ecuatoriana, por medio de la conocida “vía interoceánica”. Limita al norte con el cantón El Chaco, al este con el cantón Loreto en la provincia de Orellana, al sur con el cantón Archidona y al oeste con el Distrito Metropolitano de Quito. Cuenta con una superficie de 1589 km² y su altitud oscila entre los 5758 m.s.n.m. en las cumbres del volcán Antisana y los 1200 m.s.n.m. en el sector de Sumaco.

La Unidad Operativa Estación Quijos se encuentra localizada vía a Lago Agrio Km 72, en las coordenadas UTM 229076 Este y 9998443 Norte y la coordenada geográfica de 00°00’51” Latitud Sur y 77°26’02” Longitud Oeste.

El clima es templado frío y alcanza temperaturas promedio de 9.4 °C en varias zonas del cantón, mientras que en otras zonas la temperatura tiene un promedio de 16 °C la mayoría de los meses del año. Las precipitaciones oscilan entre los 1000

y los 1500 mm en las partes altas, llegando hasta los 3000 y 3500 mm en las zonas más bajas, la presión barométrica es de 687mm Hg y la velocidad del viento promedio es de 3,2 m/s con dirección al Este.

El área del terminal cuenta con una extensión aproximada de unas 25 hectáreas y el trabajo de la unidad se basa en el bombeo de productos limpios derivados del petróleo y GLP durante las 24 horas al día.

En la figura 18 se muestra la infraestructura de la estación.

Antecedentes de la propuesta

Se presenta el diseño de un nuevo sistema de tratamiento de residuales que permita procesar los residuos generados en la estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR con el fin de lograr un vertimiento final libre de contaminación.

Resulta necesario diseñar el sistema de tratamiento de residuales por las siguientes razones:



Figura 18. Infraestructura de la Estación Quijos

Fuente: Documentos internos de la Estación.

Elaborado por: El investigador.

- Al analizar la contaminación de las aguas grises y negras en la estación se constató que los parámetros que están fuera de límites son Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Fecales.
- Se evaluó además la capacidad del pozo séptico evidenciando que es insuficiente y que esta es la causa principal del derrame de las aguas grises y negras que existe en la actualidad.
- Se comprobó además que estos resultados son fiables pues se contratan los servicios de CESTTA, se analizan las muestras en LABCESTTA y se cumplen los requerimientos y estándares de la RAHOE durante la realización de los estudios del agua residual de la estación.
- Las principales incidencias al ambiente son: contaminación de los suelos, contaminación de los ríos, deterioro de los cultivos y contaminación del agua de consumo.
- Además se comprueba que los malos olores son una afección más para los trabajadores de la estación y los pobladores de la comunidad vecina.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar el sistema de tratamiento de aguas grises y negras para la estación “Quijos” del Poliducto Shushufindi-Quito de EPPETROECUADOR.

Objetivo Específicos

- Diseñar un sistema para los ocupantes de la Estación Quijos
- Desarrollar un filtro biológico alternativo
- Analizar las posibles alternativas de tratamiento que se adecuan a las características de la estación.
- Elaborar un esquema del sistema de tratamiento de aguas residuales.

Justificación de la propuesta

Consideraciones para diseñar un sistema de tratamiento

Para el diseño de un sistema de tratamiento eficiente y adecuado deben tomarse en cuenta las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales incluyendo el flujo. El flujo de las aguas residuales, determina el tamaño del sistema por lo que las tasas mínimas y máximas de flujo deben calcularse de la manera más precisa posible. Las características físicas importantes incluyen sólidos, temperatura, color y olor. Los sólidos en forma de residuos flotantes y capas de grasa y aceite indican residuos altamente contaminados. Los sólidos en suspensión contribuyen a la turbiedad y a arrastres y por lo general tienen que ser removidos mediante sedimentación o filtración.

La temperatura es un parámetro importante, ya que afecta las reacciones químicas y biológicas y la solubilidad de gases, como el oxígeno. En general, las altas

temperaturas elevan las tasas de reacción y solubilidad hasta el punto en que la temperatura se vuelve lo bastante alta (aproximadamente 35 °C) para inhibir la actividad de la mayoría de microorganismos.

El color y olor sirven como indicadores del grado de contaminación de residuos y puede ser un signo de un pre tratamiento inadecuado antes de la descarga.

Las características químicas importantes de las aguas residuales incluyen sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas en solución y gases. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un indicador de la cantidad de sustancias orgánicas de origen biológico (proteínas, carbohidratos, grasas y aceites) y de productos químicos orgánicos, sintéticos y biodegradables en las aguas residuales.

La comparación entre la DBO de las aguas residuales afluentes y los efluentes tratados permite medir la efectividad del sistema para estabilizar la sustancia orgánica.

La demanda química de oxígeno (DQO) es un indicador de las sustancias biodegradables y no biodegradables. La proporción entre la DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno en una prueba de 5 días) y la DQO es un indicador del tratamiento biológico.

Los elementos inorgánicos comunes en las aguas residuales incluyen cloruro, iones de hidrógeno (que influyen en el pH), compuestos que causan alcalinidad, nitrógeno, fósforo y azufre. El nitrógeno y fósforo son los nutrientes esenciales para el crecimiento de plantas y cuando se encuentran en exceso en los efluentes tratados y descargados a las aguas superficiales, pueden causar un crecimiento excesivo de algas.

Las concentraciones de metales pesados y otros compuestos tóxicos son consideraciones importantes en el diseño, así como es el establecimiento y el cumplimiento de los estándares de pre tratamiento para evitar que los procesos de tratamiento sufran un exceso de tóxicos.

El tipo de gases en las aguas residuales tratadas indica si se está produciendo una degradación aerobia o anaerobia. La mayoría de procesos biológicos deben ser aerobios, por ello, el mantenimiento del oxígeno disuelto es un elemento básico del diseño. La degradación anaerobia, indicada por la presencia de gases tales como sulfuro de hidrógeno y metano, tiende a generar productos finales nocivos y representa un diseño inadecuado, a menos que se use un proceso específico de tratamiento anaerobio.

Análisis de la situación del sistema de tratamiento existente

En la estación actualmente solo existe un tratamiento primario de aguas residuales a través de un tanque séptico donde se produce la sedimentación eliminando los sólidos sedimentables formando una capa de fango en la parte inferior, las grasas y demás materiales ligeros flotan en la superficie, dando lugar a una capa de espuma formada por acumulación de materia flotante. El agua residual decantada y libre de flotantes fluye hacia el exterior y es la que causa el derrame.

La ubicación del tanque séptico en la estación esta accesible para su limpieza y mantenimiento, está a más de 3 metros de cada edificación y a 18 metros de las fuentes de agua, por lo que tiene espacio a su alrededor para la construcción del sistema de tratamiento.

El tanque es rectangular y mide 4 x 3 x 2 m que son el largo, el ancho y la profundidad, incluyendo los 20 cm del grosor de las paredes. El volumen del pozo séptico es:

4 m de largo * 3 m de ancho * 2 m de profundidad = 24 m³ de capacidad

Tiene ventilación de gases en una tubería de PVC de 6 pulgadas. La tapa de revisión es de 55 x 55 cm, la entrada está al nivel de la tapa del tanque y la salida 20 cm más abajo, ambas con tubería PVC, la entrada de 6 pulgadas y la salida de 4 pulgadas como muestra la Figura 19.

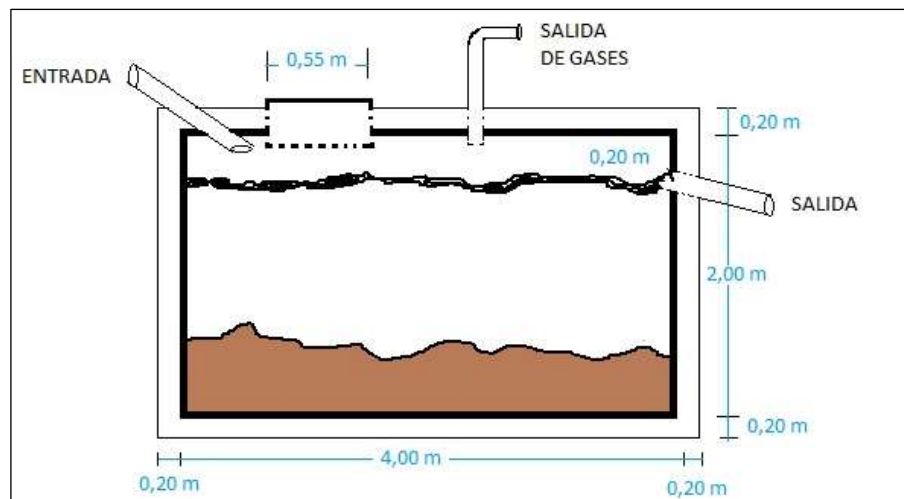


Figura 19. Dimensiones del tanque séptico

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Para determinar la eficiencia del tanque se realizó un muestreo durante 10 días, se definieron dos puntos de muestreo uno a la entrada de la caja de revisión y otro en la descarga de la fosa séptica. Se tomó una muestra diaria en cada punto, se analizaron en el Laboratorio de Análisis Ambiental e Inspección LABCESTTA y se tomaron los valores medios de cada parámetro analizado para determinar su eficiencia de remoción. Los resultados del laboratorio no se muestran en anexos

porque la empresa considera esa información de carácter confidencial. Los valores resultantes se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21 Eficiencia de remoción del tanque séptico

Parámetros	Unidades	Afluente	Efluente	Eficiencia %
Sólidos suspendidos	mg/L	161.6	140.8	12.8
Aceites y grasas	mg/L	22.6	3.9	82.7
DBO5	mg/L	234	168.1	28.2
DQO	mg/L	543.5	280.8	48.3
Sólidos sedimentables	ml/L	0.2	0.1	50

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Como se puede observar en la Tabla 21, la remoción de sólidos suspendidos es ineficiente, pues debe estar entre un 50 y 70%, esto se debe a la falta de mantenimiento del pozo y con una limpieza adecuada se resuelve este problema.

Se analizó el caudal en el punto de descarga del tanque mediante el método volumétrico, se realizaron 7 mediciones en muestreos durante 10 días. A las mediciones se les realizó un análisis estadístico de probabilidad y se determinaron los valores máximo, medio y mínimo que se muestran a continuación:

Tabla 22 Caudales de diseño

Caudales l/min		
Máximo	Medio	Mínimo
6.67	4.32	0.87

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Para analizar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua se realizó un muestreo durante 10 días y se tomaron muestras en dos puntos, en la entrada del tanque y a la salida, analizados en LABCESTTA. Al igual que con el caudal se realizó un análisis estadístico para determinar los valores máximo, medio y mínimo.

Tabla 23 Valores máximo, medio y mínimo de los parámetros del agua residual en el afluente y el efluente

Parámetros	Uni.	Afluente			Efluente		
		Máximo	Medio	Mínimo	Máximo	Medio	Mínimo
Físicos							
Temperatura	°C	18.9	17.82	16.9	19.1	19.96	17.2
Sólidos suspendidos	mg/l	810	161.575	67	207	140.831	102
Sólidos sedimentables	mg/l	0.3	0.2	0.1	0.1	0.100	<0.1
Químicos							
PH	PH	8.02	7.5	6.94	7.49	7.32	7.19
Aceites y grasas	mg/l	396	22.570	3.3	6.9	3.907	1.9
DBO5	mg/l	440	234.017	73.4	208	168.107	117
DQO	mg/l	2298	543.457	172	334	280.767	219
TPH (hidrocarburos totales)	mg/l	1.4	0.443	<0.2	0.3	0.212	<0.2
Sustancias tenso activas	mg/l	4.23	1.966	0.76	4.03	2.607	1.4
Bacteriológicos							
Coliformes fecales	NMP/10 0ml	>2420	>2420	>2420	>2420	>2420	>2420

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Como se puede apreciar en la tabla, los datos muestran que:

- La remoción de sólidos suspendidos es baja
- Hay buena retención de sólidos sedimentables
- Las variaciones del PH no son significativas
- Hay gran remoción de aceites y grasas
- Hay un alto grado de contaminación por el valor elevado de DBO
- Se ha logrado reducir gran parte de la materia orgánica degradable y no biodegradable
- El TPH está en los límites permisibles para el vertido en un cuerpo receptor
- El agua en el tanque está saturada de sustancias tenso activas por el aumento en la concentración de las mismas.
- La cantidad de Coliformes se mantiene estable ya que ellos no varían en el agua.
- La relación entre la DB05 y la DBO es 0.8 por lo que estas aguas son fácilmente tratables mediante procesos biológicos.

Análisis de posibles alternativas de tratamiento

Se analizan dos alternativas posibles para el diseño de un tratamiento secundario:

- Un filtro biológico con piedra como medio de contacto
- Un filtro biológico con plástico (PVC) como medio de contacto

Se propone someter el efluente de la fosa séptica a un tratamiento biológico para que se adecuen a los límites permisibles los parámetros DBO5, DQO, Aceites y Grasas, Coliformes fecales, Sólidos Suspendidos y Sustancias tenso activas,

porque al comparar los valores obtenidos en la Tabla 23 con los valores permisibles según los estándares de la RAHOE (Anexo 7) son los que se encuentran fuera de los límites permisibles.

Los filtros biológicos son procesos de cultivo fijo de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables de que la materia orgánica u otros constituyentes del agua residual se conviertan en gases y tejido celular, están fijados a un medio inerte, tal como piedras, escorias, o materiales cerámicos y plásticos especialmente diseñados para cumplir con esta función.

El filtro biológico con piedra, al igual que el filtro biológico con plástico se desempeñan bajo un mismo proceso; poner en contacto aguas servidas con biomasa (microorganismos) adherida al medio de contacto de soporte fijo que es sumamente permeable, constituyendo un lecho de oxidación biológica.

La materia orgánica presente en el agua residual se degrada por la acción de la población de microorganismos adherida al medio. Cuando los microorganismos crecen, aumenta el espesor del cultivo, y el oxígeno se consume antes de que pueda penetrar en todo el espesor del cultivo. Por lo tanto, en la proximidad de la superficie del medio, se crea un ambiente anaerobio.

Conforme el cultivo aumenta de espesor, la materia orgánica absorbida se metaboliza antes de que pueda alcanzar los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante. La consecuencia de no disponer de una fuente orgánica externa de carbono celular es que los microorganismos situados cerca de la superficie del medio filtrante se hallan en la fase de crecimiento endógena, en la que pierden la capacidad de adherirse a la superficie del medio, ya que al agotarse el suministro de substrato disponible, los microorganismos empiezan a consumir

su propio protoplasma para obtener energía para las reacciones de mantenimiento celular. En estas condiciones, el líquido arrastra el cultivo a su paso por el medio, y se inicia el crecimiento de una nueva capa biológica.

Este fenómeno de pérdida del cultivo biológico, conocido como arrastre, es básicamente función de la carga hidráulica y orgánica del filtro. La carga hidráulica origina las velocidades de arrastre, y la carga orgánica influye en la velocidad de metabolismo en la capa biológica. La capa bacterial que se desprende del lecho pasa luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados.

Justificación de la alternativa seleccionada

Para elegir entre una alternativa u otra se realizó un análisis comparativo. El medio filtrante para las alternativas propuestas es piedra y plástico adecuado para tal fin. Se pueden considerar la piedra de río pequeña y grande y el plástico convencional o de alta superficie. Se consideran las ventajas y desventajas de cada alternativa y luego se comparan según diferentes parámetros otorgando una valoración, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24 Parámetros de valoración

Parámetros	Valoración
Muy Satisfactorio	3
Satisfactorio	2
Poco Satisfactorio	1

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Alternativa 1. Un filtro biológico con piedra como medio de contacto

Ventajas

- Su precio de costo es relativamente bajo

Desventajas

- No pueden sobrepasar profundidades de 1 a 2,5 m
- Las piedras deben ser de tamaño uniforme para asegurar el volumen de vacíos adecuado para el paso del agua y circulación del aire. El tamaño efectivo de la roca es de 75 a 125 milímetros. Las piedras de menor diámetro no proporcionan suficiente volumen de vacíos y las demasiado grandes, tienen área superficial insuficiente para el crecimiento biológico

Alternativa 2. Un filtro biológico con plástico (PVC) como medio de contacto

Ventajas

- Permiten profundidades del relleno hasta de 12 m
- Pueden llegar a cargas hidráulicas elevadas hasta $2,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s} \cdot \text{m}^2$
- Tienen superficies específicas de hasta $220 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ de volumen total
- Existe un riesgo menor de quedar obstruidos por las aguas residuales que arrastran cantidades importantes de sólidos en suspensión
- Debido a su peso ligero requieren una estructura de soporte más barata

Desventajas

- Su precio comparativamente elevado

- Resultan inadecuados para obtener rendimientos en el tratamiento de las aguas residuales relativamente importante al compararlos con los que se consiguen con los rellenos normales

Las dos propiedades más importantes de los filtros percoladores son la superficie específica y el porcentaje de huecos. La superficie específica se define como los m² de superficie de relleno por m³ de volumen total. Cuanto mayor sea la superficie específica mayor será la cantidad de limo biológico por unidad de volumen. Por otra parte, a mayor porcentaje de huecos se consiguen cargas hidráulicas superiores sin peligro de inundación. Mientras que los lechos rellenos de roca, no pueden sobrepasar profundidades de 1 a 2,5 m, los lechos de materiales sintéticos pueden soportar profundidades entre 6 y 12 m.

La remoción de contaminantes que se puede obtener con cada tipo de filtro es la siguiente:

- DBO: Piedra 65 – 80%, Plástico 65 – 85%
- DBQ: Piedra 60 – 80%, Plástico 65 – 85%
- Sólidos suspendidos: Piedra 60 – 85%, Plástico 65 – 85%

A mayor porcentaje se consiguen cargas hidráulicas superiores evitando la inundación. Según Metcalf (1995), en cuanto al porcentaje de huecos, las alternativas se comportan de la siguiente forma:

- Piedra de río: Pequeña 40-50%, Grande 50-60%
- Plástico: Convencional 94-97%, Alta superficie específica 94-97%

Las alternativas posibles son filtros de baja carga, lentos en los cuales el agua hace un solo paso a través del medio de contacto, con cargas volumétricas bajas,

Permitiendo además una nitrificación relativamente completa. La pérdida de carga a través del filtro puede ser de 1,5 a 3 m, lo cual puede ser desventajoso si el sitio es muy plano; sin embargo, el sitio previsto para la implantación de este proyecto es de pendiente favorable, lo que implica una ventaja al no requerir de energía.

Estos tipos de filtro son seguros y simples de operar. Producen una composición del efluente bastante estable, pero crean problemas de olores y moscas. En ambas alternativas hay la misma generación de olores.

Aunque inicialmente el costo de un filtro con piedra de contacto es más económico, el peso ligero del plástico influye en la manipulación que se le pueda dar por lo que se facilita y abarata el mantenimiento del sistema.

En la tabla 25, se muestra un resumen comparativo de las dos alternativas, tomando los parámetros de valoración de la Tabla 24.

Tabla 25 Comparación de las alternativas

Parámetros	Factor de ponderación	Alternativa 1	Alternativa 2
Remoción de contaminante DBO	5%	$2*0,05=0,1$	$2*0,05=0,1$
Remoción de contaminante DBQ	5%	$2*0,05=0,1$	$3*0,05=0,15$
Sólidos suspendidos	10%	$2*0,1=0,2$	$2*0,1=0,2$
Superficie específica	25%	$1*0,25=0,25$	$3*0,25=0,75$
porcentaje de huecos	25%	$1*0,25=0,25$	$3*0,25=0,75$
Generación de malos olores	5%	$2*0,05=0,1$	$2*0,05=0,1$
Operabilidad	5%	$2*0,05=0,1$	$2*0,05=0,1$
Costo de implementación del sistema	10%	$3*0,1=0,3$	$2*0,1=0,2$
Costo de mantenimiento del sistema	10%	$1*0,1=0,1$	$3*0,1=0,3$
TOTALES	100%	1,5	2,65

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Se elige desarrollar un filtro biológico con plástico (PVC) como medio de contacto, debido a que tiene mayor superficie específica y mayor será la cantidad de limo por unidad de volumen; tiene mayor tolerancia orgánica debido a que tiene mayor superficie específica; al tener mayor porcentaje de huecos se consiguen cargas hidráulicas superiores facilitando el flujo sin peligro de

inundación y disminuyendo el riesgo de quedar obstruido por las aguas residuales que arrastran grandes cantidades de sólidos en suspensión, se mantiene una aireación adecuada por el paso libre del agua y el aire.

Desarrollo de la propuesta

Se propone un filtro biológico cuadrado con plástico (PVC) como medio de contacto con profundidad de 1.5 metros.

El proceso de tratamiento mediante filtro biológico requiere esencialmente una unidad de sedimentación indispensable para retener los sólidos removidos de la capa bacterial que se desprende del medio de contacto. La función del tanque de sedimentación que sigue al filtro es la producción de un efluente clarificado al efectuar la separación de los lodos formados.

El sistema de tratamiento se muestra en la Figura 20.

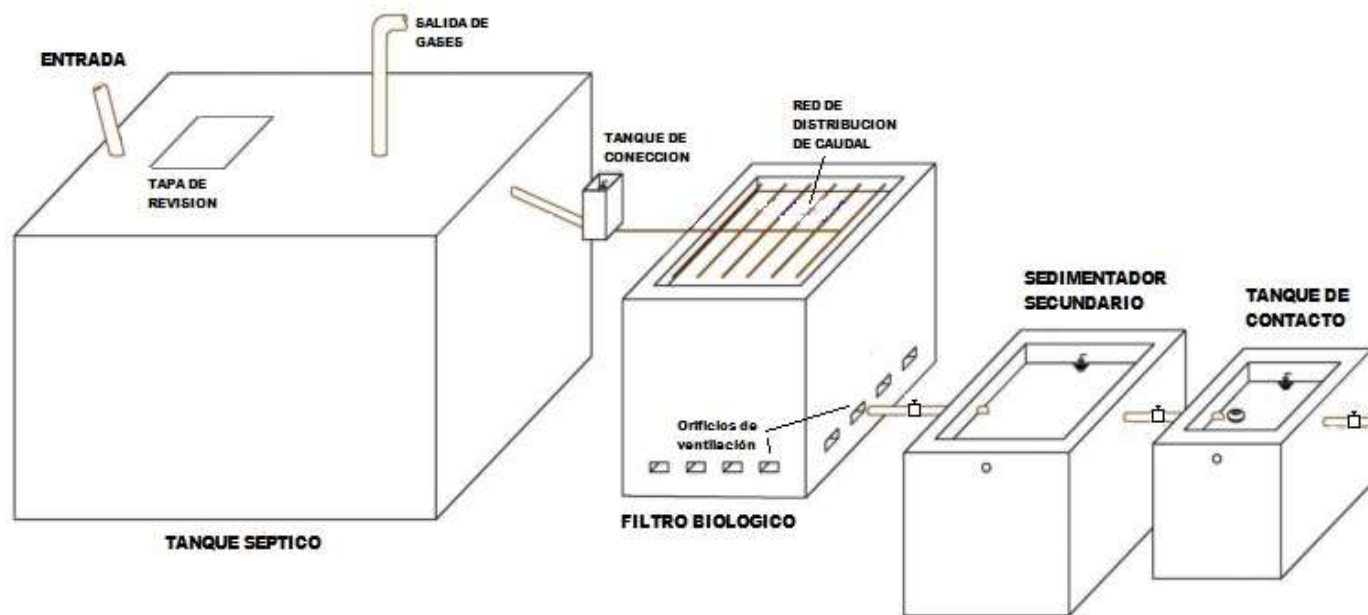


Figura 20. Sistema de tratamiento de aguas residuales estación Quijos.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

De manera general el funcionamiento del sistema de tratamiento sería el siguiente: en el tanque séptico se realiza un tratamiento primario de sedimentación para eliminar la materia sólida, luego el efluente pasa al tanque de conexión que sirve para establecer la conexión con las tuberías que conducen el agua al sistema de distribución de caudal para el filtro biológico. El filtro absorbe y descompone el material orgánico del agua, en el sedimentador secundario se retienen los sólidos de la película removida del material filtrante que es arrastrada con el agua para obtener un efluente clarificado, que pasa al tanque de contacto para la desinfección.

Diseño del filtro biológico

Para determinar los valores de los parámetros y las variables que se toman en cuenta en el diseño, se parte de los resultados de la Tabla 23 del acápite anterior y se utilizan las fórmulas dadas por Bruce y Merkens para determinar eficiencia y rendimiento. Se toman además los siguientes valores para los cálculos:

- $S=94\%$ área específica del medio de contacto. (Ver página 105).
- $Q=6.67\text{L}/\text{min}= 0.4\text{m}^3/\text{h}=0.000011\text{m}^3/\text{s}=9.6\text{m}^3/\text{d}$, valor del Caudal tomado de la Tabla 22.

Constante de tratabilidad (KT).- efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción de un proceso biológico.

$$\begin{aligned}
 K_T &= 0.037(1.08)^{T[^\circ\text{C}]-15} & (5.1) \\
 &= 0.037(1.08)^{19.1-15} \\
 &= 0.051
 \end{aligned}$$

Volumen del filtro (VF).- capacidad del filtro.

$$VF = \frac{Q \ln \left[\frac{DBO_{AFLUENTE}}{DBO_{EFLUENTE}} \right]}{K_T * S} \quad (5.2)$$

Dónde: Q = Caudal $\left(\frac{m^3}{d} \right)$

Kt = Constante de tratabilidad

S = Área específica del medio de contacto

$$= \frac{9.6 \left(\frac{m^3}{d} \right) \ln \left[\frac{440 \frac{mg}{L}}{208 \frac{mg}{L}} \right]}{0.051 \times 94}$$

$$= 1.50 m^3$$

Eficiencia requerida (E).- remoción de DBO que se requiere.

$$E = \frac{DBO_{AFLUENTE} - DBO_{EFLUENTE}}{DBO_{AFLUENTE}} \times 100 \quad (5.3)$$

$$= \frac{440 - 208}{440} \times 100$$

$$= 52,72 = 53\%$$

Área superficial del filtro (AF).- se calcula con la relación entre el volumen del filtro (VF) y la profundidad (P).

$$AF = \frac{v_F}{P} \quad (5.4)$$

$$= \frac{1.50 m^3}{1.5 m}$$

$$= 1.0 \text{ m}^2$$

Largo y ancho del filtro (L).- Puesto que el filtro es cuadrado, el largo y ancho se determinan con la raíz cuadrada del área (A).

$$L = \sqrt{A_F} \quad (5.5)$$

$$= \sqrt{1.00 \text{ m}^2}$$

$$= 1.0 \text{ m}$$

Carga orgánica afluyente al filtro (W).- Es la cantidad de materia orgánica, medida como DBO aplicada.

$$W = \frac{C \times Q}{1 \times 10^3} \quad (5.6)$$

$$= \frac{208 \text{ Kg/m}^3 * 9.6 \text{ m}^3/\text{d}}{10^3}$$

$$= 1.99 \text{ kg/d} = 2.00 \text{ kg/d}$$

C- Concentración de DBO $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$

Carga hidráulica superficial (CHS) y volumétrica (CHV).- La carga hidráulica superficial se calcula en base al caudal aplicado (Q) y el área superficial del filtro (AF), y la carga hidráulica volumétrica es la relación entre el caudal aplicado (Q) y el volumen del filtro (VF).

$$\text{CHS} = \frac{Q}{A_F} \quad (5.7)$$

$$= \frac{9.6 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1.0 \text{ m}^2}$$

$$= 9.6 \frac{m^3}{m^2 d}$$

$$\text{CHV} = \frac{Q}{V_F} \quad (5.8)$$

$$= \frac{9.6 \frac{m^3}{d}}{1.5 m^3}$$

$$= 6.4 \frac{m^3}{m^3 d}$$

Carga orgánica superficial (COS) y volumétrica (COV).- La carga orgánica superficial se calcula con la relación entre la carga orgánica (W) aplicada para el área superficial del filtro (AF) y para el cálculo de la carga orgánica volumétrica se relaciona la carga orgánica (W) con el volumen del filtro (VF).

$$\text{COS} = \frac{W}{A_F} \quad (5.9)$$

$$= \frac{2.00 \text{ kg/d}}{1.0 m^2}$$

$$= 2.00 \frac{\text{kg}}{m^2 d}$$

$$\text{COV} = \frac{W}{V_F} \quad (5.10)$$

$$= \frac{2.00 \frac{\text{kg}}{d}}{1.5 m^3}$$

$$= 1.33 \frac{\text{kg}}{m^3 d}$$

Las aguas ingresan de manera uniforme al filtro a través de un sistema de tuberías dimensionadas para que la descarga sea la misma por cada orificio, para ello hay que ajustar el tamaño de la tubería de tal forma que la pérdida de energía en la

tubería sea mínima en comparación con la pérdida de energía a través de los orificios.

Se proponen 10 tuberías laterales de 0.45m cada una con 3 orificios de 2 mm de diámetro, el diámetro de la tubería será de media pulgada, con espacios entre los orificios de 15 cm y entre las tuberías de 10cm (Ver Figura 2.1).

Flujo en cada lateral (q_L): en el sistema de distribución son 10 laterales, el flujo que pasa por cada uno se determina empleando el caudal total a tratar (Q).

$$\begin{aligned} q_L &= \frac{Q}{\# \text{ LATERALES}} \quad (5.11) \\ &= \frac{6.67 \text{ L/min}}{10} \\ &= 0.667 \frac{\text{L}}{\text{min}} \end{aligned}$$

Caudal en el último orificio de cada lateral (q_n): se considera que la descarga debe ser la misma en los tres orificios de cada lateral.

$$\begin{aligned} q_n &= \frac{q_L}{\# \text{ ORIFICIOS}} \quad (5.12) \\ &= \frac{0.667 \text{ L/min}}{3} \\ &= 0.222 \text{ L/min} \end{aligned}$$

Energía sobre el último orificio (h_n): se toma como diámetro de cada orificio 2mm y se fija el valor del coeficiente de descarga (C_d) en 0.61 para orificios comunes de pared delgada.

$$h_n = \frac{\left[\frac{4q_n}{C_d \pi D^2 * 1000 * 60} \right]^2}{2g} \quad (5.13)$$

Dónde:

D: Diámetro del orificio.

Ca: Coeficiente de descarga.

$$= \frac{\left[\frac{4 * 0,222 \frac{l}{min}}{0,61 * 3,1416 * (0,002m)^2 * 1000 * 60} \right]^2}{\frac{2 * 9,8m}{s^2}}$$

$$= 0,19 \text{ m.} = 19 \text{ cm.}$$

Pérdida por fricción en la tubería sin orificios (h_{fr}): las tuberías laterales son de 0.45m con diámetro de 1.27 cm (media pulgada y se toma el coeficiente $C=140$ por ser rectas y lisas) y considerando el espacio entre el orificio 1 al 3. Se utiliza la fórmula de Hazen Williams.

$$h_{fr} = 10,67 * L * \left[\frac{qL}{C} \right]^{1,85} \cdot D_{TUBERIA}^{-4,87} \quad (5.14)$$

Dónde:

L: Longitud de una tubería lateral (m.)

qL: Flujo circulante en la tubería lateral ($\frac{m^3}{s}$)

C: Coeficiente de pérdidas en la tubería, en este caso se toma un valor de 140 que corresponde a tuberías de PVC.

$D_{TUBERIA}$: Diámetro de la tubería lateral (m.)

$$\rightarrow qL = 0,667 \left(\frac{l}{min} \right) = 1,11167 * 10^{-5} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$\rightarrow = 10,67 * 0,45(m) * \left[\frac{1,11167 * 10^{-5} \left(\frac{m^3}{s} \right)}{140} \right]^{1.85} * 0,0127(m)^{-4.87}$$

$$= 6,0335 * 10^{-4} (m.) = 0,0603 (cm.)$$

Pérdida de fricción en la tubería de distribución (h_{fTD}): La pérdida debe repartirse uniformemente, como se consideró el espacio comprendido entre el orificio 1 al 3, se distribuye para un solo orificio.

$$h_{fTD} = h_{fT=\Delta h_{1-n}} = 0,0603 \text{ cm.}$$

Energía en el primer orificio (h₁): se calcula

$$h_1 = h_n + \Delta h_{1-n} \quad (5.15)$$

Dónde: “h_n”: Altura de energía en la tubería de distribución.

$$\rightarrow h_n = \frac{V^2}{2 * g} = \frac{(4 * Q)^2}{2 * g * (\pi * D^2)^2} = \frac{(4 * 1,11167 * 10^{-4} \left(\frac{m^3}{s} \right))^2}{19,6 \left(\frac{m}{s^2} \right) * (\pi * 0,0127^2)^2} = 0,03929$$

(m.)

$$\rightarrow h_n = 3,929 (cm.) = 4,00 (cm.)$$

$$\rightarrow h_1 = 4 \text{ cm} + 0,0603 \text{ cm} = 4,0603 \text{ cm.}$$

Valor de M: se emplea para comprobar que la pérdida de energía en la tubería no exceda el 2% en relación a la pérdida a través de los orificios.

$$M = \sqrt{\frac{h_n}{h_1}} \quad (5.16)$$

$$= \sqrt{\frac{4,00 \text{ cm}}{4,0603 \text{ cm}}}$$

$$= 0.9925$$

La diferencia en la descarga entre el primer y el último orificio en cada lateral se calcula de la siguiente forma:

$$(1-M) * 100 = (1-0.9925) * 100 = 0.75\%$$

El diseño del filtro biológico se muestra en la Figura 21.

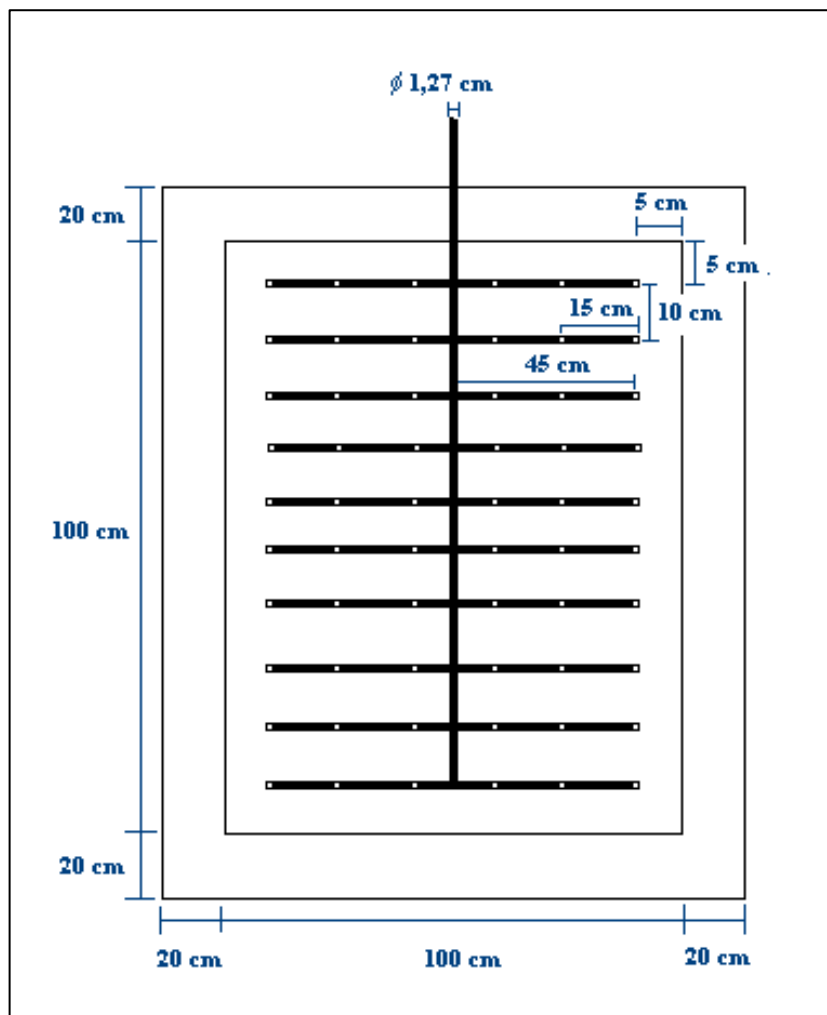


Figura 21. Filtro Biológico

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Las tuberías y accesorios serán de PVC, el agua llega al filtro por la parte superior mediante una tubería de 1,27 cm, considerando que a la salida del tanque séptico la tubería es de 10 cm, se instala un tanque de conexión a 34.677 cm de la tubería de descarga del tanque séptico, cuya altura efectiva deberá ser de 36.210 cm.

En el sistema de distribución de caudales se empelará una tubería de 1,27 cm que se colocará a una altura de 15 cm sobre la superficie del filtro. A la salida del filtro, al nivel del canal de desagüe se colocará una tubería de 8,90 cm.

Diseño del sedimentador secundario

Según Metcalf (1995), los sedimentadores deben tener los valores medios que se muestran en los siguientes parámetros:

- Velocidad ascensional, 0.7 – 1.0 m³/m².h
- Carga de superficie, 0.68 – 1.02 m³/m²
- Carga de sólidos, 2.9 – 4.9 Kg/m².h
- Tiempo de retención, 1.5-2.5 h
- Profundidad 3.0 – 4.5 m

Superficie del sedimentador (A).- relación entre el caudal (Q) y la velocidad ascensional (v_{asc}).

$$A = \frac{Q}{V_{ASC}} \quad (5.17)$$

$$= \frac{0.4 \text{ m}^3 / \text{h}}{0.7 \text{ m} / \text{h}}$$

$$= 0.571 \text{ m}^2$$

Largo y ancho del sedimentador (LS).- Ya que el sedimentador será cuadrado, el largo y ancho se calcula directamente con la raíz cuadrada del área superficial del sedimentador (A).

$$L=S = \sqrt{A} \quad (5.18)$$

$$L=S=\sqrt{0.571m^2}$$

$$L = S = 0.7589 \Rightarrow \approx 0.80m$$

Volumen del sedimentador (VS).- La capacidad del sedimentador

$$V_s=Q * T_R \quad (5.19)$$

$$=0.4 \frac{m^3}{h} * 1,5 h$$

$$=0.6m^3$$

Altura (hS).- La altura se calcula con la relación entre el volumen (VS) y el área superficial del sedimentador (AS).

$$H_s = \frac{V_s}{A_s} \quad (5.20)$$

$$= \frac{0.6m^3}{0.571m^2}$$

$$= 1,05m = 1m$$

Para calcular la producción de fango en el sedimentador secundario, primero se determina la DBO eliminada en el proceso del filtro biológico, calculando el producto entre la carga orgánica aplicada (W) y la eficiencia del filtro (E). Se establece con la siguiente fórmula:

$$\text{DBO}_{\text{ELIMINADA}} = E * W = 0.53 * 2,00 \text{ kg/d} = 1,06 \text{ kg/d}$$

Posteriormente, se establece la producción de fango utilizando los valores mínimos recomendados de SST y SSV* en porcentajes de Kg siguientes (cita...):

- %Kg de SST por Kg de DBO5 eliminada: 0.65

$$F_{\text{SST}} = \% \text{ Kg de SST} * \text{DBO}_{\text{eliminada}} = 0.65 * 1,06 \text{ kg/d} = 0,689 \text{ Kg SST/d}$$

- %Kg de SSV por Kg de DBO5 eliminada: 0.40

$$F_{\text{SSV}} = \% \text{ Kg de SSV} * \text{DBO}_{\text{eliminada}} = 0.40 * 1,06 \text{ kg/d} = 0,424 \text{ Kg SSV/d}$$

*SST: *Sólidos Suspendidos Totales.*

SSV: *Sólidos Suspendidos Volátiles.*

Para el dimensionamiento de la línea de fangos, se utilizan los valores referenciales (Metcalf, 1995) de cantidades de sólidos per cápita y de concentraciones de sólidos para lodos provenientes de la fosa séptica y del filtro biológico siguientes:

- Lodo crudo húmedo de la fosa séptica: 54 g/cd de sólido secos y de 2,5 a 5% de contenido de sólidos.
- Lodo secundario húmedo de filtro biológico: 13 g/cd de sólido secos y de 5 a 10% de contenido de sólidos.

Para el diseño del sedimentador hay que tener en cuenta la cantidad de sólidos que entran diariamente al mismo. Para este estudio se toman valores recomendados en la literatura (Metcalf, 1995).

Carga hidráulica (C_H): Se recomienda que este valor debe ser menor que $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$, se fija el valor $C_H = 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$.

Tiempo de retención (TR): se toma el valor $T_R=24h$.

La cantidad de fango generada es pequeña por lo que no se recomienda realizar ningún tratamiento de lodos sino evacuar los lodos del sedimentador cada seis meses. Se calcula el volumen adicional necesario para el almacenamiento de lodos en el sedimentador secundario.

$$\begin{aligned}
 V_{LS} &= \frac{F_{SST} - F_{SSV}}{d \text{ lodo}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * 6 \text{ meses} \quad (5.21) \\
 &= \frac{0.6879 \left(\frac{Kg}{día}\right) - 0.424 \left(\frac{Kg}{día}\right)}{800 \left(\frac{Kg}{m^3}\right)} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} * 6 \text{ meses} \\
 &= 0,059 m^3 = 0,06 m^3
 \end{aligned}$$

Volumen total del sedimentador secundario (VRS): Es el volumen que se requiere para la sedimentación más el volumen para almacenar los lodos. Se asume que se manejan un total de $0,06 m^3$ de lodos.

$$\begin{aligned}
 V_{RS} &= V_S + V_{LS} \quad (5.22) \\
 &= 0,6 m^3 + 0,06 m^3 \\
 &= 0,66 m^3
 \end{aligned}$$

Tiempo de retención (TR): depende de la cantidad de fango que se haya acumulado, a los 6 meses cuando la capacidad del tanque esté completa con respecto al fango, el $T_R=1.5h$ y cuando el sedimentador está sin fango en el fondo el $T_R=3.8h$.

Área del sedimentador (A_{RS}): se considera la altura sin tomar en cuenta el fango es de 1m y considerando el fango se establece una altura de 1.3 para el sedimentador.

$$\begin{aligned} A_{RS} &= \frac{V_{RS}}{h_R} \quad (5.23) \\ &= \frac{0.66 \text{ m}^3}{1.3\text{m}} \\ &= 0,506 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Largo y ancho real del sedimentador (L_{RS}): debido a que el sedimentador es de sección cuadrada, se obtiene el largo y el ancho con la raíz cuadrada del área.

$$\begin{aligned} L_{RS} &= \sqrt{A_{RS}} \quad (5.24) \\ &= \sqrt{0.506\text{m}^2} \\ &= 0,71 \text{ m} = 71\text{cm}. \end{aligned}$$

Velocidad ascensional real ($V_{asc\ real}$): se obtiene con la relación entre el caudal y el área del sedimentador.

$$\begin{aligned} V_{asc\ real} &= \frac{Q}{A_{RS}} \quad (5.25) \\ &= \frac{0,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0.506 \text{ m}^2} \\ &= 0.80 \text{ m/h} \end{aligned}$$

El diseño del sedimentador secundario se muestra en la figura 22.

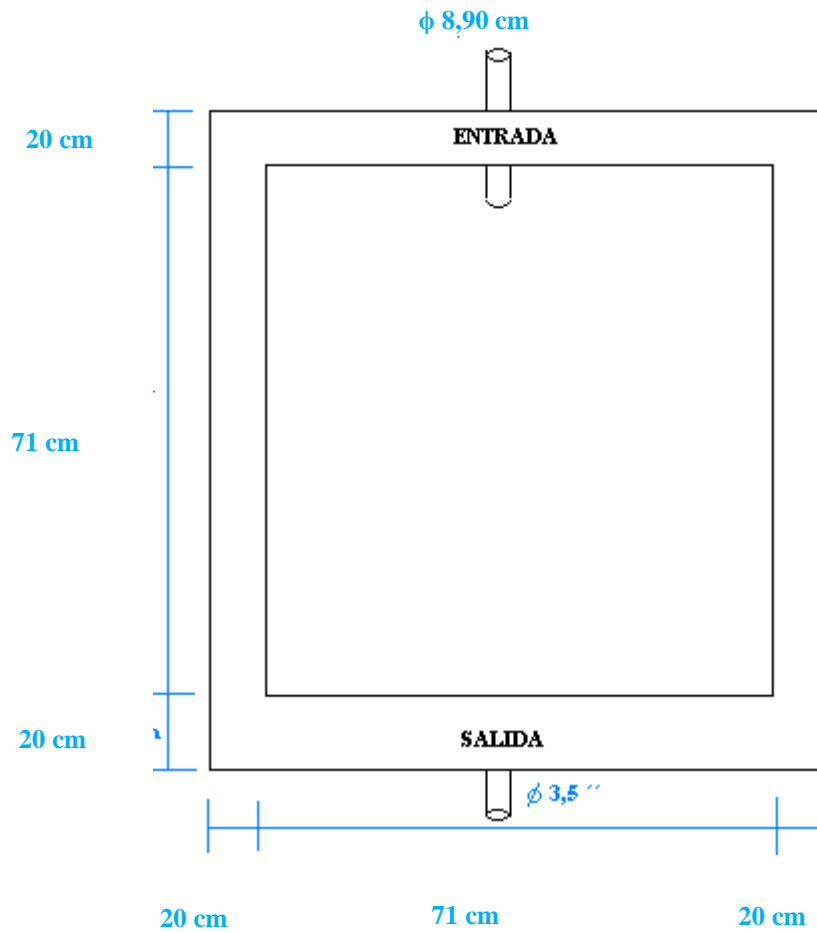


Figura 22. Sedimentador Secundario.

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

El sedimentador tiene capacidad para retener solidos durante 6 meses hasta que se realice la evacuación de estos.

La entrada y la descarga del sedimentador serán con tuberías de 8,90 cm y se colocarán a 1.3m de altura desde el fondo.

Diseño del tanque de conexión

El tanque de conexión sirve como enlace entre la tubería de descarga del pozo séptico y la tubería de conducción a la red de distribución, la tubería de descarga del pozo es de 10,2 cm y la de la tubería de distribución es de 1,27 cm. En el tanque se quiere alcanzar una presión de columna de fluido que aporte la

suficiente energía para la descarga a través de los orificios de 2 mm en la red de distribución.

Pérdida en la tubería de conducción a la red de distribución ($h_{f(1-2)}$): se aplica la fórmula de Hazen Williams, considerando $C=140$ para tuberías de plástico.

$$\begin{aligned}
 h_{f(1-2)} &= 10,67 \cdot (L_{1-2}) \cdot \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} \cdot D_{1-2}^{-4.87} \quad (5.23) \\
 &= 10,67 * (1 \text{ m}) * \left[\frac{1.1 \times 10^{-4} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{140} \right]^{1.85} * 0.0127(\text{m})^{-4.87} \\
 &= 0.09309 \text{ m} \\
 &= 9,31 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Columna de fluido en el tanque de conexión (h_2): garantiza el funcionamiento correcto del sistema de distribución al filtro biológico.

$$\begin{aligned}
 h_2 &= h_1 + h_{f(1-2)} \quad (5.24) \\
 &= 0.040603 \text{ m} + 0.09309 \text{ m} \\
 &= 0.133693 \text{ m} = 13.37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Longitud de la tubería de descarga del tanque séptico (L_{TDFS}): Una longitud adecuada permite conseguir la columna de fluido apropiada en el tanque de conexión, se considera que la tubería va a nivel del terreno y la pendiente del terreno es $m=0.43$ con un ángulo de 23.27 grados.

$$L_{\text{TDFS}} = \frac{Y_{(5-6)}}{\text{sen } 23.27^\circ} \quad (5.25)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.133693 \text{ m}}{\text{sen } 23.27^\circ} \\
&= 0.3384 \text{ m} \\
&= 33.84 \text{ cm}
\end{aligned}$$

El sistema de drenaje funciona como unidad de recolección y permite la aireación. Consiste en un sistema de vigas de apoyo y una parrilla. En la solera se ubica un canal para el desagüe y ambos están dotados de una pendiente mínima de 0.01 y será diseñado para producir una velocidad mínima de 60 cm/s.

Número de platinas a colocar para la parrilla: Se colocarán platinas de acero de sección rectangular resistentes para soportar el peso del medio de contacto, de la película biológica y del agua residual.

$$\begin{aligned}
\# \text{ de platinas} &= \frac{LTD_{FS}}{\text{Ancho}_p + \text{Espaciamiento}_p} \quad (5.26) \\
&= \frac{33,84 \text{ cm}}{3.8 \text{ cm} + 2.5 \text{ cm}} \\
&= 5.37 = 6 \text{ platinas}
\end{aligned}$$

Se toman las dimensiones comerciales ancho: 3.8 cm, espesor 4 mm y espaciamiento entre ellas de 2.5 cm.

Área de abertura total de la parrilla: Para un diseño estable la parrilla debe colocarse de forma tal que las aberturas entre las platinas sea mínimo el 15% del área total del filtro. Se asume que el área del filtro es el área de la parrilla.

$$A_{\text{abertura}} = A_{\text{parrilla}} - A_{\text{todas las platinas}}$$

$$= 1,0 \text{ m}^2 - (0.038 \text{ m} * 1.600 \text{ m} * 6 \text{ platinas})$$

$$= 0,6352 \text{ m}^2$$

El porcentaje de abertura de la parrilla, se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{A_{abertura}}{A_F} \times 100 \quad (5.27)$$

$$= \frac{0,6352}{1,0} \times 100$$

$$= 63,52 \%$$

Canal de desagüe semicircular: El canal secundario recoge el efluente que es llevado al sedimentador secundario, es de sección semicircular.

$$A_{\text{canal}} = \frac{Q}{v} \quad (5.28)$$

$$= \frac{1.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3}{0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$= 1.833 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Se considera una pendiente del canal del 1% y un factor de rugosidad del hormigón es 0.013. Se utiliza la fórmula de Manning.

$$D_{\text{canal}} = \sqrt{\left[\frac{Q \times n \times 4^{\frac{2}{3}}}{A \times S^{\frac{1}{2}}} \right]^3} \quad (5.29)$$

$$= \sqrt{\frac{(1.1 \times 10^{-5}) * 0.013 * 2^{\frac{2}{3}}}{(1.833 \times 10^{-5}) * 0.01^{\frac{1}{2}}}}$$

$$= 0.0435 \text{ m} = 4,35 \text{ cm}$$

Entonces la profundidad del canal será de 4.40 cm.

Aberturas de ventilación: Se deben ubicar en la periferia del sistema de drenaje y sirven para ventilar de forma natural el filtro facilitando la aireación, inspección y limpieza. Se toma la altura de la abertura de ventilación de 10 cm, las aberturas de 20 cm y el espaciado entre ellas de 20 cm.

$$\begin{aligned} \# \text{ de aberturas} &= \frac{L_F}{\text{Longitud}_{aberturas} + \text{Espaciamiento}_{aberturas}} \quad (5.30) \\ &= \frac{140 \text{ cm}}{20 \text{ cm} + 20 \text{ cm}} \\ &= 3,5 = 4 \end{aligned}$$

En cada pared del sistema de drenaje se ubican 4 aberturas a cm de la base del filtro excepto en la parte posterior.

Solera del sistema de drenaje: Se considera la solera de 1% para llevar el agua al canal de drenaje situado en el centro y que también tiene una pendiente del 1%. En base a esto, tomando como nivel de referencia la base del filtro o la parrilla se tiene que:

- en la parte posterior, la altura a la que está ubicada la solera es de 20 cm que se indica hacia el centro donde está el canal con una altura de 20.8 cm.

- en la parte frontal, la altura a la que está ubicada la solera es de 21.6 cm que se inclina hacia el centro donde está el canal con una altura de 22.4 cm.

Diseño del tanque de contacto

El tanque de contacto está al final del tratamiento y se utiliza para la desinfección del agua. Se elige la desinfección por cloro, específicamente Tricloro-S-triacionotriona en pastillas de 200g al 90%, aplicadas mediante un flotador dosificador, para mantener una dosis de 0.5 mg/L en el agua.

Es necesario calcular el **tiempo de contacto (t)**: que no es más que el tiempo requerido para la desinfección, que permita un nivel de cloro libre residual de $C_t=0.5$ mg/L para reducir la reactivación microbiana.

$$t = \frac{\sqrt[3]{\frac{1}{\frac{N_T}{N_0}} - 1}}{0.23 * C_t} \quad (5.31)$$

$$= \frac{\sqrt[3]{\frac{1}{0.001} - 1}}{0.23 * 0.5}$$

$$= 78.26 \text{ min}$$

$\frac{N_T}{N_0}$: Relación entre la cantidad de coliformes en el efluente a desinfectar y

aquellos en el afluente, es requerido un 99.9% de mortalidad en coliformes fecales, se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{N_T}{N_0} = 1 - \frac{\% \text{ mortalidad} = 99.9}{100} = 1 - \frac{99.9}{100} = 0.001$$

Volumen del tanque de contacto (V_{TC}): capacidad del tanque.

$$V_{TC} = t * Q \quad (5.32)$$

$$= 78.26 \text{ min} * 6.67 \text{ L/min}$$

$$= 521.994 \text{ L} = 0.52 \text{ m}^3$$

Se impone una altura de 1m, lo que hace que la **superficie de contacto (A_{TC})** se calcule mediante la siguiente fórmula:

$$A_{TC} = \frac{V_{TC}}{h} \quad (5.33)$$

$$= \frac{0.52 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$= 0.52 \text{ m}^2$$

Como el tanque es cuadrado el largo y el ancho (L_{TC}) se calculan como sigue:

$$L_{TC} = \sqrt{A_{TC}} \quad (5.34)$$

$$= \sqrt{0.52 \text{ m}^2}$$

$$= 0.7211 \text{ m}$$

El diseño del tanque de contacto se muestra en la Figura 23.

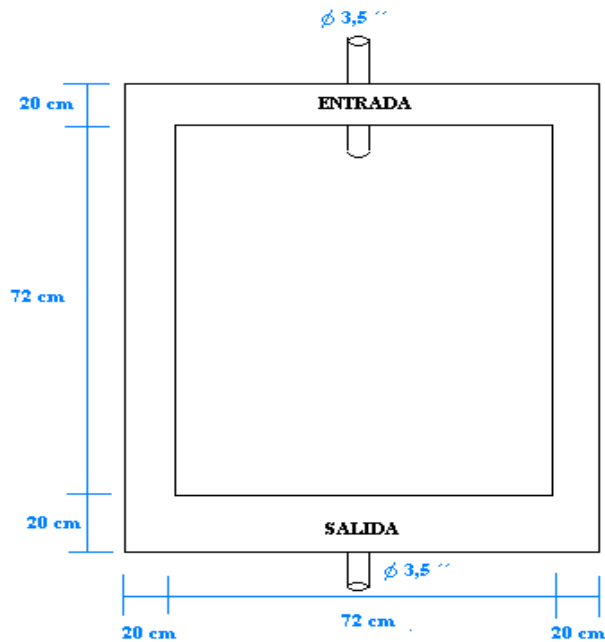


Figura 23. Tanque de contacto

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador

Beneficios de la propuesta

El sistema que se propone es sencillo y eficiente para el tratamiento de las aguas grises y negras de la estación Quijos.

Las aguas residuales generadas llegan al tanque séptico con un caudal de 10.37 L/min donde reciben un tratamiento primario donde se elimina la materia sólida. El tanque tiene una capacidad de 12 m³, una altura efectiva de 2.4 m y un tiempo de retención de 1.3 días. No necesita aditivos biológicos o químicos para acelerar la descomposición y no es necesario que se utilicen trituradores en la cocina porque le aportan materia sólida adicional al sistema.

El filtro biológico es de operación sencilla, tiene respuesta lenta y recuperación rápida de los cambios bruscos de la DBO y es poco sensible a sustancias tóxicas.

Correcto funcionamiento del sistema de tratamiento en general proporcionando que las aguas grises y negras tengan características que permitan su descarga directa al cuerpo receptor

Impacto Ambiental

Este proyecto toma como principal fundamento la conservación del medio ambiente y las iniciativas y regulaciones medioambientales que las entidades de control emiten para los sistemas que producen residuos que causan daño al ambiente.

La producción de agua limpia es una alternativa tecnológica muy importante para el entorno local y es a la vez una tendencia global de la cultura de conservación para la renovación del medio ambiente.

El impacto ambiental identifica y valora el impacto que una actividad causa sobre el medio. Específicamente en este epígrafe se evalúa el impacto de la construcción del sistema de tratamiento de residuales propuesto para la estación Quijos.

Se toman en consideración las incidencias en:

- Contaminación del aire por emisiones gaseosas por la descomposición orgánica de las aguas
- Contaminación de los recursos hídricos, producto de los desechos sólidos y líquidos.
- Contaminación del suelo debido a la generación de desechos sólidos y líquidos; pérdida de la capa fértil.

En capítulos anteriores se realizó un estudio sobre los impactos producidos antes de la construcción del sistema de tratamiento. Todos ellos en cuanto a extensión

inciden sobre el área de la estación y el poblado que circunda la misma, en cuanto a duración se consideran de carácter temporal, pues la construcción del sistema de residuales es para su eliminación y en cuanto a reversibilidad se consideran irreversibles pues una vez puesto en funcionamiento el sistema de tratamiento no existe la posibilidad de reconstruir las condiciones iniciales detectadas.

Eliminando los impactos iniciales que constituyen un problema para los trabajadores de la estación y los pobladores cercanos se da cumplimiento a los objetivos planteados en la investigación, aunque debe tomarse en cuenta que los principales impactos debido a la construcción del sistema son similares a los provocados por cualquier tipo de construcción:

- Generación de ruido, producto del trabajo de excavación con maquinaria pesada, carga y transporte del material.
- Generación de polvo en suspensión, producto de los mismos aspectos señalados en el punto anterior.
- Eventual obstaculización del tránsito debido tanto a la circulación de camiones que transportan material de desecho, maquinarias y equipos, así como el ingreso del personal que trabaja en la estación.
- Alteración del medio físico natural.
- Paisaje y estética.

Los potenciales impactos que pudieran afectar el área de influencia directa del proyecto, son los siguientes:

- Cuerpo receptor
- Calidad de las aguas

- Usos
- Calidad del aire
- Creación de problemas sanitarios
- Olores
- Aerosoles
- Moscas y vectores
- Generación de subproductos y residuos
- Ruidos
- Aspectos Sociales

El área de influencia indirecta no presentaría impactos negativos al medio ambiente con el sistema de tratamiento en operación.

Se debe destacar que los impactos potenciales detallados anteriormente generan consecuencias en la población circundante en la medida que la planta no sea operada correctamente, por lo que se sugiere un adecuado mantenimiento y operación de la misma para atenuar las incidencias al ambiente.

Análisis de la Evaluación

La propuesta del sistema de tratamiento de residuales es viable y factible de ser realizada puesto que elimina las incidencias al ambiente que son hoy una problemática para la estación y sus alrededores.

La propuesta es adecuada a las características de las aguas y del terreno y se hace énfasis en los tratamientos requeridos según los parámetros químicos, físicos y bacteriológicos del agua estudiada.

Desde el punto de vista económico, se realiza un análisis de los costos puesto que esta inversión no genera ingresos monetarios, sus beneficios son sociales y ambientales. Para el análisis de costo se tienen en cuenta los siguientes indicadores:

- costos de materiales y equipos
- costos de construcción
- costos de operación y montaje

No se toman en cuenta los costos de mantenimiento porque no son requeridos hasta que todo esté en funcionamiento, pero es muy importante tener este presupuesto previsto porque de ello depende la durabilidad del sistema y su funcionamiento correcto, así como evitar los impactos ambientales asociados.

Según datos aportados por la empresa, las cotizaciones recibidas para la construcción de la obra civil que consta de 3 tanques oscilan entre los \$70 000 y \$90 000 dólares. En este valor se incluye también el costo de los materiales y equipos, puesto que la constructora provee los mismos. Se toma el valor mínimo.

Para determinar los costos de operación y montaje se tuvieron en cuenta los costos de mano de obra y los costos de las herramientas utilizadas. No se consideró transporte puesto que las herramientas están en el almacén de la estación. Los costos de mano de obra considerados se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26 Costos de mano de obra

Insumo	unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Plomero 1	Hora	280	2.47	\$ 691.60
Plomero 2	Hora	280	2.47	\$ 691.60
Electricista	Hora	40	2.47	\$ 98.80
Mecánico 1	Hora	120	2.47	\$ 296.40
TOTAL				\$ 1 778.40

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

Las herramientas utilizadas pertenecen a la empresa y se tomó su costo como un 10% de la mano de obra por la depreciación de las mismas, considerando un monto de \$ 177.84.

De forma general los costos totales necesarios para el sistema de tratamiento son los siguientes:

Tabla 27 Costos generales del sistema de tratamiento de aguas residuales

Costos de materiales y equipos	\$ 70 000.00
Costos de construcción	
Costos de operación y montaje	\$ 1 778.40
• costos de mano de obra	
• costos de las herramientas utilizadas	\$ 177.84
TOTAL	\$ 71 956.24

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: El investigador.

La directiva de la estación Quijos aceptó el análisis de costo y considera que es un monto viable al que pueden acceder para realizar el sistema de tratamiento de residuales.

En el presente capítulo se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Estación Quijos del Poliducto Shushufindi-Quito de Eppetroecuador que logra un vertimiento final libre de contaminación.

Conclusiones

- Se desarrolló un filtro biológico con plástico (PVC), como medio de contacto y se demostró que tiene mayor superficie específica, mayor tolerancia orgánica, mayor porcentaje de huecos permitiendo cargas hidráulicas superiores facilitando el flujo sin peligro de inundación y disminuyendo el riesgo de quedar obstruido por las aguas residuales que arrastran grandes cantidades de sólidos en suspensión.
- Los 24 mts cuadrados del sistema de tratamiento de las aguas cubre la demanda de todo el personal de la estación.
- Se seleccionó la mejor alternativa que mejor accionar brinda al sistema en función del sedimentador secundario y el tanque de contacto.
- Se presentó el plano del sistema de tratamiento ver el anexo 1.

Recomendaciones

- No se deberá prescindir de ningún parámetro de diseño, pues debido a esto se obtendrá las dimensiones adecuadas de los elementos del sistema de tratamiento, y por ende el buen funcionamiento de este para que satisfaga las demandas de los usuarios.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico de todos los elementos constituyentes del sistema de tratamiento de aguas residuales,

para de esta forma prolongar su periodo de vida útil y lograr que dicho sistema cumpla con su contenido.

- Tomar muestra de los parámetros con los que sale las aguas del sistema y verificar el buen funcionamiento del sistema.
- En lo que respecta a los costos, se recomienda consultar rubros con sus correspondientes precios unitarios, los más actualizados posible y no escatimar precios, sino optimizar lo mejor posible el material de tal modo que en el caso de que llegue a sobrar se pueda aprovisionarlo con el fin de que si llegara el filtro a sufrir algún deterioro, se lo pueda reparar de manera inmediata y sin realizar gastos adicionales.

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- Artaraz. (2010). *Políticas públicas para gestión sostenible de los residuos municipales. Un análisis aplicada al Municipio de Vitoria-Gasteiz*. País Vasco: Universidad País Vasco.
- Asamblea Nacional. (2014). *Ley orgánica de recursos hídricos*. Quito: Asamblea Nacional.
- Baker, R., Reilly, T., Lopez, A., Romanok, K., & Wengrowski, E. (2015). Screening tool to evaluate the vulnerability of down-gradient receptors to groundwater contaminants from uncapped landfills. *Waste Management* 2015;43, 363-375.
- Benítez, G. (2013). *Análisis y modelización de la inactivación de Escherichia Coli en aguas residuales*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Bermeo Castillo, L. E. (9 de Agosto de 2010). *Repositorio Universidad Técnica Particular de Loja*. Recuperado el 27 de Marzo de 2016, de Repositorio Universidad Técnica Particular de Loja:
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1346/3/Lorena.pdf>
- Berrio, L., Beltrán, O., Agudelo, E., & Cardona, S. (2012). *Gestión y Ambiente. Revista de la Universidad Nacional de Colombia*.
- Bitton, G. (2005). *Wastewater Microbiology*. USA: Wiley-Liss, Inc.
- Cárdenas, J. (2003). *La calidad de las aguas para estudiantes de Ciencias Ambientales*. Colombia: Universidad Distrital de Colombia.
- Comisión de legislación y codificación. (2004). *Ley de aguas*.

- Ecuadortimes. (3 de Junio de 2014). *Estadísticas ambientales están en la web del INEC*. Obtenido de <http://www.ecuadortimes.net/es/2014/06/03/estadisticas-ambientales-estan-en-la-web-del-inec/>
- Espinal, T., Sedeño, J., & López, E. (2013). Evaluación de la calidad del agua en la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (3), 147-163.
- Félix Astudillo, D. F., & Rikeros Gehrenbeck, D. A. (2015). *Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Recuperado el 24 de Abril de 2016, de Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/29880?show=full>
- Gómez, B. (2002). *Evaluación económica del impacto ambiental de las descargas de aguas residuales municipales*. . Memorias de congreso, FEMISCA.
- González Escobar, F. D. (2011). Diseño de una Planta de Tratamiento Piloto de Aguas Residuales Domésticas para el Conjunto Residencial Matisse utilizando un Humedal Artificial. *Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniería Civil*. Quito, Ecuador.
- Gordillo. (2010). Evaluación regional del impacto antropogénico sobre aire, agua y suelo. Casu: Huasteca Hidalguense. *Int. Contam. Ambiental*, 229-251.
- Gore, A. (1999). *Nuestra elección. Un plan para resolver la crisis climática*. Washington D.C: Oceano Gedisa.

- Grefa Vegay, L. G. (6 de Febrero de 2014). *Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Recuperado el 28 de Marzo de 2016, de Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3116>
- Instituto Nacional del Agua Subsecretaría de recursos hídricos secretaría de obras Públicas. (2012). *Diseño del programa de monitoreo permanente de calidad del agua para la franja costera sur del rio de la plata*. Argentina.
- Kumar, A., Bohra, C., & Singh, L. (2003). *Environment, Pollution and Management*. New Delhi, India: Efficient Offset Printers.
- Lara Villacís, L. E. (2011). *Repositorio Universidad Técnica de Ambato*. Recuperado el 29 de Marzo de 2016, de Repositorio Universidad Técnica de Ambato:
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1611/1/Tesis%20587%20-%20Lara%20Villac%C3%ADs%20Ligia%20Elena.pdf>
- Mara, D. (2000). *Bacteriology for Sanitary Engineers*. Edinburgh: Churchill Livington.
- Marcela, C. (22 de Diciembre de 2011). *Repositorio Universidad Técnica del Norte*. Recuperado el 2 de Abril de 2016, de Repositorio Universidad Técnica del Norte:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1218/1/PG%20292%20TESIS.pdf>
- Metcalf & Eddy, Inc. (1995). *Ingeniería en Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización Vol. I y III (3ra edición)*. Madrid, España: MacGraw-Hill.

Miller, T. (1992). *Ecología en Medio Ambiente*. México: IBEROAMERICA.

Ministerio de Medio Ambiente de Madrid. (2001). *El medio ambiente en la Unión*

Europea en el Umbral del siglo XXI. Obtenido de

http://www.eea.europa.eu/es/publications/92-9157-202-0-sum/eu_98_es_part_2.pdf

Ministerio del Ambiente. (2015). Obtenido de

<http://www.ambiente.gob.ec/valores-mision-vision/>

Núñez, L., Molinari, C., Paz, M., Tornello, C., Mantovano, J., & Morreton, J.

(2014). Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 30 (4), 341-350.

ONU. (Junio de 2014). *Medio Ambiente*. Obtenido de

<http://www.un.org/es/globalissues/environment/>

Organización de las Naciones Unidas. (1993). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de

https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1718a21_summary_spanish.pdf

Osorio, R., Torres, J., & Sánchez B, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la*

eliminación de microorganismos y agentes contaminantes. Díaz de Santos.

Peñafiel Romero, A. G. (16 de Noviembre de 2014). *Repositorio Digital*

Universidad de Cuenca. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de

Repositorio Digital Universidad de Cuenca:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20919>

- Pérez. (2013). Tratamiento de aguas residuales con tecnologías alternativas en una pequeña unidad doméstica-productiva. *UNICIENCIA. ISSN 1101 – 0275. Vol. 27, No. 1, 319-331.*
- PNUMA. (2012). *Aguas saludables para el desarrollo sostenible*. Obtenido de http://www.pnuma.org/publicaciones/PNUMA_gestionAgua2012.pdf
- PNUMA. (2016). Recuperado el 2016, de Productos químicos y desechos: <http://www.pnuma.org/sustanciasdaninas/index.php>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1972). *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente*. Estocolmo.
- Puente Ponce, P. F. (15 de Enero de 2013). *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. Recuperado el 12 de Abril de 2016, de Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1020>
- Puente, D. (18 de febrero de 2015). *La mayor contaminación en ríos y quebradas está en 8 sitios del sur*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/quito-contaminacion-rios-aguas-residuales.html>
- Quiñónez Ku, S. (11 de Septiembre de 2012). *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de Repositorio Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2633/1/suguey.pdf>
- Radulovich. (1997). Sostenibilidad en el uso del agua en América Latina. . *Revista Forestal Centroamericana no. 18, 13-17.*

- RALCEA. (2013). *Aprovechamiento y Reuso de Aguas Residuales*. Obtenido de <http://www.aquaknow.net/en/system/files/1%20Aprovechamiento.pdf>
- Sans, R., & Ribas, J. (1989). *Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamientos*. Barcelona, España: Marcombo S.A.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito: SENPLADES.
- Seoánez, M. (2004). *Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas y de bajo costo. Colección Ingeniería del Medio Ambiente*. Madrid-España: Mundi-Prensa Libros, s.a.
- Stanford University. (1998). *Hazardous chemical waste management reference guide for laboratories. Department of environmental health and safety*. Stanford.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1998). *Gestión Integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill.
- Toalongo Reyes, E. R. (2012). *Repositorio Digital Universidad de Cuenca*. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de Repositorio Digital Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3243/1/TESIS.pdf>
- Triplenlace. (2013). *Depuración de aguas residuales. Características de las aguas residuales urbanas*. Obtenido de <http://tripenlace.com/2013/05/17/sistemas-de-depuracion-de-aguas-residuales-26-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>

United Nations Enviroment. (2016). *Evaluación del agua dulce*. Obtenido de
[http://www.unep.org/gemswater/Evaluacionesdeaguadulce/tabid/104401/
Default.aspx](http://www.unep.org/gemswater/Evaluacionesdeaguadulce/tabid/104401/Default.aspx) (revisado 24/02/2016)

ANEXOS

Anexo 1. Plano del Filtro Biológico

Anexo 2. Objetivos alineados a la problemática ambiental

Objetivo 1: Consolidar el Estado Democrático y la Construcción del Poder Popular y dentro de este objetivo:

Política 1.2 Garantizar la prestación de servicios públicos de calidad con calidez.

Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población y dentro de este objetivo:

Política 3.10: Garantizar el acceso sostenible y con calidad a agua segura.

Política 3.11: Garantizar la preservación y protección del patrimonio.

Política 3.12: Garantizar el acceso a servicios de transporte y movilidad incluyentes, seguros y sustentables a nivel local e internacional.

Objetivo 7: Garantizar los derechos de la naturaleza y dentro de este objetivo las siguientes políticas:

Política 7.1: Aumentar la proporción del territorio continental.

Política 7.2: Manejar sustentablemente el patrimonio natural.

Política 7.3: Consolidar la gestión sostenible de los bosques.

Política 7.5: Garantizar la Bioseguridad precautelando la salud de las personas.

Política 7.8: Prevenir, mitigar y controlar la contaminación ambiental.

Política 7.9: Promover patrones de consumo consciente.

Objetivo 11: Asegurar la soberanía de los sectores estratégicos y dentro de este objetivo:

Política 11.1: Soberanía energética y sustentable.

Objetivo 10: Diversificar y generar mayor valor agregado en la producción nacional y dentro de este objetivo:

Política 10.4 Impulsar la producción y la productividad de forma sostenible y sustentable.

Fuente: (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013, pág. 3)

Anexo 3. Cuestionario aplicado a los pobladores

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR EL
DERRAME DE AGUAS GRISES Y NEGRA EN LA ESTACIÓN QUIJOS

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS POBLADORES

Estimado:

Estamos realizando una investigación sobre el vertimiento de aguas grises y negras proveniente de los residuales de la estación QUIJOS, con la finalidad de conocer los impactos principales que están provocando y requerimos de su valiosa y sincera colaboración respondiendo las preguntas que se presentan a continuación.

¡Gracias!

1.- ¿Conoce usted sobre la existencia de derrame de aguas grises y negras proveniente de la estación Quijos?

SI _____

NO _____

2.- ¿Considera que el vertimiento de estas aguas es dañino para el ambiente?

SI _____

NO _____

3.- ¿Vive o cultiva en terrenos cerca de la estación Quijos?

Vivo _____

Poseo cultivos _____

Ninguna de las anteriores ____

4.- ¿Considera usted que se afectan los suelos y los cultivos con el derrame de las aguas residuales provenientes de la estación Quijos?

SI _____

NO _____

5.- ¿Ha sufrido algún tipo de consecuencia negativa debido al derrame de las aguas residuales provenientes de la estación Quijos?

SI _____

NO _____

CUALES: _____

6.- ¿Considera usted que este derrame de aguas grises y negras afecta a la población que vive cerca de la estación?

SI _____

NO _____

7.- Exponga alguna sugerencia o idea para solucionar el problema del derrame de aguas grises y negras en la estación.

Anexo 4. Cuestionario aplicado a los trabajadores de la estación

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

ESTUDIO SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL PROVOCADO POR EL

DERRAME DE AGUAS GRISES Y NEGRA EN LA ESTACIÓN QUIJOS

CUESTIONARIO DIRIGIDO A LOS TRABAJADORES DE LA ESTACIÓN

Estimado:

Estamos realizando una investigación sobre el vertimiento de aguas grises y negras proveniente de los residuales de la estación, con la finalidad de conocer los impactos principales que están provocando y requerimos de su valiosa y sincera colaboración respondiendo las preguntas que se presentan a continuación.

¡Gracias!

1.- ¿El sistema de tratamiento de residuales que posee la estación trabaja de manera adecuada?

SI _____

NO _____

PORQUE: _____

2.- ¿Con qué frecuencia se limpia el sistema de tratamiento que posee la estación?

Cada 3 meses _____

Cada 6 meses _____

Cada 1 año _____

Nunca _____

3.- ¿Se realizan estudios al agua en la estación?

SI _____

NO _____

4.- ¿Quién es el encargado de realizar los estudios del agua en la estación?

Técnicos propios _____

Empresa especializada _____ ¿Cuál? _____

5.- ¿Se discuten los resultados del estudio del agua con los trabajadores?

SI _____

NO _____

6.- ¿Qué acciones realizan en la estación para atenuar el derrame de aguas grises y negras al ambiente?

_____ 7.-

¿Cuál considera usted que es la principal causa que provoca el derrame de las aguas grises y negras?

8.- ¿Qué acciones considera usted que pudieran realizarse para eliminar el derrame de las aguas grises y negras en la estación?

Anexo 5. Guía para entrevista realizada a representantes del gobierno

- ¿Conoce usted sobre la existencia de derrame de aguas grises y negras proveniente de la estación Quijos?
- ¿Considera que el vertimiento de estas aguas es dañino para la comunidad?
- ¿En qué medida?
- ¿Cuáles son las principales quejas de la población?
- ¿Cuáles acciones considera deben desarrollarse para solucionar el problema del derrame de aguas grises y negras en la estación.

Anexo 6. Guía de entrevista realizada a directivos de la estación

- ¿Desde cuándo el sistema de tratamiento de residuales que posee la estación está presentando problemas?
- ¿Cuál considera usted son las principales causas?
- ¿Cumplen los estándares de la RAHOE para el mantenimiento del pozo séptico?
- ¿Cumplen los parámetros establecidos para la toma, y traslado de muestras al laboratorio?
- ¿Supervisan al personal del laboratorio encargado de hacer los estudios de aguas en la recogida de muestras?
- ¿Qué acciones realizan en la estación para atenuar el derrame de aguas grises y negras al ambiente?
- ¿Qué acciones considera usted que pudieran realizarse para eliminar el derrame de las aguas grises y negras en la estación?

Anexo 7. Límites permisibles para descargas de aguas grises y negras según los estándares de la RAHOE

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor Límite Permisible
Potencial Hidrógeno	PH	-----	5<PH<9
Demanda Química de Oxígeno	DQO	Mg/L	< 80
Coliformes Fecales	Colonias	Col/100 mL	< 1000
Cloro Residual	Cl ₂	Mg/L	< 2,0

Fuente: <http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%202028%20feb%202014%20FINAL.pdf>

Elaborado por: El Investigador.

a) EFLUENTE (punto de descarga)			
Parámetro	Expresado en:	Unidad	Valor límite permisible¹⁾
Potencial hidrógeno	PH	5<PH<9
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm.	< 2500
Hidrocarburos Totales	TPH	Mg/L	< 20
Hidrocarburos Totales	TPH	Mg/L	< 30
Demanda química de oxígeno	DQO	Mg/L	< 120
Demanda química de oxígeno	DQO	Mg/L	< 350
Sólidos Totales	ST	Mg/L	< 1700
Bario	Ba	Mg/L	< 5,00
Cromo (Total)	Cr	Mg/L	< 0,5
Plomo	Pb	Mg/L	< 0,5
Vanadio	V	Mg/L	< 1,0
Nitrógeno global (incluye N orgánico amoniacal y óxidos (3))	NH4-N	Mg/L	< 20,0
Fenoles (3)		Mg/L	< 0,15

Fuente:

<http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELEREA/Reforma%20Anexo%2028%20Feb%202014%20FINAL.pdf>

Elaborado por: El Investigador

b) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)			
Parámetro	Expresado en:	Unidad	Valor límite permisible¹⁾
Temperatura ⁴⁾		°C	+ 3 °C
Potencial hidrógeno ⁵⁾	pH	-----	6<pH<8
Conductividad eléctrica ⁶⁾	CE	μS/cm.	<170
Hidrocarburos totales	TPH	Mg/L	< 0,5
Demanda química de ⁷⁾ oxígeno	DQO	Mg/L	< 30
Hidrocarburos aromáticos Poli cíclicos (HAPs)	C	Mg/L	< 0,0003

Fuente:

<http://www.industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>

Elaborado por: El Investigador.

Anexo 8. Valores críticos de la distribución “chi” cuadrado.

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			

Fuente: “Slide – share” <http://es.slideshare.net/pilosofando/tabla-chi-cuadrado-169236>