



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
PARROQUIA 16 DE AGOSTO DEL CANTÓN PALORA,
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO Y SU INCIDENCIA EN
LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO BLANCO”**

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de

INGENIERA AMBIENTAL

MAYRA CAROLINA HERAS HERAS

PUYO 2011

PRESENTACIÓN DEL TEMA:

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA 16 DE AGOSTO DEL CANTON PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DEL AGUA DEL ESTERO BLANCO”.

Ing. Luis Manosalvas M. Sc.

Presidente del Tribunal

Ing. Leo Rodríguez B.

Miembro del Tribunal

Ing. Edison SamaniegoM. Sc.

Miembro del Tribunal

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y bendecirme siempre, por ser mi amigo mi confidente y quien guía mi camino, él me ha permitido llegar a esta instancia de mi vida y ser quien soy.

A mis Padres y Hermanos que pese a todos los problemas que he tenido que enfrentar a lo largo de mi vida nunca me permitieron rendirme y me impulsaban a seguir adelante y cumplir con este objetivo, que con su ejemplo y perseverancia me ha enseñado que las personas dependen de sí mismo para poder cumplir las metas y propósitos planteados en la vida, gracias mamá, papá y a mis queridos hermanos.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Palora por haberme prestado las facilidades correspondientes para la realización de este trabajo.

Al Director del Departamento de agua potable y alcantarillado, Ing. Llerena, por la ayuda prestada para hacer posible la realización del presente documento.

Al tutor de Tesis, Dra. Ana Chafra, quien ha sido coparticipante de este proyecto.

A mis amigas Verónica Espín y Mayra Vilema, quienes con su amistad de una u otra manera siempre me dieron una palabra de apoyo para continuar luchando para alcanzar esta meta de graduarme como ingeniero ambiental.

A mi cuñado Ángel Borja quien siempre me ha dado una palabra de apoyo para seguir adelante.

A mi mejor amigo, Javier Barrera quien es mi fuerza y mi apoyo incondicional, su comprensión ha sido parte fundamental en esta investigación.

DEDICATORIA

A mi madre Rosa Heras Ortiz, quien me dio la vida; quien me ha dado todo su cariño, su amor, comprensión de forma incondicional, a ti mamita querida porque eres la mejor madre del mundo y porque te amo con todo mi corazón. Porque que con tu ejemplo, consejos y apoyo incondicional me has enseñado que la perseverancia y mucho trabajo es fundamental para cumplir con todos los objetivos que me he propuesto a lo largo de mi vida, por ti el presente trabajo es una realidad.

A mi padre Luis Heras Heras, quien siempre me ha dado su apoyo incondicional y ha sabido dar un consejo de perseverancia y de que con constancia y dedicación podemos cumplir nuestras metas, a ti papi que me has demostrado el ejemplo de perseverancia para alcanzar lo que nos proponemos.

A mis hermanos, Nancy, Klever, Jorge, Diana y Enrique que de una u otra manera siempre me han apoyado en todas y cada una de las metas que me he planteado a lo largo de mi vida y es por ello que son la razón y el impulso para llegar a ser un profesional competente, responsable y útil para la sociedad.

A mis sobrinos Janina, Britdneý, Sofía, William y Ariel, parte fundamental en mi vida.

En general a todas las personas que me han apoyado en toda mi etapa estudiantil, profesores, familiares, amigos, conocidos, para ellos también dedico el presente trabajo.

RESPONSABILIDAD

Yo, Mayra Carolina Heras Heras declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental; que no ha sido presentado antes para la obtención de ningún grado o calificación profesional.

Mayra Carolina Heras Heras

C.I. 160060100-7

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	2
DEDICATORIA	3
RESPONSABILIDAD	4
CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
HIPÓTESIS	13
HIPÓTESIS GENERAL.....	13
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	13
CAPÍTULO II.....	14
REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1 Definición, clasificación y naturaleza de las aguas residuales.....	14
2.2 Clasificación.....	15
2.2.1 Aguas Residuales Urbanas	15
2.2.1 Aguas Residuales Industriales	15
2.3 Naturaleza de la aguas residuales	15
2.3.1 Origen y cantidad.....	16
2.3.2 Clasificación de los contaminantes	16
2.3.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales.....	17
2.3.4 Principales indicadores para el control de la calidad del agua	18
2.4 Tratamiento de las aguas residuales	20
2.4.1 Tratamiento primario	22
2.4.1.1 Tipos de procesos en el tratamiento primario.....	23
2.4.1.1.1 La decantación primaria.....	24
2.4.2 Tratamiento secundario	24
2.4.3 Tratamiento terciario	25
2.5 Tratamiento biológico de las aguas residuales	26
2.5.1 Tratamiento anaerobio “tanques UASB”.....	28
2.5.1.1 Características de los “tanques UASB”	28
2.5.1.2 Procesos de granulación.....	30

2.5.1.3 Formación del fango granular	31
2.5.1.4 Aplicaciones.....	31
2.5.1.5 Consideraciones ambientales	32
2.6 Influencia en el medio receptor de las aguas residuales	33
2.7 Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	34
2.8 Metodología de análisis, síntesis y diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales	36
CAPÍTULO III.....	39
MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 Localización y duración del experimento.....	39
3.2 Condiciones meteorológicas	41
3.3 Materiales y equipos	41
3.4 Factores de estudio	42
3.4.1 Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Residual	42
3.4.2 Afectación a la calidad del agua	42
3.5 Análisis estadístico	42
3.6 Variables y parámetros medidos.....	42
3.7 Manejo de la investigación.....	43
3.7.1 Descripción del proceso metodológico.....	43
3.7.1.1 Medición de caudales y volumen de agua.....	44
3.7.1.2 Determinación hidráulica.....	44
3.8 Métodos y técnicas utilizados.....	45
CAPÍTULO IV	46
RESULTADOS	46
4.1 Caracterización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	46
4.1.1 Tanque Receptor de Aguas Residuales.....	47
4.1.2 Desarenador de limpieza manual.....	48
4.1.3 Reactor UASB.....	49
4.1.4 Filtro.....	51
4.1.5 Lecho de secado.....	53
4.1.6 Caseta de almacenamiento de lodo.....	54
4.1.7 Recorrido del fluido una vez que sale de la PTAR	54
4.2 Determinación hidráulica de las unidades existentes	56
4.3 Análisis químico y microbiológico.....	63
CAPÍTULO V	67
DISCUSIÓN.....	67

5.1 Caracterización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	67
5.2 Determinación Hidráulica	67
5.3 Análisis químico y microbiológico.....	69
CAPÍTULO VI	70
6.1 PROPUESTA DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	70
6.2 La operación y el mantenimiento	71
6.3 El operador	72
6.3.1 Experiencia	72
6.3.2 Responsabilidades.....	73
6.4 Consideraciones básicas	73
6.5 Programa de muestreo y medición	76
6.6 Procesamiento de la información	77
6.7 Informes periódicos.....	79
6.8 Seguridad	80
6.9 Operación y control de lechos de secado	82
6.9.1 Preparación del lecho de secado	82
6.9.2 Reemplazo de la capa de arena	83
6.9.3 Calidad del lodo digerido.....	83
6.9.4 Descarga del lodo digerido	84
6.9.5 Profundidad del lodo	84
6.9.6 Remoción del lodo de los lechos de secado	85
6.10 Personal	85
6.11 Programa de pruebas de laboratorio y campo	86
6.11.1 Control de procesos.....	86
6.11.2 Frecuencia	87
6.11.3 Preservación	88
6.12 Registros, operaciones y reportes periódicos	88
6.12.1 Registro mensual	88
6.12.2 Reportes periódicos	88
6.11.3 Formato de registro de análisis	89
6.13 Registro para el personal	89
6.13.1 Peligro con instalaciones eléctricas.....	89
6.13.2 Enfermedades de origen hídrico	89
6.13.3 Equipo de seguridad	89
6.14 Personal, responsabilidades y equipamiento administrativo	90

6.14.1 Personal necesario	90
6.14.2 Descripción de responsabilidades.....	90
6.15 Requerimientos administrativos	95
6.15.1 Documentación requerida por el jefe de planta	95
6.15.2 Equipo de trabajo.....	96
6.16 Operación normal, principales problemas de funcionamiento y posibles soluciones	97
6.16.1 Conductos.....	97
6.16.2 Cámara de rejas	97
6.16.3 Desarenador	97
6.16.4 Medidor de caudal	98
6.17 Equipos de laboratorio requeridos	98
6.18 Formulario.....	98
6.19 Cronograma de Actividades	101
6.20 Análisis económico	102
CAPÍTULO VII	103
Conclusiones	103
CAPÍTULO VIII	104
Recomendaciones	104
RESUMEN.....	105
SUMMARY	106
ABREVIATURAS	107
BIBLIOGRAFÍA.....	108
ANEXOS.....	112
Anexo 1. Ficha de observación	112
Anexo 2. Límites máximos permisible para la descarga de efluentes a corrientes de agua dulce	113
Anexo 3. Plano regulador de la parroquia.....	115
Anexo 4. Análisis de calidad del agua a la entrada a la planta de tratamiento	116
Anexo 5. Análisis de calidad del agua a la salida de la planta de tratamiento	117
Anexo 6. Análisis de calidad del agua del estero blanco 10m después de la descarga.....	118
Anexo 7. Análisis de calidad del agua del estero blanco 10m antes de la descarga	119
Anexo 4. Reporte del laboratorio del Municipio de Palora, análisis de agua	120

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Datos meteorológicos del Cantón Palora	41
Tabla 2. Determinación del tiempo de retención en el desarenador.....	56
Tabla 3. Volumen de arena a extraer del desarenador	58
Tabla 4. Determinación de la velocidad de sedimentación.....	59
Tabla 5. Determinación del tiempo de retención en el sedimentador	60
Tabla 6. Carga superficial en los filtros	62
Tabla 7. Comparación del análisis químico del agua residual de la parroquia 16 de Agosto	63
Tabla 8. Análisis microbiológico de aguas residuales de la parroquia 16 de Agosto	66
Tabla 9. Puntos críticos identificados durante la investigación.....	70
Tabla 10. Parámetros de control.....	71
Tabla 11. Herramientas para personal obrero.....	96
Tabla 12. Equipos requeridos por el operador	96
Tabla13. Parámetros operacionales y frecuencia de muestreo (determinación in situ)	99
Tabla 14. Parámetro de monitoreo y frecuencia de muestreo	99
Tabla 15. Caudales	100
Tabla 16. Cronograma de Actividades	101
Tabla 17. Presupuesto anual para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual.	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Plano regulador de la Parroquia 16 de Agosto y ubicación de la PTAR	40
Figura2. Proceso metodológico de la investigación	45
Figura 3. Diagrama de operaciones para el tratamiento de agua residual de la Parroquia 16 de Agosto.	46
Figura 4. Tanque recolector de aguas servidas	47
Figura 5. Interior del tanque recolector emn malas condiciones por falta de mantenimiento	48
Figura 6. Sistema de tratamiento primario. Desarenador	48
Figura 7. Cribas	49
Figura 8. Acumulación de sólidos	49
Figura 9. Vertedero rectangular de caudal	49
Figura 10. 1er UASB, comparación antes después.....	50
Figura 11. 1er UASB etapa de funcionamiento	50
Figura12. Vereda	50
Figura 13. Derrame de agua residual por negligencia.....	50
Figura 14. Segundo tanque UASB de la serie.....	51
Figura 15. Tercer tanque UASB del sistema.....	51
Figura 16. Foto de archivo para comparación.....	52
Figura 17. Filtro, durante etapa de funcionamiento	52
Figura 18. Parte inferior del filtro con orificios	52
Figura 19. Efluente regado en el piso	52
Figura 20. Vereda derrame de agua residual	53
Figura 21. Tanque de revisión 2	53
Figura 22. Foto de archivo para comparación.....	53
Figura 23. Lecho de secado. Sin mantenimiento	53
Figura 24. Válvula con extremos roscados sin volante (evacuación de lodos de tanques UASB)	54
Figura 25. Foto de archivo para comparación.....	54
Figura 26. Caseta para almacenar lodo	54
Figura 27. Caja de revisión	55
Figura 28. Caja de revisión llena de maleza	55
Figura 29. Destino final del fluido tratado en la PTAR.....	55

Figura 30. Receptor, estero blanco	55
Figura 31. Tiempo de retención hidraulica en el desarenador	57
Figura 32. Volumen de arena a extraer del desarenador	58
Figura 33. Velocidad de sedimentación en tanque UASB	59
Figura 34. Determinación del tiempo de retención en el sedimentador	61
Figura 35. Carga superficial en los filtros	62
Figura 36. Comparación del análisis químico del Fósforo con el límite permisible	64
Figura 37. Comparación del análisis químico del Nitrógeno con el límite permisible	64
Figura 38. Comparación del análisis químico del pH con el límite permisible	65
Figura 39. Comparación del análisis químico del DQO con el límite permisible	65
Figura 40. Análisis microbiológico del agua residual de la parroquia 16 de Agosto	66

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (P.T.A.R), son unidades de transformación de los efluentes industriales y domésticos, es decir de materia orgánica y en algunos casos de separación de un componente mineral. La creciente importancia que tiene el manejo de los recursos naturales ha despertado en el hombre la búsqueda de métodos para cuidarlos y recuperarlos, para que puedan ser aprovechados por los seres vivos. De ahí que uno de los recursos más importantes para el hombre, como es el agua y consecuentemente los sistemas de tratamiento, sea objeto de estudio.

La responsabilidad sobre el tratamiento de las aguas residuales domésticas, por ser una actividad complementaria del servicio público de alcantarillado, es de las administraciones municipales, de forma que éstas deben velar por la disminución del impacto sobre el medio ambiente, encargándose, directamente o a través de las entidades prestadoras de los servicios públicos, de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas.

Morona Santiago que es una provincia rica en recursos hídricos y el cantón Palora no es la excepción, tal es el caso de la Parroquia 16 de Agosto es atravesada por dos ríos y varios esteros, uno de los cuales ha sido utilizado como receptor de aguas residuales provenientes de una planta de tratamiento ubicada en la zona.

Este trabajo presenta la evaluación de la eficiencia, así como el proceso y funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales de la mencionada Parroquia. La PTAR, construida hace tres años procesa aguas residuales domésticas, cuyos principales contaminantes son materia orgánica, ácidos grasos, etc. El estudio tuvo como fin establecer si la reducción de los indicadores de contaminación e impurezas en el agua es la correcta, según los parámetros de referencia.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Parroquia 16 de Agosto y su incidencia en la calidad de agua del estero blanco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Caracterizar las Instalaciones y determinar parámetros hidráulicos de la Planta de Tratamiento de aguas residuales.
- Identificar si el efluente de la Planta de Tratamiento tiene incidencia significativa sobre las características del estero blanco.
- Establecer si el efluente final de la planta de tratamiento de aguas residuales cumple con los límites máximos permisibles según el reglamento de aguas residuales.
- Determinar medidas de mejora para el PTAR por medio de la elaboración de un manual de mantenimiento del PTAR.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL:

Un manejo adecuado del Sistema Operacional aumentara la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR de la Parroquia 16 de Agosto.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

- El tratamiento eficiente limitara la incidencia del efluente sobre el estero blanco.
- Al realizar un buen mantenimiento de las unidades operacionales del sistema de tratamiento se disminuirá en gran medida la acumulación de sólidos y mejorará el flujo de la planta.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definición, clasificación y naturaleza de las aguas residuales.

Las aguas residuales son un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas, de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

Marsilli (2005), denomina a las aguas servidas como aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Son residuales, pues habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

En ocasiones se hace una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales, en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Romero (2008), define aguas residuales a aquellas aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado.

Cubillos (2000), menciona que de la misma manera que en las aguas naturales, en las aguas residuales se miden las características físicas, químicas y biológicas, para establecer principalmente, las cargas orgánicas y de sólidos que transportan a fin de determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resulten más eficaces y económicos.

En resumen, se puede decir que las aguas residuales o servidas son todas aquellas aguas procedentes de la actividad humana sea a nivel domiciliario, industrial, agrario, etc., que han sufrido algún proceso de degradación alterando su calidad original y que si no reciben algún tratamiento afectará al cuerpo de agua más cercano, afectando a los organismos que en ella habitan.

2.2 Clasificación

Según Rigola (2008), la clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este es el que va a determinar su composición.

2.2.1 Aguas Residuales Urbanas.

Las Aguas Residuales Urbanas, son los vertidos que se generan en los núcleos de la población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Romero, (2008), define las aguas residuales domésticas como los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

Los aportes que generan estas aguas son: aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas y aguas de lluvia y lixiviados.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos.

2.2.2 Aguas Residuales Industriales

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

En fin, se plantea que la clasificación del agua residual viene dada por el origen de las mismas es decir de su procedencia doméstica, industrial, agraria, etc.

2.3 Naturaleza de las aguas residuales

Según Rigola (2008), el origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

Contaminación del agua.

Stoker (1981), Establece la desviación de un estado normal. Cualquier sustancia que impida el uso normal del agua debe considerarse como un contaminante de la misma. Según Orozco (1985) la contaminación del agua, es el resultado de la descarga incontrolada de aguas residuales sanitarias sobre las corrientes o masas de agua. Esta contaminación o degradación tiene mayor o menor intensidad, dependiendo de la abundancia y concentración orgánica del agua residual, del caudal y contenido de oxígeno disuelto en la corriente receptora

2.3.1 Origen y cantidad

Domenech (1995), afirma que las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas. La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga.

Para Sáenz (1985), las aguas residuales domesticas se originan principalmente en las habitaciones, instalaciones sanitarias, lavado de utensilios domésticos, grifos de baño, lavado de ropa y otros usos domiciliarios. El volumen generado está en función del nivel de educación y de las costumbres de los habitantes de las ciudades.

Las aguas residuales domesticas son el producto de viviendas que poseen un sistema de abastecimiento de aguas interconectadas a una red de alcantarillado en la que se vierte todas las aguas servidas de la vivienda como ser; baño; cocina, etc.

2.3.2 Clasificación de los contaminantes

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas. Así se tiene a los contaminantes orgánicos, cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los

contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

El componente orgánico a criterio de López (2007), se refiere a la introducción de materias de procedencia orgánica, normalmente biodegradables, cuya presencia en el agua residual conduce a la aparición y crecimiento de microorganismos, que utilizan el desecho orgánico como fuente de alimentación, y como consecuencia de su crecimiento, ponen en riesgo la salud pública debido a su potencial patógeno.

Según Catalán (1990), los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

Proteínas: Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios.

Carbohidratos: Se incluye en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

Aceites y Grasas: Son altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

Otros: Se incluye varios tipos de compuestos, como los tenso activos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc.

También se tiene a los contaminantes inorgánicos, aquellos de origen mineral y de naturaleza variada tales como: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria.

2.3.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales

Los contaminantes que habitualmente se encuentran en las aguas residuales, son:

Arenas: Se entiende como tales, a una serie de partículas de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica.

Grasas y aceites: Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas.

Residuos con requerimiento de oxígeno: Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, para ello van a necesitar consumir oxígeno del medio.

Nitrógeno y fósforo: Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales principalmente es debida a los detergentes y fertilizantes.

Agentes patógenos: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

Otros contaminantes específicos: Se incluye sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

2.3.4 Principales indicadores para el control de la calidad del agua

Los indicadores para el control de la calidad de agua son:

Color, Olor y Sabor: A criterio de Guevara (1996), los olores y sabores están asociados con materia orgánica en descomposición; algas y otros organismos microscópicos vivos que tienen aceites esenciales y otros compuestos olorosos, sales inorgánicas y productos metálicos de corrosión, residuos industriales, principalmente sustancias fenólicas; cloro y sus compuestos de sustitución, que actúan como desinfectantes; compuestos orgánicos sintéticos no biodegradables. Por lo general, el color es debido a la materia orgánica que proviene de vegetales muertos, sin embargo el agua puede ser coloreada por sustancias inorgánicas, desechos industriales, hierro y manganeso en estado natural y por los productos de la corrosión, ocasionalmente, un exceso de algas puede provocar color.

Turbidez: La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas.

Materia Sólida: La materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías; materias decantables, materias en suspensión y residuos.

La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua.

pH: Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

Dureza: También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno. En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

Acidez y Alcalinidad: La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles, además de la presencia de bicarbonatos y carbonatos de hidróxidos.

Temperatura: El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases. (Cubillas, 2000)

DBO: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Laboratorio de Química Ambiental, 1997)

DQO: A criterio de la Comisión Nacional del Agua de México (Conagua), (2008), mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de este parámetro junto con la DBO, inciden en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos. El aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

Coliformes fecales: Se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 40-45°C. (Marchand, 2002)

Oxígeno Disuelto: es una prueba clave en la determinación de la contaminación del agua. Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de compuestos tóxicos. (Chirinos, et al., 2005).

2.4 Tratamiento de las aguas residuales.

Sette, Jiménez y de la Lora, (1996), aseveran que el grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente.

Según Reynolds (2002), el tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales.

Rojas (2005), por su parte afirma que la eliminación de agentes patógenos es el principal objetivo del tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento.

La prevención de la contaminación del agua sólo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente.

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

Autores como Marsilli (2005) y Reynolds (2002), plantean que el tratamiento de aguas residuales incluye:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado. Frers, (2004), señala que utiliza metodologías físico-químicas para sacarle la parte más gruesa de sus contaminantes.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos. Además, Sette, Jiménez y de la Lora, (1996), señalan que el objetivo fundamental del tratamiento terciario es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales.

Además de los anteriores, IDEAM (2005), clasifica el tratamiento terciario en:

- Con remoción de Nutrientes
- Con remoción de patógenos

García (2005), clasifica las operaciones de tratamiento en:

- Procesos físicos:
 - Sedimentación
 - Flotación
 - Filtración
- Procesos químicos:
 - Coagulación-floculación
- Procesos biológicos:
 - Procesos aerobios
 - Procesos anaerobios

Gutiérrez (s.a) manifiesta que el tratamiento puede ser según la naturaleza del mismo, pudiendo ser físicos, químicos, térmicos y biológicos.

Físicos: Se basan en provocar un cambio físico en las propiedades de los contaminantes más simples y buscan generalmente la disminución de contaminantes como sólidos pero pueden ser líquidos o gaseosos.

Químicos: Modificar las propiedades químicas de los contaminantes. Se persigue la destrucción del contaminante o la conversión del mismo en otro producto que sea más fácilmente separable.

Térmicos: Utilizan elevadas temperaturas para descomponer los contaminantes.

Las especies metálicas pasan a formas más elementales generando cenizas y gases puros, mientras que los compuestos orgánicos se descomponen en CO₂ y H₂O y gases halógenos.

Biológicos: Estos tratamientos utilizan mecanismos biológicos y bioquímicos para llevar a cabo un cambio químico en las propiedades de los contaminantes.

Se basa en la presencia de microorganismos. Se persigue la doble función de degradación de los contaminantes orgánicos y formación de flocúlos biológicos fácilmente separables.

Se considera más adecuada o general la clasificación que presenta Metcalf –Eddy (1985), donde los tratamientos de aguas residuales, se clasifican fundamentalmente atendiendo a las operaciones unitarias básicas y si el proceso se lleva a cabo atendiendo a las fuerzas físicas químicas o biológicas y se habla entonces de procesos unitarios físicos, químicos o biológicos respectivamente.

Las operaciones físicas unitarias conforman la base de la mayoría de los diagramas de flujo de los procesos de tratamiento.

2.4.1 Tratamiento primario.

Según Seoanez (1995), se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento.

El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocado por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, inmensos, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas.

Otros procesos de tratamiento primario incluyen el mecanismo de **flotación con aire**, en donde se eliminan sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 35%.

Para Mujeriego (1990), los objetivos de este tratamiento son:

- 1) Eliminar la materia decantable orgánica e inorgánica, mediante decantación.
- 2) Eliminar la materia flotante y las espumas mediante barrido superficial.

Principalmente se pretende la reducción de los sólidos en suspensión del agua residual.

Dentro de estos sólidos suspendidos pueden distinguirse:

- Los sólidos sedimentables: son los que sedimentan al dejar el agua residual en condiciones de reposo durante una hora, este tiempo también depende del tamaño del sedimentador
- Los sólidos flotantes: definibles por contraposición a los sedimentables.
- Los sólidos coloidales.

Según Barros (2004), las operaciones que se utilizan en los tratamientos primarios de aguas servidas son: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización; igualmente menciona que el tratamiento primario de las aguas servidas es un proceso mecánico que utiliza cribas para separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos.

Ecoamérica (2007), establece que el tratamiento primario es un proceso mecánico que consiste en la remoción de sólidos insolubles como arena, y materiales como grasas y espuma. El primer paso es la sedimentación y filtración de sólidos a través de rejillas.

La sedimentación separa tanto los sólidos decantables como aquellos que flotan. Durante esta decantación primaria existe la tendencia a que las partículas floculables formen agregados, hecho que puede favorecerse con la adición de compuestos químicos. El material que flota consiste en aceites, ceras, ácidos grasos y jabones insolubles que se conocen genéricamente como grasa.

Bueno y Gutiérrez, (2001), afirman que la sedimentación es un fenómeno natural que sustenta una de las operaciones básicas de más antigüedad en ingeniería de procesos, cuyas aplicaciones más eficientes y económicas, tienen lugar con frecuencia en el ámbito del tratamiento de efluentes residuales.

2.4.1.1 Tipos de procesos en el tratamiento primario

La revista Ingeniería de Aguas Residuales (2009), afirma que aunque existen múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario (filtración, tamizado, ciertos lagunajes, fosas sépticas, tanques Imhoff), los principales procesos se pueden clasificar según:

- Procesos de separación sólido-líquido:
 - Sedimentación, también llamada decantación primaria
 - Flotación
 - Proceso mixto (decantación-flotación)

- Procesos complementarios de mejora:

- Floculación

- Coagulación (proceso físico-químico)

2.4.1.1.1 La decantación primaria

El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los sólidos suspendidos de las aguas residuales bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto sólo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

En la decantación primaria, las partículas tienen ciertas características que producen su floculación durante la sedimentación. Así, al chocar una partícula que está sedimentando con otra partícula, ambas se agregan formando una nueva partícula de mayor tamaño y aumentando, por tanto, su velocidad de sedimentación. En este caso, la trayectoria de la partícula en un depósito de sedimentación será una línea curva de pendiente creciente.

2.4.2 Tratamiento secundario

Para Seoanez (1995), la finalidad de este tratamiento es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales una vez superadas las fases de pretratamiento y tratamiento primario. El tratamiento secundario más comúnmente empleado para las aguas residuales urbanas consiste en un proceso biológico aerobio seguido por una decantación denominada secundaria. El proceso biológico puede llevarse a cabo por distintos procedimientos. Los más usuales son el proceso denominado fangos activos y el denominado de lechos bacterianos o percoladores. Existen otros procesos de depuración aerobia de aguas residuales empleados principalmente en pequeñas poblaciones: sistema de lagunaje, filtros verdes, lechos de turba o reactores biológicos rotativos. Son las llamadas tecnologías blandas, pero se citará a las dos primeras.

Los **fangos (lodos) activos** consiste en un proceso continuo en el que el agua residual se estabiliza biológicamente en tanques o balsas de activación, en las que se mantienen condiciones aerobias.

Los **lechos bacterianos** son tanques circulares rellenos de piedras o materiales sintéticos formando un filtro con un gran volumen de huecos, destinado a degradar biológicamente la materia orgánica del agua residual.

Según Rigola (2008) en el tratamiento secundario existen diversos procesos alternativos para el tratamiento, incluyendo el filtro de goteo, el cieno activado y las lagunas.

Filtro de goteo: En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua.

Fango activado: Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de cieno quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de cieno activado, llamadas *floc*, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa.

Estanque de estabilización o laguna: Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las *lagunas opcionales*, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO₅ de un 75 a un 85 por ciento.

2.4.3 Tratamiento terciario

Este busca eliminar los contaminantes orgánicos, los nutrientes como los iones fosfato y nitrato o cualquier exceso de sales minerales. En el tratamiento terciario de aguas servidas de desecho se pretende que sea lo más pura posible antes de ser descargadas al medio ambiente. (Barros, 2004)

Para Seoanez (1995) el tratamiento terciario es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, pero no ha sido ampliamente adoptado por ser muy caro. Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos y nitratos del efluente final. El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable. Algunos de estos tratamientos son los siguientes:

Adsorción: Propiedad de algunos materiales de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran.

Cambio iónico: Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador), sin alterar su estructura física. Suelen utilizarse resinas y existen cambiadores de cationes y de aniones. Debido a su alto precio, el proceso de intercambio iónico se utiliza únicamente en aquellos casos en los que la eliminación del contaminante venga impuesta por su toxicidad o que se recupere un producto de alto valor (eliminación de isótopos radiactivos, descontaminación de aguas con mercurio, eliminación de cromatos y cianuros, recuperación de oro, etc.).

Procesos de separación por membranas: Puede realizarse mediante membranas semipermeables (procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa) o por membranas de electrodiálisis.

De todas formas, en la mayoría de los casos el tratamiento terciario de aguas residuales urbanas queda limitado a una desinfección para eliminar patógenos, normalmente mediante la adición de cloro gas, en las grandes instalaciones, e hipoclorito, en las de menor tamaño. La cloración sólo se utiliza si hay peligro de infección. Cada vez más se está utilizando la desinfección con **ozono** que evita la formación de organoclorados que pueden ser cancerígenos.

El tratamiento terciario es garantía de que no existe materia orgánica residual que pueda ser detectable, por lo que esta agua cumple con la norma de calidad de agua potable en lo referente a Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que es el parámetro de medición de calidad del agua, equivalente al contenido de material orgánico. (Gómez, 2004)

2.5 Tratamiento biológico de las aguas residuales.

Romero (2008) señala que el tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remover nitrógeno y fósforo del agua residual.

Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos: procesos aeróbicos, procesos anóxicos, procesos anaerobios y procesos combinados, aeróbicos con anóxicos o con anaerobios. Dentro de cada grupo hay, además diferentes tipos, dependiendo de si el proceso es de crecimiento biológico suspendido, crecimiento biológico adherido o una

combinación de ellos. Así mismo, dependiendo del régimen de flujo predominante, los procesos biológicos se consideran de flujo continuo o intermitente y del tipo de mezcla completa, flujo en pistón o flujo arbitrario.

En los procesos de tratamiento aerobio el tratamiento se efectúa en presencia de oxígeno. Los procesos anaerobios son aquellos en los cuales el tratamiento biológico ocurre en ausencia de oxígeno. En el proceso anóxico se remueve nitrógeno, mediante conversión de nitrato en nitrógeno gaseoso, en ausencia de oxígeno. El proceso anóxico se conoce como desnitrificación anaerobia, pero como las vías principales de conversión bioquímica no son anaerobias, sino una modificación de las vías aerobias, se considera más apropiado denominarlo proceso anóxico en vez de anaerobio.

Rodríguez, et al., (2006), los denomina a los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3^- : hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación).

A criterio de Raisman y Gonzales (1998), el tratamiento biológico consiste en el consumo de materia orgánica contenida en las aguas de desecho y de una parte de las materias nutriente (nitrógeno y fósforo), por parte de los microorganismos, ya presentes en dichas aguas. Se tiene los siguientes procesos:

- a. Lodos activados: Las aguas de desecho decantadas, son sometidas a un proceso de oxidación mediante la aportación de aire atmosférico o bien enriquecido con oxígeno. A mayor aireación mayor coste y mayor mineralización de los lodos.
- b. Lechos bacterianos: Este proceso consiste en hacer circular la masa de agua de la forma más laminar posible, de modo que se desarrolla una película bacteriana denominada zooglea, que transforma las materias orgánicas del agua en presencia de oxígeno en biomasa. La película crece a medida que se consume materia orgánica y se exfolia bajo la influencia del agua que cae sobre la misma.
- c. Laguna de lodos: Cuando la topografía y el coste de los terrenos lo permita, se envía el agua a estanques poco profundos, en los que se consume la materia orgánica por algas gracias al proceso de fotosíntesis.
- d. Tratamiento anaeróbico del agua: Se utiliza frecuentemente una variante de la fosa Imhoff, o fosa de doble etapa. En ella se produce una fermentación mecánica y un elevado consumo de materia orgánica por microorganismos presentes en el agua y en ausencia de aire.

- e. Fosas sépticas: La fosa séptica permite la disgregación de todas las materias sólidas biodegradables y la fermentación anaeróbica de las aguas de desecho.

La fosa séptica, a criterio de Ramírez (2000), son tanques prefabricados que permiten la sedimentación y la eliminación de flotantes, actuando también como digestores anaerobios. Su aplicación está muy extendida por todo el mundo y hoy en día se fabrica principalmente con Resinas de Poliester Reforzados de Fibra de Vidrio. Se diseñan fosas sépticas para eliminar las aguas negras.

Los elementos básicos de una fosa séptica son: el tanque séptico y el campo de Oxidación; en el primero se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, en el segundo las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración en el suelo. (Ramírez, 2000)

Para autores como Raisman y Gonzales (1998), los procesos biológicos se clasifican en:

Aerobios: Son realizados por microorganismos vivos, cuyo metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto. Los productos finales son principalmente CO_2 y H_2O , con desprendimiento de energía, en parte empleada en la formación de nuevos microorganismos, de gran importancia en este proceso para las reacciones de síntesis.

Anaerobios: Son realizados por microorganismos cuyo metabolismo se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, pudiendo verse gravemente afectados por la presencia de este elemento. Los productos finales mayoritariamente son CH_4 y CO_2 . Las reacciones de síntesis se realizan con poca extensión lo que obliga a utilizar sistemas de retención de microorganismos.

Facultativos: Los microorganismos responsables de estos procesos (organismos facultativos) son indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto.

2.5.1 Tratamiento anaerobio “Tanques UASB”

Crites y Tchobanoglous. (2008). Los reactores UASB (*del inglés Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) son un tipo de biorreactor tubular que operan en régimen continuo y en flujo ascendente, es decir, el afluente entra por la parte inferior del reactor, atraviesa todo el perfil longitudinal, y sale por la parte superior. Son reactores anaerobios en los que los microorganismos se agrupan formando biogránulos.

2.5.1.1 Características de los UASB

En los sistemas anaerobios de flujo ascendente, y bajo ciertas condiciones, se puede llegar a observar que las bacterias pueden llegar a agregarse de forma natural formando flóculos y gránulos. Estos densos agregados poseen unas buenas cualidades de sedimentación y no

son susceptibles al lavado del sistema bajo condiciones prácticas del reactor. La retención de fango activo, ya sea en forma granular o floculenta, hace posible la realización de un buen tratamiento incluso a altas tasas de cargas orgánicas. La turbulencia natural causada por el propio caudal del influente y de la producción de biogás provoca el buen contacto entre agua residual y fango biológico en el sistema UASB. En los sistemas UASB pueden aplicarse mayores cargas orgánicas que en los procesos aerobios. Además, se requiere un menor volumen de reacción y de espacio, y al mismo tiempo, se produce una gran cantidad de biogás, y por tanto de energía.

El reactor UASB podría reemplazar al sedimentador primario, al digestor anaerobio de fangos, al paso de tratamiento aerobio y al sedimentador secundario de una planta convencional de tratamiento aerobio de aguas residuales. Sin embargo, el efluente de reactores UASB normalmente necesitan un tratamiento posterior, para lograr degradar la materia orgánica remanente, nutrientes y patógenos. Este postratamiento puede referirse a sistemas convencionales aerobios como lagunas de estabilización, plantas de fangos activos y otros.

El proceso UASB se inventó a mediados de los 70 en la Universidad de Wageningen (Holanda) por un equipo dirigido por el Doctor Gazte Lettinga y se aplicó por primera vez a escala industrial en una industria azucarera alemana. Durante varios años, fue continuamente mejorado para el tratamiento de grandes caudales de aguas residuales, y cargas con importantes fluctuaciones diarias.

Según Romero J. 2007. El UASB es un sistema trifásico de alta carga que opera como un sistema de crecimiento en suspensión. La elevada concentración de biomasa en el UASB lo hace más tolerante a la presencia de tóxicos.

Consiste esencialmente en una columna abierta, a través de la cual el líquido residual se pasa a una baja velocidad ascensional. El manto de fangos se compone de gránulos o partículas además del agua residual. El fenómeno de granulación que rige la formación de los gránulos constituye la parte fundamental del proceso. El tratamiento del agua se da cuando se pone en contacto el agua con los gránulos. Los gases producidos bajo condiciones anaerobias provoca la recirculación interna, lo que ayuda en la formación y mantenimiento de las partículas biológicas, sobre las cuales algunas partículas de gas se adhieren. El gas libre y el gas adherido a gránulos se retienen en el colector de gas en la parte alta del reactor. El líquido que ha pasado a través del manto contiene algunos sólidos residuales y gránulos biológicos que pasan a través del sedimentador donde los sólidos se

separan del futuro efluente. Los sólidos retornan por tanto al caer a través del sistema de bafle en la parte alta del manto de fangos.

Para lograr una operación correcta del sistema se requiere la formación de biomasa floculenta, y la puesta en marcha suele requerir la inoculación previa del reactor con grandes cantidades de fangos de algún otro sistema de operación.

El proceso UASB se puede aplicar a una amplia variedad de aguas residuales industriales. Al igual que en otros tipos de tratamiento de aguas residuales, en los UASB también son necesarias unas etapas previas de adecuación del influente antes de ingresarlas al reactor, como por ejemplo, eliminación de aceites y grasas, desarenado, corrección de pH, tras este tipo de pretratamientos, el UASB puede convertir el 70-95% de la materia orgánica biodegradable en una corriente de biogas valorizable. De ahí que sean posibles mayores eficiencias mediante el acople de pre- y/o postratamientos adecuados que aumente el tiempo medio de residencia celular, la composición y la resistencia frente a tóxicos del fango.

La tecnología de alta carga se basa en el crecimiento del fango granular y en el separador de tres fases (biogás-líquido-sólido), ha tenido un gran éxito comercial con un gran número de instalaciones en el mundo.

La industria alimentaria mundial es un usuario activo de esta tecnología de tratamiento anaerobio. Aunque también se ha implantado en industrias como la cervecera, destilería, plantas de procesamiento de la patata, la industria del papel y la celulosa, industria textil, química y farmacéutica.

2.5.1.2 Proceso de granulación

El fango granular constituye el corazón de la tecnología UASB y EGSB. Un fango granular es un agregado de microorganismos formados durante el tratamiento de agua residual en un medio en el que exista un régimen hidráulico constante de flujo ascendente. En ausencia de algún tipo de soporte, las condiciones del tipo de flujo crean un ambiente selectivo en el cual sólo esos organismos capaces de anclarse a los otros, sobreviven y proliferan. La configuración de los agregados dentro de la biopelícula densa y compacta es a lo que se denomina gránulo. Debido a su gran tamaño de partícula (generalmente en el rango de 0.5 a 2 mm de diámetro), los gránulos resisten el lavado del sistema de reacción, permitiendo cargas hidráulicas elevadas. Además, las biopelículas son compactas, permitiendo elevadas concentraciones de microorganismos activos y de este modo poder tratar elevadas cargas volumétricas en los reactores UASB. Un gramo de fango granular (peso seco) puede

catalizar la conversión de 0.5 a 1 g de DQO al día. La composición del gránulo está estratificada.. En la siguiente capa están localizados organismos productores y consumidores de hidrógeno, en una asociación simbiótica. En la capa superficial se localizan los organismos que realizan las primeras etapas de degradación anaerobia, como los *acidógenos* y otros organismos consumidores de hidrógeno. Esta estructura está condicionada por la presión parcial de hidrógeno, en un delicado equilibrio que sólo es posible bajo condiciones determinadas.

2.5.1.3 Formación del fango granular

El proceso de formación de fango granular es uno de las cuestiones más interesantes y enigmáticas cuando se intenta entender los fundamentos de las tecnologías de fango granular, por lo que alrededor de este tema han surgido numerosas investigaciones. Muchas teorías sobre la granulación confirman que las bacterias *metanógenas acetotróficas* del género *Methanosaeta* juegan un papel clave en la granulación.

Según la teoría del spaguetti, propuesta por el Doctor W. Wiegant, los filamentos de *Methanosaeta* se agregan enmarañándose, formando los primeros pellets conocidos como “bolas de spaguetti”. Estos agregados sirven de superficie de anclaje o soporte para otros microorganismos involucrados en el proceso de degradación anaerobia.

Se cree que los agregados de *Methanosarcina* facilitan la formación de los gránulos. Existe un gran consenso en que la etapa inicial de la granulación es la adhesión bacteriana (un proceso físico-químico), paralela a etapas tempranas de formación de biopelículas, aunque tratar la adhesión bacteriana sólo como un proceso físico-químico limita sus complejos aspectos biológicos. Aunque se ha prestado mucha atención a esta etapa, el lavado de los microorganismos es la etapa más crucial del proceso, ya que facilita el crecimiento de los pellets retenidos (los más pesados). A este respecto, la presencia de partículas inertes que sirven como superficie de adhesión es claramente ventajosa.

La granulación depende en gran medida del crecimiento bacteriano, por lo que optimizando las condiciones de crecimiento se mejorará considerablemente. Se ha comprobado el efecto del pH y la temperatura sobre la tasa de crecimiento de *Methanosaeta concilii*, el organismo clave en la granulación.

2.5.1.4 Aplicaciones

La tecnología para el tratamiento anaerobio a cargas altas constituye una tecnología madura. Al menos 1.200 plantas a escala industrial se han registrado en el mundo para el tratamiento de efluentes industriales (en la actualidad se estima que hay unas 2.500). El

abranco de usos de esta tecnología es muy amplio, ya que el tratamiento anaerobio de aguas residuales no se limita únicamente a la degradación en aguas residuales de contaminación orgánica.

2.5.1.5 Consideraciones ambientales.

Romero (2008) menciona que en todo proceso biológico, los organismos se desarrollarán de manera apropiada si se les provee, básicamente lo siguiente: nutrientes suficientes, ausencia de compuestos tóxicos y condiciones ambientales apropiadas.

En general las bacterias requieren, principalmente, carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno, en menor proporción fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro y magnesio, y como suplemento nutricional cantidades mínimas zinc y molibdeno. Comúnmente, las aguas residuales domésticas contienen los nutrientes requeridos para el crecimiento bacterial, pero algunos residuales industriales puede que no.

Muchas aguas residuales industriales contienen compuestos difíciles o imposibles de descomponer microbially, casos en los cuales hay que utilizar procesos físico-químicos para removerlos. Algunos materiales, como la lignina, solo pueden ser descompuestos por bacterias especializadas y son resistentes a la utilización biológica.

La tolerancia del crecimiento biológico bacterial y demás microorganismos a los compuestos tóxicos, como los metales pesados, es variable según la biomasa, el tipo de proceso, el grado de aclimatación, el tipo de residuos y otros factores.

En los procesos aerobios se considera de gran importancia mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto, generalmente mayor de 1mg/L. En los procesos anaerobios estrictos debe haber ausencia total de oxígeno. En todo proceso, la temperatura y el grado de mezcla son factores de gran influencia, además, para asegurar que los microorganismos crezcan se les debe permitir una permanencia en el sistema o proceso de tratamiento suficiente para su reproducción, dicho período depende de su tasa de crecimiento, la cual es función directa de la tasa a la cual utilizan o metabolizan el residuo.

La actividad metabólica depende de muchos factores ambientales, es decir de las condiciones de vida. Según la especie y tipo de organismo, los factores ambientales aceleran, retardan o inhiben su crecimiento. Para cada factor por ejemplo: intensidad solar, temperatura, pH, contenido de sólidos disueltos- existen límites dentro de los cuales los organismos se desarrollan apropiadamente.

En el tratamiento biológico, las enzimas o catalizadores bioquímicos son necesarios para la descomposición, y su acción es afectada por la temperatura y por el pH. En general, la mayoría de las enzimas requieren pH entre 3,5 y 9,5.

La temperatura del agua residual por tratar afecta los requerimientos de oxígeno en el proceso aerobio, la producción de lodos y el volumen que necesita el reactor biológico. La temperatura es un factor muy importante en la evaluación del rendimiento global de un proceso de tratamiento biológico, pues altera la actividad metabólica de los microorganismos, las tasas de transferencia de oxígeno y las características de sedimentación de los lodos. La temperatura máxima para una actividad biológica aerobia eficiente es del orden de 38 °C. Para el proceso anaerobio, en general, la temperatura óptima es de 32-38 °C.

A criterio del autor si se provee un medio ambiental adecuadamente controlado se puede asegurar una estabilización efectiva del residuo mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos.

2.6 Influencias en el medio receptor de las aguas residuales.

Según Rigola (2008) las consecuencias que acarrearán los vertidos son:

Aparición de fangos y flotantes: Existen en las aguas residuales sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de fango en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultará la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo.

Por otra parte, ciertos sólidos, dadas sus características, pueden acumularse en las orillas formando capas de flotantes que resultan desagradables a la vista y además, pueden acumular otro tipo de contaminantes que pueden llevar a efectos más graves.

Agotamiento del contenido de oxígeno: Los organismos acuáticos precisan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir. Cuando se vierten en las masas de agua, residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se producirá la oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno en el medio.

Daño a la salud pública: Los vertidos de efluentes residuales a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre.

Eutrofización: Un aporte elevado de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos propicia un desarrollo masivo de los consumidores primarios de estos nutrientes; zoo y fitoplancton y plantas superiores.

Otros Efectos: Pueden ser muy variados y van a ser consecuencia de contaminantes muy específicos, como valores de pH por encima o por debajo de los límites tolerables, presencia de tóxicos que afecta directamente a los seres vivos, etc.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

A criterio del autor el retorno de las aguas tratadas a los ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

2.7 Plantas de tratamiento de aguas residuales.

Rigola (2008) plantea que la depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural.

Funcionamiento de una depuradora

El agua sucia se vierte al alcantarillado por industrias y zonas urbanas. El agua llega a la estación depuradora a través de un sistema de colectores. El tratamiento se inicia en el bombeo de entrada, donde el agua es impulsada a una cota que le permitirá circular por diferentes elementos de la planta.

Unas rejas de desbaste retienen la suciedad sólida más gruesa, es así que la operación se repite con tamices más espesos, que forman el desbaste de finos. El pretratamiento continúa y acaba en el desarenador-desengrasador, donde, por procesos mecánicos, se hunden las arenas y flotan las grasas. En casos de fuertes contaminaciones industriales, se añaden coagulantes químicos y se produce la floculación: ello favorece la decantabilidad de la materia en suspensión. Rodríguez, et al., (2006) afirma que la coagulación-floculación es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)

El siguiente paso consiste en separar por medios físicos las partículas procedentes de la descomposición de la masa sólida (detrito) en el decantador primario, en cuyo fondo se pretende depositen los fangos primarios. La carga contaminante restante se elimina por medio biológicos, ya que determinadas bacterias se alimentan de la materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión. Para ello, necesitamos un depósito llamado reactor biológico y una aportación de oxígeno. En el edificio de sopladores se aporta al reactor biológico el aire que las bacterias necesitan para poder asimilar la materia orgánica.

Por su peso, los biosólidos formados en el reactor se depositan en el fondo del decantador secundario y así se separan del agua. El agua ya limpia retorna a la naturaleza y continúa su ciclo.

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, para Romero (2008), depende principalmente de:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad del terreno
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- La confiabilidad del sistema de tratamiento
- La factibilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

La mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas.

Según el grado de complejidad y tecnología empleada, las Estaciones regeneradoras de aguas residuales se clasifican como:

- a) **Convencionales.** Se emplean en núcleos de población importantes y utilizan tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable y precisan mano de obra especializada.
- b) **Tratamientos blandos.** Se emplean en algunas poblaciones pequeñas y alejadas de redes de saneamiento. Su principal premisa es la de tener unos costos de mantenimiento bajos y precisar de mano de obra no cualificada. Su grado de tecnificación es muy bajo, necesitando poca o nula energía eléctrica.

2.8 Metodología de análisis, síntesis y diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales.

Según Romero (2008) el tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas porque incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de efluentes y de métodos de disposición muy diferentes.

El tratamiento de aguas residuales incluye tratamiento de agua de una sola residencia, de aguas residuales de condominios y urbanizaciones, de aguas residuales de alcantarillados municipales combinados, así como de aguas grises, negras e industriales de procesos de manufactura con calidades muy específicas y variables según el proceso del cual provienen.

El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituyen la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente.

La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y la comparación de costos de las alternativas propuestas.
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento del sistema construido.

Las condiciones óptimas de operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales dependen de las características físicas, sociales y económicas prevalentes en el sitio de localización de la planta, las cuales deben tenerse en cuenta al definir el diseño del sistema, porque ellas establecen la confiabilidad, flexibilidad, requerimientos de personal técnico, grado de automatización y control de proceso, y costos de la operación y mantenimiento.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales de diseño y eficiencia excelente, pero con costos de operación y mantenimiento tan altos que su propietario no tiene capacidad de sufragar, es mejor no construirlo. La experiencia indica que el costo inicial y los costos de operación y mantenimiento constituyen el factor primordial al adoptar una solución de control de contaminación hídrica exitosa. Por otra parte, un sistema de tratamiento de baja confiabilidad no garantiza la producción de un efluente de la calidad requerida y convierte la

operación del sistema en un problema que obliga a poner atención y destinar recursos excesivos a esta actividad. La disponibilidad de personal técnico altamente calificado y de suficientes recursos económicos es prerequisite para la adopción de diseños con equipos mecánicos complejos, consumos permanentes de energía y niveles de control y automatización altos. Finalmente, la flexibilidad de los procesos para aceptar modificaciones futuras, que aseguren una optimización factible, mediante la adición de equipos o tecnología innovadora, es un factor de gran influencia sobre el diseño. En resumen, los principales factores de importancia en la selección de procesos y operaciones de tratamiento son los siguientes:

- Factibilidad: El proceso debe ser factible y por consiguiente compatible con las condiciones existentes de dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad del cliente o de la comunidad propietaria del mismo.
- Aplicabilidad: El proceso debe ser capaz de proveer el rendimiento solicitado, es decir, estar en capacidad de producir un efluente con la calidad requerida para el rango de caudales previsto.
- Confiabilidad: El proceso debe ser lo más confiable posible, esto es, que sus condiciones óptimas de trabajo sean difíciles de alterar, que tenga capacidad de soporte de cargas y caudales extremos y mínima dependencia de tecnología u operación compleja.
- Costos: El proceso ha de ser de costo mínimo. La comunidad o el propietario debe estar en capacidad de costear todos los compuestos del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento.
- Características del afluente: Estas determinan la necesidad de pretratamiento primario o tratamiento secundario, tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o combinado), necesidad de neutralización o de igualamiento, así como el tamaño, cinética y tipo de reactor.
- Procesamiento y producción de lodos: La cantidad y calidad del lodo producido determina la complejidad del tratamiento requerido para su disposición adecuada. Procesos sin problemas de tratamiento y disposición de lodos son los ideales. Para Mahamud, et al., (1996), la producción de lodos por parte de una instalación de depuración de aguas residuales es una consecuencia inherente al funcionamiento de la misma.
- Requerimientos de personal: Procesos sencillos requieren menos personal, menor adiestramiento profesional y por tanto son más ventajosos.

A criterio del autor para proveer la ejecución de dichas etapas, se requiere el aporte de profesionales de la ingeniería química, microbiología, geología, arquitectura, ingeniería ambiental y sanitaria y por supuesto de la economía. Sin embargo, el papel principal lo desempeñan el ingeniero ambiental y de saneamiento ambiental, responsables de la propuesta del sistema y del diseño del sistema de tratamiento respectivamente, y de quienes depende el éxito del proyecto propuesto.

Procesos para los tratamientos de aguas residuales

El diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la selección del tipo de plantas depuradoras a construir requiere el análisis de diferentes alternativas y escenarios bajo la consideración de los siguientes aspectos.

- Cumplir las leyes ambientales y reglamentos locales.
- Reducción de los costos de construcción, operación y mantenimiento
- Simplificar el proceso de tratamiento y operación
- Reducción del requerimiento de espacio necesario para su implantación.
- Garantizar un óptimo tratamiento de las aguas
- Bajo porcentaje de equipos sofisticados y de continua remoción.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y duración del estudio.

El objeto de estudio es la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Parroquia 16 de Agosto del Cantón Palora perteneciente a la Provincia de Morona Santiago. Es una parroquia de aproximadamente 30ha, de las cuales solo 12ha conforman la zona centro poblada de la parroquia. Se encuentra ubicada a 7km de Palora en la vía que conduce a la ciudad del Puyo, y a 95km aproximadamente de la misma. Esta PTAR está a 72m de distancia del centro poblado de la Parroquia y a escasos 33m de una finca netamente agrícola dedicada al policultivo (cacao, caña, plátano, oros, yuca, pitajaya, mandarinas, naranjas, etc.).

A continuación se detallan las coordenadas geográficas del objeto de estudio así como también otros aspectos de importancia.

Coordenadas:

Latitud 1° 50' 39" Sur

Longitud 78° 04' 35" Oeste

Extensión superficial: 1ha

Campo: Tratamiento de Agua Residual.

Área: Ambiental

Aspecto: Falta de mantenimiento de la planta de tratamiento.

Lugar: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tiempo: Segundo Trimestre del año 2011

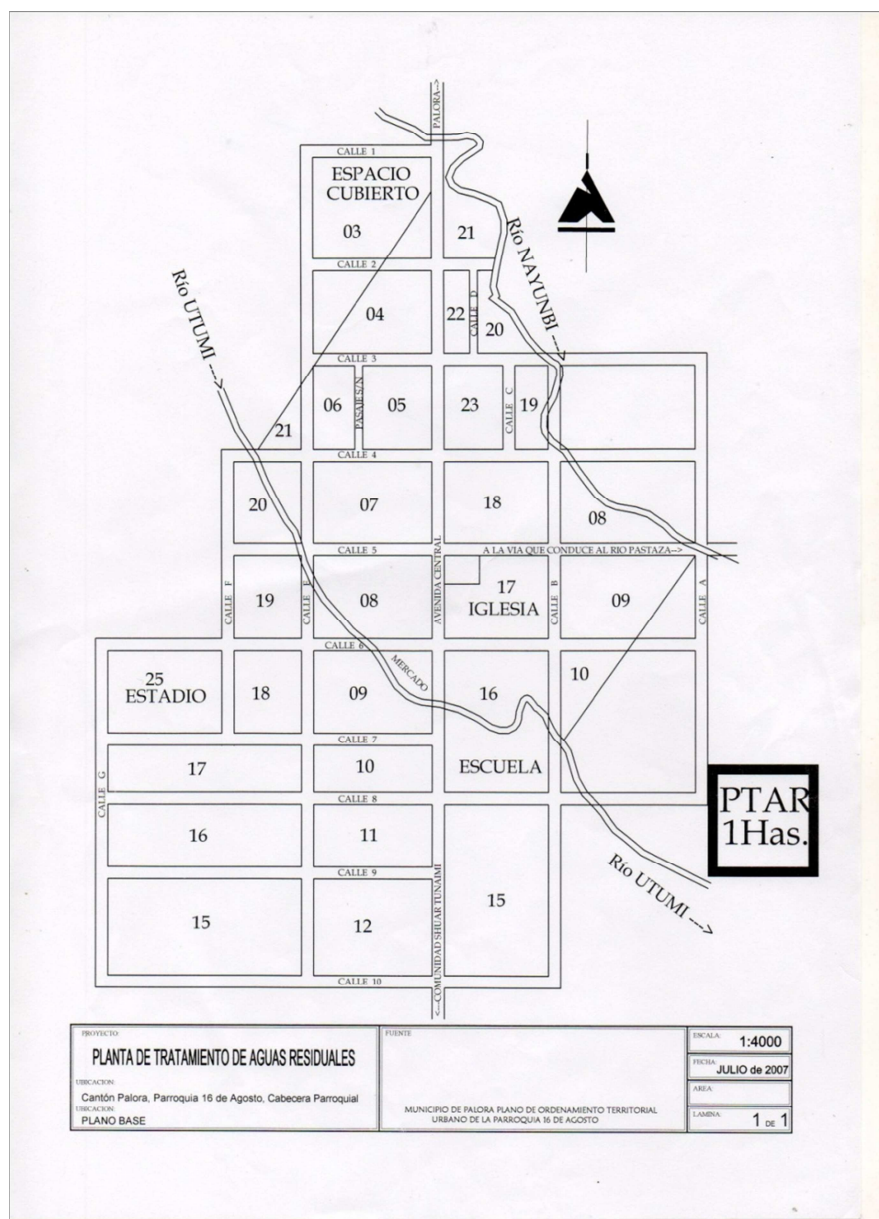


Figura 1. Plano Regulador de la Parroquia 16 de Agosto y ubicación de la PTAR.

Elaboración: Mayra Heras 2011.

Duración del experimento.

El experimento tuvo una duración de dos meses.

3.2 Condiciones meteorológicas.

Tabla 1. Datos Meteorológicos del Cantón Palora

CLIMA	PRECIPITACIÓN ANUAL PROMEDIO (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	HUMEDAD RELATIVA ANUAL (%)	EVAPORACIÓN ANUAL (mm)	ALTURA MEDIA SOBRE NIVEL DEL MAR (m)
Húmedo tropical	4000	26	80	790	860

Fuente: Municipio del Cantón Palora

3.3 Materiales y equipos.

Materiales

- Insumos de oficina
- Cinta métrica
- Guantes de nitrilo
- Jarra de 1 litro
- Frascos estériles para toma de muestras.
- Botas de caucho.
- Frascos de 1 litro color ámbar
- Cooler
- Refrigerantes

Equipos

- Cronómetro
- Peachimetro
- Cámara
- 1 laptop

3.4 Factores de estudio.

Los factores de estudio dentro de este proyecto a ser evaluados son:

3.4.1 Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Agua Residual.

Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos y equipos disponibles en un tiempo predeterminado.

3.4.2 Afectación a la calidad del agua.

Un efluente afecta de forma negativa a la calidad del agua donde ésta se descarga, de tal forma cambia las características naturales del agua, alterando el equilibrio de este ecosistema, por tanto es importante realizar los respectivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos a la fuente receptora del agua residual, considerando los parámetros señalados en el numeral 3.6

3.5 Análisis Estadístico.

En el estudio se utilizó el método estadístico descriptivo para el análisis de la información. Para el efecto se realizaron comparaciones aritméticas entre los resultados obtenidos en los análisis de calidad del agua realizados y con los valores máximos permitidos en la normativa vigente respecto a descargas líquidas en cuerpo de agua dulce. Para el efecto se aplicaron herramientas gráficas como histogramas y tablas de datos.

3.6 Variables y parámetros medidos.

- Tiempo de Retención en el desarenador. (horas)
- Volumen de arena a extraer del desarenador. (mg/s.)
- Velocidad de sedimentación. (m/s)
- Tiempo de retención hidráulica en el sedimentador. (horas)
- Carga superficial en los filtros. (m³/m²/día)

Parámetros Analizados en:

Laboratorio CESTTA:

- Potencial de Hidrogeno
- Nitrógeno Total
- Fosforo
- DQO

- Coliformes fecales

Laboratorio Municipio Cantón Palora:

- Coliformes fecales
- pH
- Color
- Turbiedad
- Temperatura
- Sólidos Totales Disueltos
- Conductividad eléctrica
- Hierro Total
- Manganeseo
- Nitrógeno Amoniacal
- Nitratos
- Nitritos
- Fosfatos
- Coliformes totales

Estos análisis se lo realizaron en una ocasión los laboratorios del CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y en el laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Palora.

3.7 Manejo de la investigación.

3.7.1 Descripción del proceso metodológico

Caracterización de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la parroquia 16 de agosto a través de la observación directa, entrevistas, etc, logrando identificar tres puntos clave para esta investigación, primero la falta de mantenimiento de la PTAR, segundo realizar análisis físicos, químicos y bacteriológicos para determinar la calidad del efluente vertido hacia el estero blanco y finalmente un análisis en cuanto a determinación hidráulica de cada una de la operaciones unitarias que posee la PTAR.

3.7.1.1 Medición de caudales y volumen de agua.

Para realizar el aforo de caudal que llega a la PTAR, así como del volumen de agua residual antes de ingresar a los tanques UASB, se utilizó el método volumétrico, el mismo que permite medir caudales de agua para luego determinar el volumen utilizado en determinado espacio de tiempo. Para ello es necesario contar con un recipiente de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 o 3 veces y se promedia con el fin de asegurar una mayor exactitud. (Bello M. et al, 2000)

3.7.1.2 Determinación hidráulica

Se procedió a realizar la determinación hidráulica de las diferentes unidades operacionales que posee la PTAR, para lo cual se tomo las medidas del desarenador, tanques UASB y filtro durante un día. Este análisis lo que nos va a ayudar a determinar es, si cada unidad operacional está trabajando dentro de la capacidad para lo que fue construida y si su dimensionamiento está acorde a la exigencia poblacional. Se determino el tiempo de retención en el desarenador, tiempo de sedimentación; tiempo de retención hidráulica en los tanques UASB.

Finalmente una vez identificados los problemas o deficiencias que la planta posee se propone un manual de mantenimiento para mejorar las condiciones actuales de la PTAR.

El proceso metodológico seguido para llevar a cabo la recopilación y el procesamiento de la información que se realiza en este trabajo aparecen reflejados de forma resumida en la figura 2.

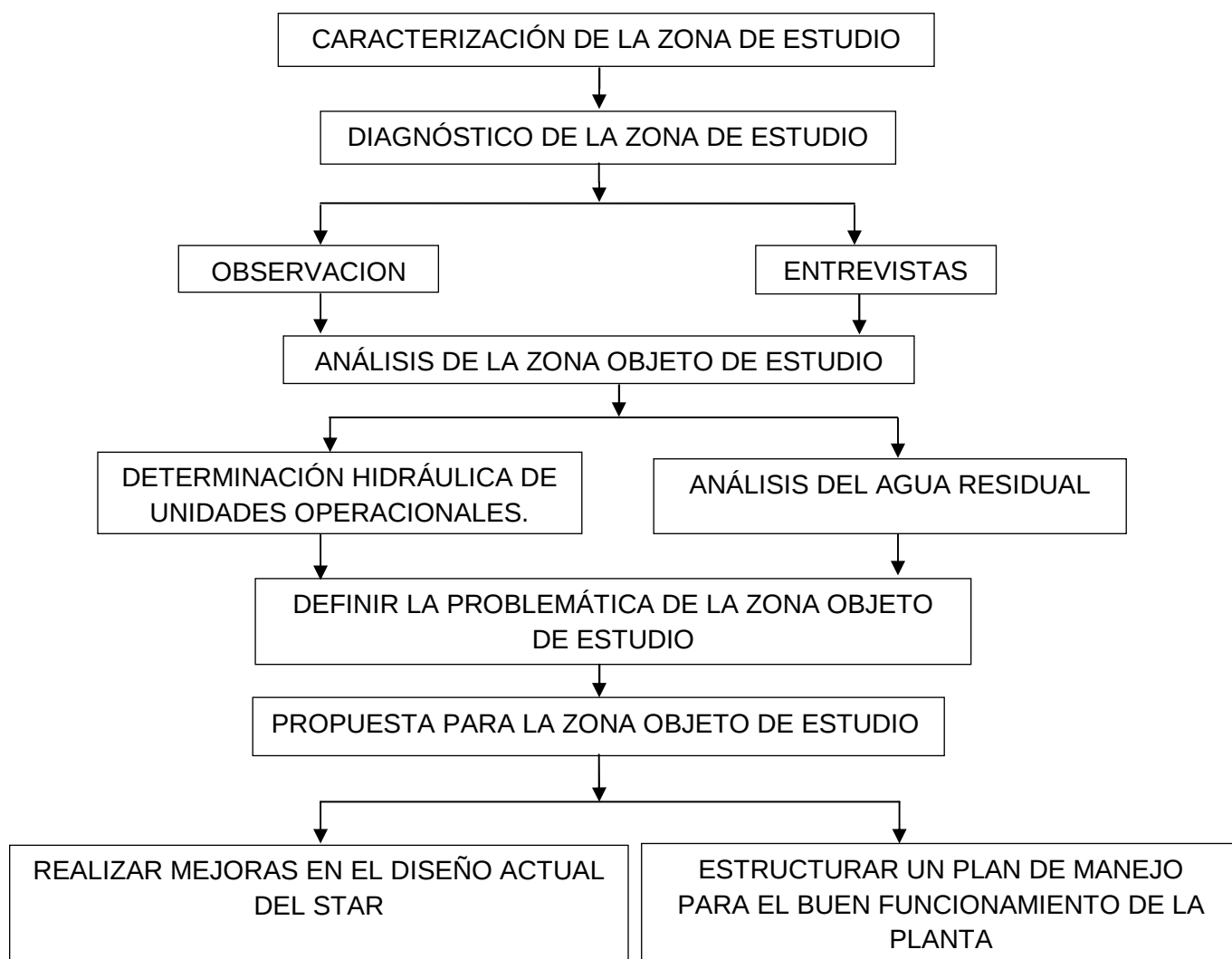


Figura 2. Proceso metodológico de la investigación

Elaboración: Mayra Heras. 2011

3.8. Métodos y técnicas utilizadas

Método empírico.- Sirvió para recopilar información para el desarrollo del proyecto investigativo. Dentro de este método utilizaremos: el hecho, la observación y la medición.

Método teórico.- Permitió ascender del acondicionamiento de información empírica a describir, explicar, determinar las causas y determinar la hipótesis investigativa.

Técnica de observación: Se efectuó de manera directa a la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia 16 de Agosto para identificar los posibles problemas en el manejo y funcionamiento que frenen la eficiencia de la misma.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, misma que a partir del año 2008 entra en funcionamiento; esta planta de tratamiento abarca una hectárea y el área netamente de construcción es aproximadamente de 255m².

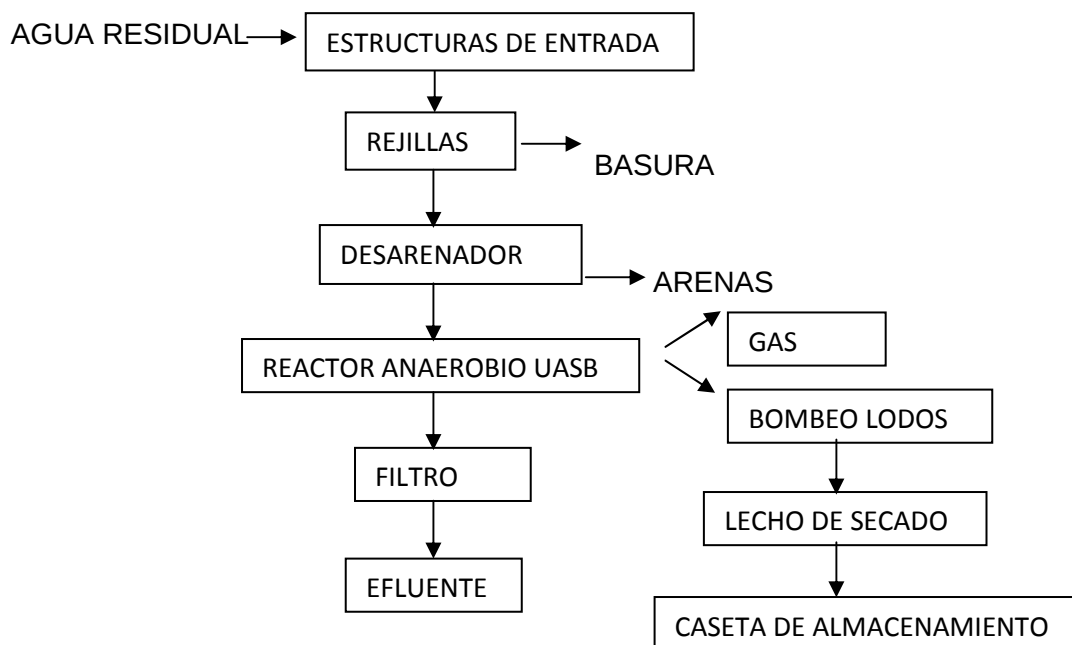


Figura 3.Diagrama de operaciones para el tratamiento de agua residual de la Parroquia 16 de Agosto.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

El sistema de tratamiento implementado en esta parroquia para tratar el agua residual es un sistema primario tradicional con desarenador y cribas, para el tratamiento secundario anaerobio se trabaja con un sistema trifásico de tanques UASB de flujo ascendente, el cual trabaja de la siguiente manera, el agua que ingresa pasa por tres tanques en los cuales se va separando la materia orgánica, líquida y gaseosa; el agua que sale del tercer tanque es llevado mediante tubería perforada hacia un lecho de filtrado compuesto por varias capas de

material pétreo y triturado para finalmente este caudal filtrado ser recolectado hacia una tubería PVC, el cual pasa por tres tanques estabilizadores de caudal recorriendo una longitud de 12m hasta llegar finalmente al cuerpo receptor (estero blanco) del agua residual. La Planta de Tratamiento de Agua Residual de la Parroquia también cuenta con lecho de secado y caseta para almacenar los lodos.

Todos y cada uno de los procesos antes mencionados se encontraron al momento de la investigación abandonados y cubiertos de maleza, a excepción del desarenador junto con las cribas el cual se encontró lleno de basura y restos de materia orgánica obstruyendo de esta manera el paso normal del caudal, esto se origina ya que no existe un mantenimiento de ninguna índole, están descuidadas y prácticamente abandonadas.

4.1.1 Tanque Receptor de Aguas Residuales.

Una vez que las aguas residuales llegan a la PTAR son recolectadas en un tanque de hormigón armado. Las dimensiones del tanque recolector son: 1,20 m x 1,20 m, con una profundidad de 1,20 m, y un volumen útil de 1.728 m³ o 1728 L.



Figura 4. Tanque recolector de aguas servidas

Este tanque no cuenta con un adecuado mantenimiento, lo que ha causado en varias ocasiones obstrucciones del fluido en el conducto. Durante la investigación se observó que la tubería que conduce el fluido desde el pozo recolector hasta el desarenador se encontraba tapado, lo que ocasionaba que el agua residual rebose por encima del tanque recolector.



Figura 5. Interior del tanque recolector en malas condiciones por falta de mantenimiento

4.1.2 Desarenador de limpieza manual.

Posteriormente el agua residual recorre una distancia de aproximadamente 85 m, mediante una tubería corrugada de 160 mm de diámetro hasta llegar al tratamiento primario, el cual es realizado mediante un desarenador de limpieza manual.



Figura 6. Sistema de tratamiento primario(Desarenador)

En la parte inicial del desarenador existe dos cribas, la primera detiene los sólidos de gran tamaño y la segunda los de menor tamaño. El agua residual en tratamiento pasa por la estructura lineal del desarenador, el recorrido es lento para que los sólidos de mayor peso específico se queden en el interior.



Figura 7. Cribas **Figura 8.** Acumulación de sólidos

Luego el líquido es conducido hasta un vertedero que tiene la función de regular el caudal, cuando éste está en exceso. Además prepara el fluido en tratamiento para que pasen a los sedimentadores.



Figura 9. Vertedero regulador de caudal

Posteriormente el agua en proceso recorre por una tubería PVC de 100 mm, la misma que está cubierta por una capa de hormigón armado, hasta llegar al siguiente procedimiento que es la sedimentación.

4.1.3 Reactor UASB.

El reactor de flujo ascendente separa líquido, sólido y gas. Este proceso de sedimentación posee un sistema trifásico (3 tanques UASB conectados en serie).

Primer Tanque UASB.- Varios tubos conectados de la pared del tanque hacia un canal receptan el agua hacia el interior de tanque, esto se realiza con el propósito de que no exista turbulencia al entrar el efluente. Estos tubos al estar conectados con la pared superior del tanque, permite la salida del gas que se genera producto de la descomposición de la materia orgánica.

El primer tanque UASB tiene sección triangular rectangular, sus dimensiones son: 4,5 m de largo, 2 m de ancho y 5 m de altura, por lo tanto tiene un volumen útil de 22,5 m³ o 22500 L.



Figura 10. 1er UASB, comparación antes de su funcionamiento **Figura 11.** 1er UASB etapa de funcionamiento

En un extremo de este tanque existen cuatro pequeñas válvulas que sirven para monitorear su volumen, sin embargo durante la investigación se observó que estas válvulas permanecen abiertas lo que ocasionaba derrame de agua residual sin tratar.



Figura 12. Vereda **Figura 13.** Derrame de agua residual por negligencia

Segundo tanque UASB.

Posteriormente el agua pasa a un segundo tanque UASB, donde se sedimentan las partículas que no fueron retenidas anteriormente. El tanque no tiene tubos abiertos que permitan la evacuación de gases puesto que el agua a tratarse aquí ya no tiene carga orgánica considerable por lo que se considera mínima la generación de gases.

El tanque tiene sección triángulo equilátero, sus dimensiones son: 4,5 m de largo, 2 m de ancho y 5 m de altura, por lo tanto tiene un volumen útil de 22,5 m³ o 22500 L.



Figura 14. Segundo tanque UASB de la serie

Tercer Tanque UASB.

Para terminar el proceso en el reactor UASB, finalmente el agua residual pasa por un canal hacia el tercer tanque UASB, aquí eliminan partículas que no sedimentaron en los tanques anteriores. El tanque tiene sección triangular rectangular, se ubica de manera contraria a la del primer tanque UASB. Las dimensiones del tercer tanque son las siguientes: 4,5 m de largo, 2 m de ancho y 5 m de altura, por lo tanto tiene un volumen útil de 22,5 m³ o 22500 L.



Figura 15. Tercer tanque UASB del sistema

4.1.4 Filtro.

Una vez que el fluido sale del tercer tanque UASB se reúne en un canal para posteriormente pasar al sistema de filtración.

El agua en proceso llega a los filtros por medio de unos tubos de PVC, que están conectados al canal de recolección, estos tubos se encuentran ubicados por encima del filtro y poseen pequeños orificios por donde sale el agua y cae sobre el filtro.

El afluente que llega al filtro atraviesa cada capa del lecho filtrante, provocando que las partículas queden impregnadas en éstas, reduciendo en gran proporción la carga contaminante del fluido.

Las dimensiones del lecho filtrante son: 2 m de largo y 1,10 de ancho y el área filtrante útil es de 2,2 m².



Figura 16. Foto de archivo para comparación.**Figura 17.**Filtro, durante etapa de funcionamiento

El agua que sale del proceso de filtración pasa a través de diminutos agujeros que existen en la parte inferior de la caja del filtro y caen sobre una superficie inclinada de cemento que se encuentra a nivel del suelo.



Figura 18. Parte inferior del filtro con orificios**Figura 19.** Efluente regado en el piso.

La superficie receptora del residual se encuentra al aire libre lo que ocasiona derrames, contaminando los alrededores y generando malos olores. Posteriormente el agua tratante llega hasta un tubo de PVC de 100 mm, el mismo que conduce el vertido hacia tres cajas de revisión consecutivas que se encuentran en un tramo de 10 m aproximadamente.



Figura 20. Vereda derrame de agua residual**Figura 21.** Tanque de revisión 2

4.1.5 Lecho de secado.

Detrás de los Tanques UASB 1 y 2 existe una válvula que permite evacuar lodo que se sedimenta, estos lodos son conducidos por medio de una tubería de PVC-D de 200 mm hasta el lecho de secado.

Las dimensiones del lecho secado son: 5 m de largo, 2 m de ancho y 1 m de profundidad, por lo tanto posee un área superficial de 10 m² y un volumen útil de 10 m³. En el fondo del lecho de secado están colocados tubos con orificios, sobre esta se colocó piedra molida y sobre ésta una lona de protección pero que actualmente no se le ha dado uso, está completamente destruida y llena de monte.



Figura 22. Foto de archivo para comparación.**Figura 23.** Lecho de secado. Sin mantenimiento.

Válvula de extremos roscados con volante para evacuar lodo sedimentado en los tanques UASB producto del proceso de sedimentación, pero como se aprecia en la fotografía está incompleta ya que no se puede abrir por falta del volante para girar.



Figura 24. Válvula con extremos roscados sin volante (evacuación de lodos de tanques UASB).

4.1.6 Caseta de almacenamiento de lodo.

Existe una pequeña caseta que fue construida con el propósito de almacenar los lodos deshidratados para luego ser utilizados como abono orgánico, sin embargo esto aún no se realiza y como se puede apreciar no existe ningún trabajo de mantenimiento y limpieza de estas áreas.



Figura 25. Foto de archivo para comparación. **Figura 26.** Caseta para almacenar lodo

4.1.7 Recorrido del fluido una vez que sale de la PTAR.

A la salida de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), el fluido recorre una distancia de 16 m pasando por tres cajas de revisión, el vertido es conducido por una tubería de PVC-D corrugada de 200 mm.



Figura 27. Caja de revisión**Figura 28.** Caja de revisión llena de maleza

Finalmente el efluente llega al estero blanco y posteriormente al río Utumi.



Figura 29. Destino final del efluente.**Figura 30.** Receptor, estero blanco.

Luego de la caracterización de la PTAR se determino:

- Aglomeración de arena en el primer tanque recolector y posterior taponamiento por acumulación de sedimentos en la tubería corrugada (PVC 200 mm de diámetro) que conduce el agua residual hacia el desarenador.
- El desarenador presenta acumulación de sedimentos (lodo, arena, etc.), mismo que no recibe ningún tratamiento.
- Las cribas están completamente llenas de residuos sólidos (basura).
- En los canales de recolección del agua residual, tanto al ingreso a los tanques UASB como en los canales de salida hacia el filtro, no existe ningún tipo de mantenimiento por lo tanto hay acumulación de lodo sedimentado y maleza, obstruyendo así el flujo normal del efluente.

- El área del filtro está completamente llena de maleza.
- Las fuertes precipitaciones inundan la caseta de almacenamiento y la planta baja del filtro que sirve como superficie receptora del agua proveniente del filtro provocando una mezcla del agua filtrada con agua lluvia, y en ocasiones permanece anegado por lo que proliferan vectores y malos olores.
- En general se evidencia la falta de mantenimiento de toda la planta de tratamiento.

4.2 DETERMINACIÓN HIDRÁULICA DE LAS UNIDADES EXISTENTES

La tabla 2. Muestra el tiempo de retención en el desarenador. Destacándose con un tiempo máximo de retención de 0,8889 horas con un caudal de 0,0015 m³/s. La planta de tratamiento trabaja con un tiempo de retención promedio de 0,6823 horas.

Tabla 2. Determinación del tiempo de retención en el desarenador

PARÁMETROS # de Muestras	AREA SUPERFICIAL DEL DESARENADOR m²	ALTURA m	VOLUMEN m ³	CAUDAL m ³ /s	TIEMPO DE RETENCIÓN horas
1	6,00	0,800	4,800	0,0015	0,8889
2	6,00	0,800	4,800	0,0017	0,7843
3	6,00	0,800	4,800	0,0019	0,7018
4	6,00	0,800	4,800	0,0022	0,6061
5	6,00	0,800	4,800	0,0023	0,5797
6	6,00	0,800	4,800	0,0025	0,5333
PROMEDIO					0,6824

Elaboración: Mayra Heras. 2011

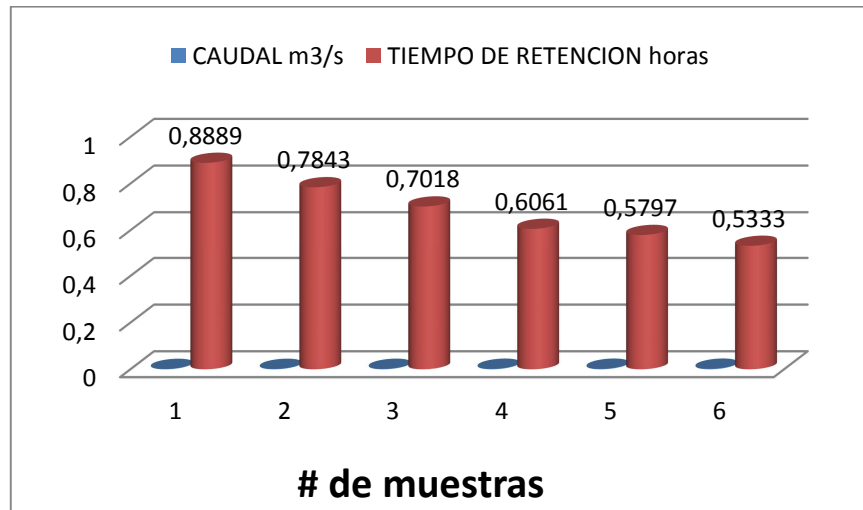


Figura 31. Tiempo de retención hidráulica en el desarenador.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

El tiempo de retención en el desarenador se determinó con la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q}; \text{ Donde:}$$

V: Volumen total del desarenador

Q: Caudal que está llegando al desarenador

El volumen del desarenador se calculó con la expresión:

$$V = Ad \times h; \text{ Donde:}$$

A: Área superficial total del desarenador, este valor se determinó por la ecuación.

$$Ad = b \times L; \text{ Donde:}$$

b: Ancho del desarenador y su valor constante es 1,5 m.

L: Largo del desarenador, siendo el valor de 4 m

En la tabla 3. Se muestra el volumen de arena a extraer del desarenador, el mayor volumen a extraer es de 50mg/s cuando se trabaja con caudal de 0,0025m³/s. el promedio de arena a extraer es 40,33mg/s.

Tabla 3. Volumen de arena a extraer del desarenador.

PARÁMETRO #Muestras	SÓLIDOS SOLUBLES FIJOS mg/m ³	CAUDAL m ³ /s	VOLUMEN DE ARENA A EXTRAER mg/s
1	20000	0,0015	30,00
2	20000	0,0017	34,00
3	20000	0,0019	38,00
4	20000	0,0022	44,00
5	20000	0,0023	46,00
6	20000	0,0025	50,00
PROMEDIO			40,33

Elaboración: Mayra Heras. 2011

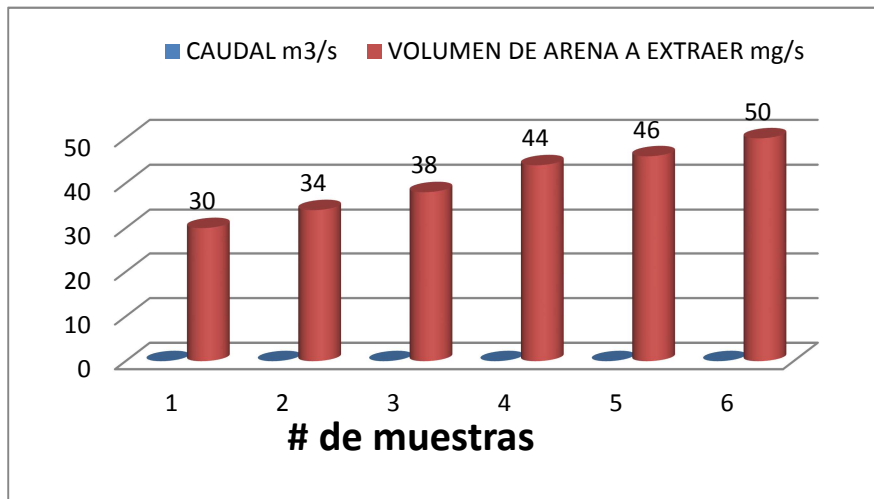


Figura 32. Volumen de arena a extraer del desarenador.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

El volumen de arena que va a extraer el desarenador se calculó con la expresión:

$$V = Q \times SSF; \text{Donde:}$$

Q: Caudal que ingresa al desarenador.

SSF: Cantidad de sólidos solubles fijos, este parámetro se determinó en base a la concentración baja de SSF según WEF (1992).

En la siguiente tabla 4. Se determina la velocidad de sedimentación 0,00055556m/s siendo la más alta con un caudal de 0,0025m³/s, y una velocidad promedio de 0,000448148m/s.

Tabla 4. Determinación de la velocidad de sedimentación

PARÁMETRO # muestras	ANCHO DEL SEDIMENTADOR m	LARGO DEL SEDIMENTADOR m	AREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR m ²	CAUDAL m ³ /s	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION m/s
1	2	4,5	4,5000	0,0015	0,00033333
2	2	4,5	4,5000	0,0017	0,00037778
3	2	4,5	4,5000	0,0019	0,00042222
4	2	4,5	4,5000	0,0022	0,00048889
5	2	4,5	4,5000	0,0023	0,00051111
6	2	4,5	4,5000	0,0025	0,00055556
PROMEDIO					0,000448148

Elaboración: Mayra Heras. 2011

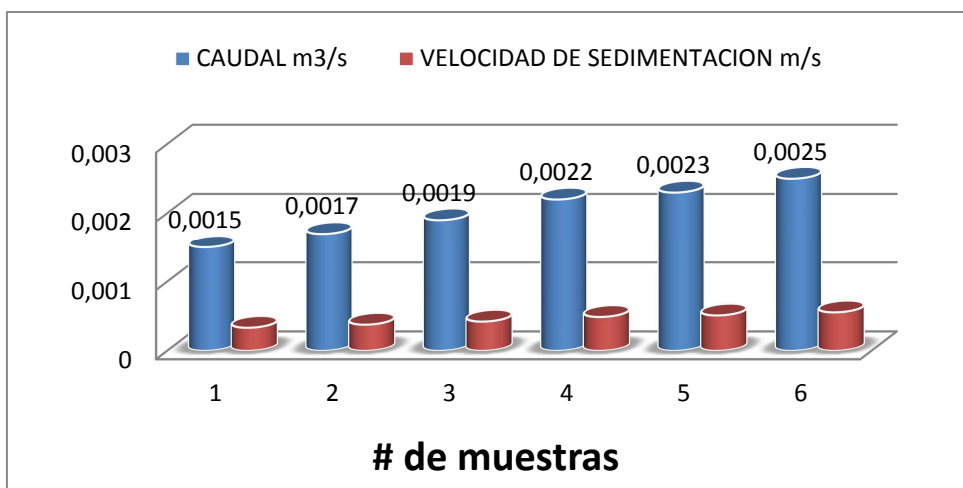


Figura33. Velocidad de sedimentación en tanque UASB

Elaboración: Mayra Heras. 2011

La Velocidad de sedimentación se determinó con la siguiente ecuación:

$$u = \frac{Q}{As}$$

Donde:

A: Área superficial del sedimentador.

Q: Caudal de entrada al sedimentador.

Se utilizó diferentes valores de caudal para determinar el comportamiento de las unidades variando este parámetro. Los valores tomados son los existentes en el PTAR de la parroquia 16 de agosto.

El área superficial del sedimentador se calculó con la siguiente ecuación:

$$As = \frac{b \times L}{2};$$

Donde:

b: Ancho del sedimentador y su valor constante es 2 m.

L: Largo del sedimentador, siendo el valor de 4,5 m

La tabla 5. Muestra el tiempo de retención hidráulica en el sedimentador con un máximo de TRH 4,1667 horas frente al caudal mínimo 0,0015 m³/s y un promedio de 3,1985 horas.

Tabla 5. Determinación del tiempo de retención en el sedimentador

PARÁMETRO # muestras	ÁREA SUPERFICIAL DEL SEDIMENTADOR m ²	ALTURA m	VOLÚMEN m ³	CAUDAL m ³ /s	TIEMPO DE RETENCION horas
1	4,50	5,000	22,500	0,0015	4,1667
2	4,50	5,000	22,500	0,0017	3,6765
3	4,50	5,000	22,500	0,0019	3,2895
4	4,50	5,000	22,500	0,0022	2,8409
5	4,50	5,000	22,500	0,0023	2,7174
6	4,50	5,000	22,500	0,0025	2,5000
PROMEDIO					3,1985

Elaboración: Mayra Heras. 2011

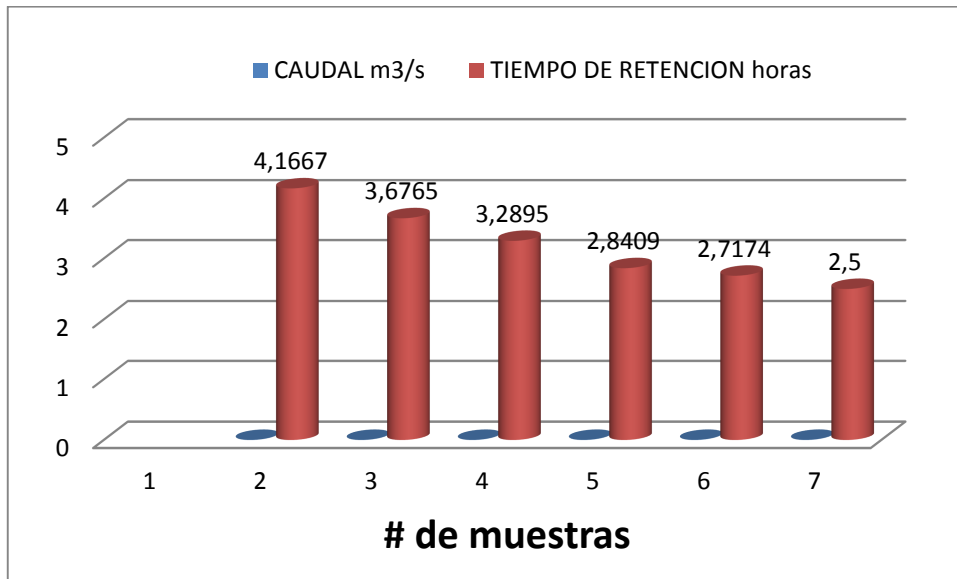


Figura 34. Determinación del tiempo de retención en el sedimentador

Elaboración: Mayra Heras. 2011

El tiempo de retención en el sedimentador se determinó con la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q};$$

Donde:

V: Volumen total para cada sedimentador

Q: Caudal que está llegando al sedimentador

El volumen que llega al sedimentador se calculó con la expresión:

$$V = As \times h;$$

Donde:

A: Área total de cada sedimentador, este valor se determinó por la ecuación.

El área superficial del sedimentador se calculó con la siguiente ecuación:

$$As = \frac{b \times L}{2};$$

Donde:

b: Ancho del sedimentador y su valor constante es 2 m.

L: Largo del sedimentador, siendo el valor de 4,5 m

La tabla 6. Muestra la carga superficial en los filtros en seis caudales diferentes dando como resultado a mayor caudal 0,0025 m³/s carga superficial en los filtros 98,1818 m³/m²/día y un promedio de 79,20 m³/m²/día de carga superficial.

Tabla 6. Carga superficial en los filtros

PARÁMETRO # muestras	ALTURA DE LECHO FILTRANTE m	ANCHO DE LECHO FILTRANTE m	AREA FILTRANTE DE LOS 4 FILTROS m ²	CAUDAL m ³ /s	CARGA SUPERFICIAL m ³ /m ² /día
1	1,1	2	2,200	0,0015	58,9091
2	1,1	2	2,200	0,0017	66,7636
3	1,1	2	2,200	0,0019	74,6182
4	1,1	2	2,200	0,0022	86,4000
5	1,1	2	2,200	0,0023	90,3273
6	1,1	2	2,200	0,0025	98,1818
PROMEDIO					79,20

Elaboración: Mayra Heras. 2011

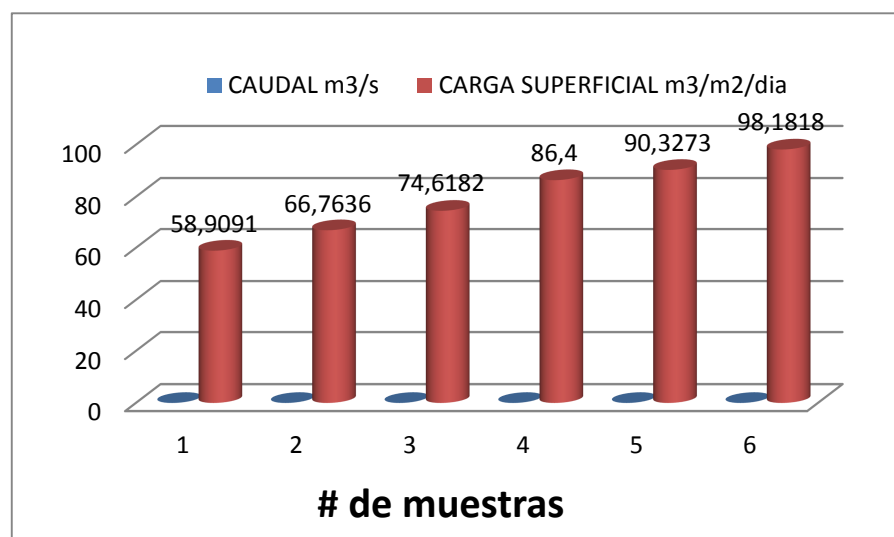


Figura 35. Carga superficial en los filtros.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

La carga superficial se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$qf = \frac{Q}{Af};$$

Donde:

Q: Caudal que está llegando al filtro

Af: Área filtrante del filtro.

El área filtrante del filtro se determinó por medio de:

$$Af = b \times h;$$

Donde:

b: Ancho del lecho filtrante

h: Altura del lecho filtrante

4.3 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.

Tabla 7. Comparación del análisis químico del agua residual de la parroquia 16 de Agosto.

PARÁMETROS	UBICACIÓN				
	Antes de la entrada a la PTAR	Salida de la PTAR	Estero 5m antes de la descarga	Cuerpo receptor(estero) 5m después de la descarga	Límite Permisible
pH	6.27	6.59	5.97	5.74	5 – 9
Nitrógeno total (m/L)	12	6	1	1	15
Fósforo (m/L)	<2	<2	<2	<2	10
DQO (mg/L)	61	21	11	10	250

Elaboración: Mayra Heras. 2011

Todos los parámetros químicos analizados en el CESTTA, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para descargas en un cuerpo de agua dulce que establece el TULAS en el libro VI.

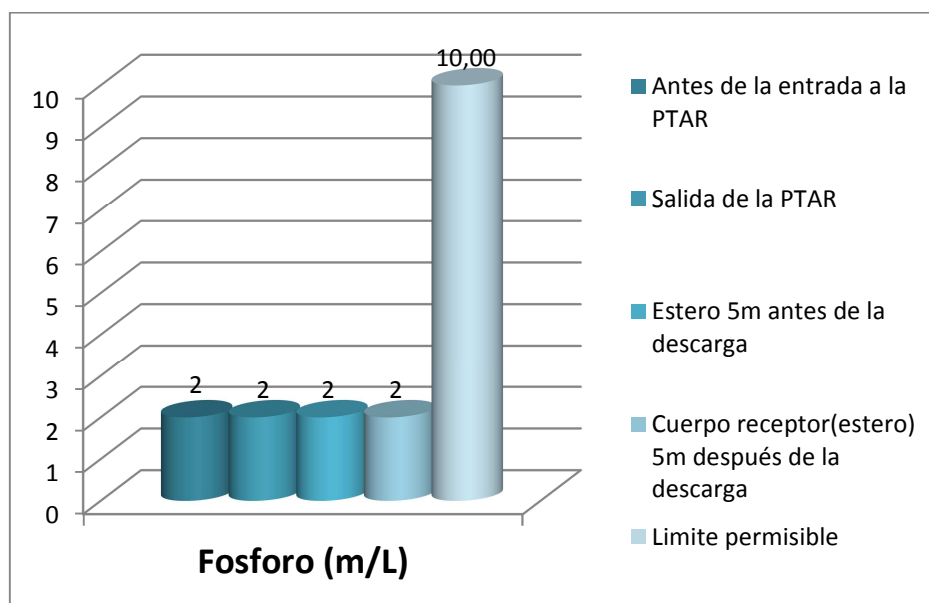


Figura 36. Comparación del análisis químico del Fósforo con el límite permisible
Elaboración: Mayra Heras. 2011

De acuerdo a los análisis realizado en el CESTTA en la ciudad de Riobamba, el fosforo esta dentro de los límites máximos permisibles.

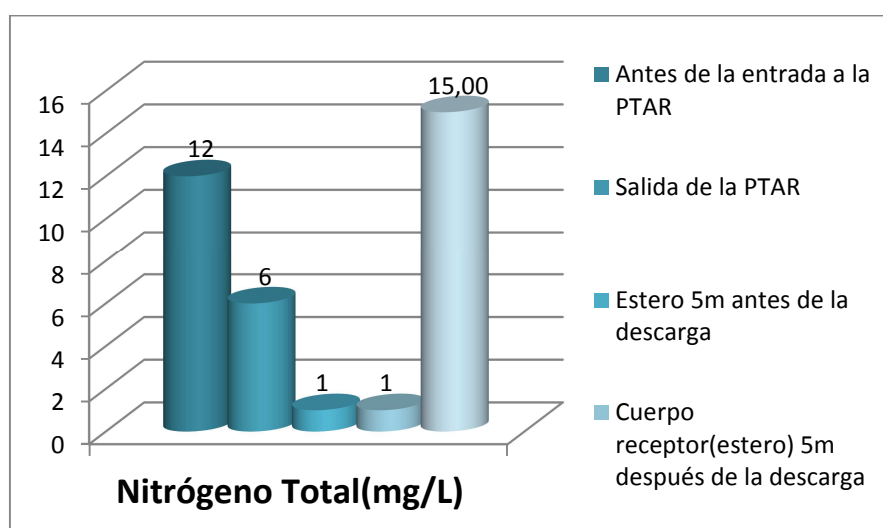


Figura 37. Comparación del análisis químico del Nitrógeno con el límite permisible
Elaboración: Mayra Heras. 2011

Como la figura lo indica el nitrógeno total encontrado en el efluente está muy por debajo de los límites máximos permisibles del TULAS.

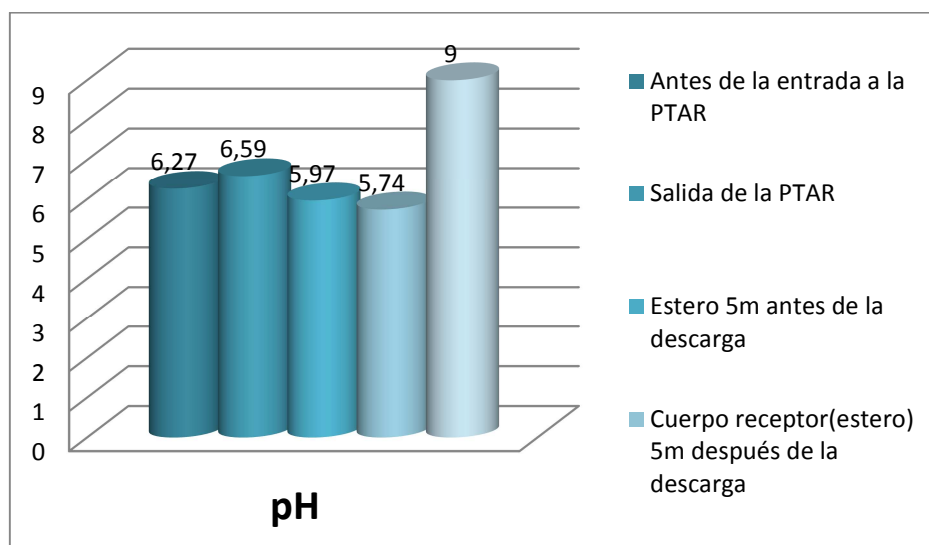


Figura 38. Comparación del análisis químico del pH con el límite permisible
Elaboración: Mayra Heras. 2011

El nivel de pH encontrado en efluente esta dentro de los límites máximos permisible para descargas a un cuerpo de agua dulce como se muestra en la figura.

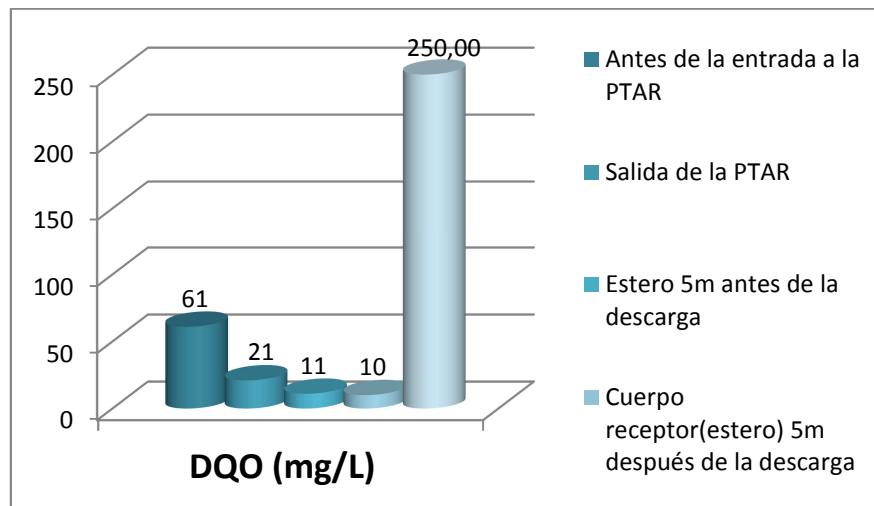


Figura 39. Comparación del análisis químico de la DQO con el límite permisible
Elaboración: Mayra Heras. 2011

La DQO está por debajo del límite permisible establecido en el TULAS, ya que según los análisis realizados en el cuerpo receptor (estero blanco) tenemos una DQO de 10 mg/l y el limite esta en 250 mg/l.

Todos los parámetros analizados están dentro de los límites máximos permisible para descargas a cuerpos de agua dulce establecido en el TULAS.

Tabla 8. Análisis microbiológico de aguas residuales de la Parroquia 16 de Agosto.

DESCRIPCION	COLIFORMES FECALES		
	RESULTADOS (UFC/100mL)	% DE EFECTIVIDAD	LÍMITE PERMISIBLE
Antes de la entrada a la PTAR	$>1 \times 10^6$		⁸ *Remoción > al 99%
Salida de la PTAR	20000	>98%	
Esterio 5m antes de la descarga	1000	>al 99%	
Cuerpo receptor(estero) 5m después de la descarga	200	21	

Fuente: TULAS

Elaboración: Mayra Heras

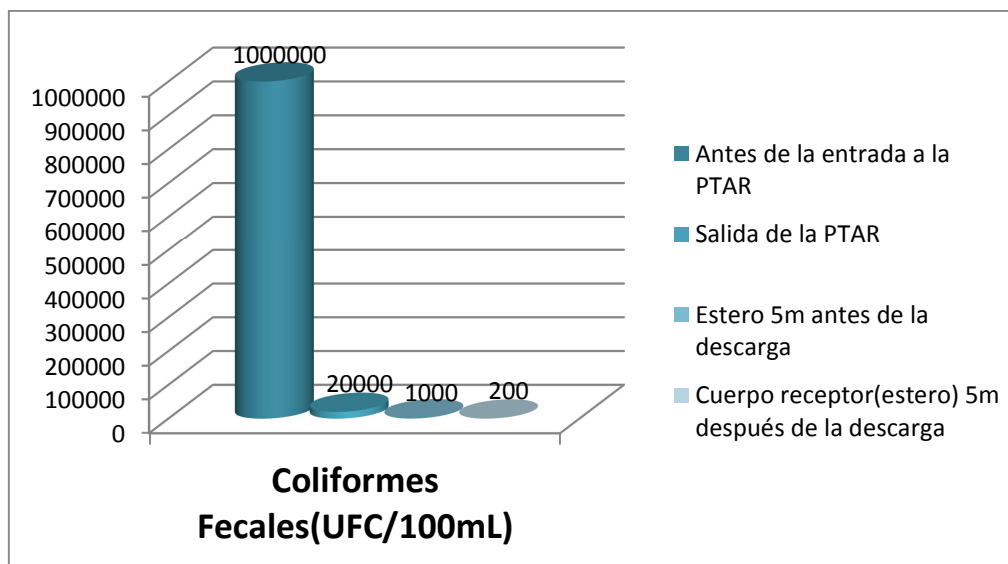


Figura 40. Análisis microbiológico del agua residual de la parroquia 16 de Agosto.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

El estero blanco recibe un efluente con 200 UFC/100ml, el cual está dentro de los límites máximos permisibles ya que el porcentaje de eficiencia de la planta supera el 98% de

remoción de Coliformes Fecales según la Municipalidad, pero al tener 20000 UFC/100mL el efluente que sale de la planta aun manifiesta contaminación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 CARACTERIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Mediante observación se pudo determinar una serie de problemas empezando por el tanque recolector que está completamente cubierto de maleza. La primera caja de revisión tiende a llenarse de sedimentos (arena, lodo, etc.), provocando un estancamiento posterior rebote del agua residual que esta por ingresar a la Planta de Tratamiento. También se presenta acumulación de sólidos (ropa pequeña, pequeños pedazos de madera, etc.) por falta de limpieza y provoca taponamiento de la tubería, disminuyendo el flujo normal del agua residual.

No se realiza limpieza de las rejillas o cribas, además el sistema trifásico de los tanques UASB no cuenta con un control para medir niveles de sedimentación cierre de válvulas en que miden el nivel de lodos sedimentados. Continuando con los filtros, estos no tienen ningún tipo de limpieza.

Algunas de las tuberías se encontraron tapadas producto de la acumulación de sedimentos los cuales impiden el flujo normal del efluente.

El lecho de secado aun no está siendo utilizado por tanto es evidente la falta de mantenimiento puesto que la lona de cubierta está completamente rota. Además no hay limpieza ni mantenimiento de la caseta de acopio para el lodo seco, ni de sus alrededores. No hay una revisión periódica ni limpieza de las cajas de revisión.

De forma general se evidencia la falta de mantenimiento y de personal capacitado para la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia 16 de Agosto.

5.2 DETERMINACIÓN HIDRÁULICA

Se caracterizó la puesta en marcha y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), para lo cual se evaluó el tratamiento preliminar consistente en una

cámara séptica o caja de revisión, un desarenador, reactor UASB (por sus siglas en inglés Up Flow Sludge Blanket), filtro y lecho de secado construido para depurar aguas residuales domésticas de la Parroquia 16 de Agosto. El UASB fue construido para trabajar con un volumen de está en capacidad de trabajar con un volumen de $22,50 \text{ m}^3$ y un Tiempo de Retención Hidráulica máxima de 6 h para una población de 1500 habitantes.

El tiempo de vida útil de la PTAR es de 30 años, sin embargo la población servida de la Parroquia 16 de Agosto en la actualidad es menor, por lo cual los tanques UASB trabajan con un TRH máx. 4,16 h y un TRHpromedio de 3,19 h. El seguimiento y evaluación de la PTAR y en especial del sistema trifásico de tanques UASB, arroja resultados que están muy por debajo de otros estudios y reportes de trabajos similares ya que para Medina Hoyos R. Ivan, Aramayo Ramiro, Gareca Anita y Quiroga Jimena, una población de 1500 habitantes, trabaja con un TRH máx. de 6 horas, sin embargo la población servida es menor, por lo que el UASB trabaja con un TRH máx. 24 h y un TRHmedio de 16,4 h. ya que es directamente proporcional, a menor caudal mayor es el tiempo de retención hidráulica. Lo cual da una idea de que la PTAR no se encontraba trabajando al cien por ciento y por ende su eficiencia no es la esperada. La velocidad de sedimentación en el UASB, tiene un promedio de $0,000448148 \text{ m/s}$.

Otra parte importante de la PTAR es el desarenador el cual tiene un tiempo de retención promedio $0,68235$ horas y el volumen de arena a extraer es de un promedio de $40,33 \text{ mg/s}$. para Misael Saracho. PROMADE/FONAMA – EIA. Este nivel es bajo en este tipo de PTAR; pero considerando que el caudal que ingresa actualmente es mínimo ya que la población servida es pequeña y solo el 40% de casas están conectados a la red de alcantarillado. Y finalmente la carga superficial en los filtros también fue uno de los aspectos que se determinó obteniendo así un promedio de $79,20 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$; como se lo dice considero que está dentro del rango aceptable considerando el caudal con el que se está trabajando. Lo cual se corrobora a continuación con los análisis de agua residual.

De acuerdo a Wang (1994), un reactor anaeróbico de flujo ascendente es más eficiente que un sedimentador primario convencional en la remoción y degradación de sólidos, por lo que un sistema de dos etapas UASB – UASB sería, en principio, más eficiente que un sistema Sedimentador Primario – UASB como el estudiado.

5.3 ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO.

En la tabla 7. Se presenta la comparación del análisis químico del agua residual, considerando parámetros como el pH, Nitrógeno total, fósforo, DQO, que fueron analizados en el CESTTA, obteniéndose como resultado que todos los parámetros están dentro de los límites máximos permisibles para descargas en un cuerpo de agua dulce que establece el TULAS en el libro VI.

En la tabla 8. Los análisis de coliformes fecales están en 200 UFC/100ml, el cual está dentro de los límites máximos permisibles ya que el porcentaje de eficiencia de la planta supera el 98% de remoción de Coliformes Fecales según la Municipalidad, pero al tener 20000 UFC/100mL el efluente que sale de la planta aun manifiesta contaminación.

CAPÍTULO VI

6.1 PROPUESTA DE UN MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA PARROQUIA 16 DE AGOSTO.

El propósito u objetivo de este manual es identificar y uniformizar los procedimientos básicos de operación y mantenimiento en una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y la determinación de los requisitos de seguridad e higiene que debe reunir la planta de tratamiento contribuyendo así con la protección del operador y la población aledaña.

Tabla 9. Puntos críticos identificados durante la investigación.

PUNTO CRÍTICO	OBSERVACIONES
INFRAESTRUCTURA (No se toman en cuenta los de diseño o construcción)	Deterioro de elementos debidos a falta o inadecuada limpieza, falta de elementos de medición de caudal (puntos de control, reglas, etc.), válvulas rotas y aisladas, omisión o deterioro de acabados (repellos).
OPERATIVOS	Falta o limpieza incompleta de elementos, procedimientos de limpieza inadecuados, no se lleva control de operaciones realizada (limpiezas, mediciones de caudal, toma de muestras, etc.), no se tiene control de tiempos, períodos o cantidad de lodos extraídos, mala disposición final de desechos.
SEGURIDAD	Falta de elementos de seguridad como barandas en elementos altos o escaleras, cerca perimetral, rótulos preventivos o informativos y otros elementos, falta o deterioro de equipo de seguridad, falta de botiquines de primeros auxilios.
NIVEL COGNOSCITIVO	Falta de personal técnico calificado, falta de capacitaciones periódicas, desconocimiento de la importancia del uso del equipo de protección, carencia de listado de actividades a realizar y períodos y procedimientos de realización, falta de registros, desconocimiento de métodos correctos dedisposición de residuos, etc.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

Además de los puntos críticos, sobre la base de una investigación bibliográfica se determinaron los parámetros de operación hidráulicos y físicos, que pueden ser fácilmente cuantificados o apreciados por los operadores con ayuda de equipo sencillo o por simple observación, los parámetros seleccionados se presentan a continuación:

Tabla 10. Parámetros de control

	TIPO DE PARÁMETRO	PUNTO DE CONTROL/ELEMENTO
FÍSICO	Profundidad de lodos	Tanques y lagunas
	Natas y flotantes	Tanques y lagunas
	Producción de gases	Cámaras de gases en tanques UASB o RAFA
	Producción de espuma	Tanques y canaletas
	Olor	Para todos los elementos
	Vegetación	Lagunas, respiraderos, canaletas y patios
	Puntos muertos	Superficie de filtros y tanques de aireación
	Encharcamientos	Superficie de filtros y patios de secado
HIDRÁULICO	Caudal Promedio	Entrada de la planta (medidor de caudal)
	Fluctuaciones	Calculado en base a las medidas del caudal, las que serán registradas en formularios.

Elaboración: Mayra Heras. 2011

6.2 La operación y el mantenimiento

La experiencia demuestra que en los países en vías de desarrollo, uno de los mayores problemas es la selección de la tecnología, la cual debe ser adecuada a las condiciones de la comunidad y a la capacidad operativa de su operador. A veces, se encuentra que la tecnología resulta adecuada, pero que fracasa por una inadecuada operación o mantenimiento, la misma que se ve agravada por la ausencia o insuficiencia de registros,

procedimientos inadecuados de manejo de datos, ausencia de informes periódicos o falta de equipamiento de laboratorio.

La operación es la forma de realizar o llevar a cabo una labor con el fin que los equipos, procesos u operaciones se realicen de manera correcta para lograr el máximo rendimiento de los mismos. A su vez, el mantenimiento es la labor de reparar o restaurar un equipo, una estructura, un proceso o una operación de tal forma que el rendimiento proyectado o esperado del mismo sea efectivo, seguro y realizado con economía para el bien de la comunidad a la cual se atiende.

El mantenimiento puede analizarse dentro de tres tipos básicos:

- **Correctivo:** Son intervenciones no programadas dirigidas a devolver al equipo, estructura, proceso u operación averiada a su estado operacional que tenía antes que el defecto fuera descubierto.
- **Preventivo:** Son las intervenciones periódicas de cuidado e inspección programadas para prever la falla y prolongar el funcionamiento adecuado de las obras.
- **Predictivo:** Es la sustitución de piezas cuando es posible predecir su falla por antigüedad o condiciones de trabajo.

6.3 Operador

6.3.1 Experiencia

En general, el público cada vez tiene mayor conciencia acerca de la contaminación del agua y del peligro que ella significa a su salud. Reconocen que la lucha contra la contaminación tiene un costo y que ella debe ser pagada a través de la tarifa del servicio que se presta a la comunidad y que en el presente caso, está representado por el servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Desde que el dinero para solventar la operación y el mantenimiento del sistema de alcantarillado y de la planta de tratamiento es obtenido por el pago del servicio, el usuario tiene el derecho a exigir por la satisfacción de sus exigencias. Satisfacer las exigencias de los usuarios demandará a los responsables por la prestación del servicio, el máximo rendimiento y eficiencia del personal encargado de las labores de operación y mantenimiento.

El personal responsable por la operación y el mantenimiento del tratamiento de las aguas residuales requiere tener conocimiento sobre diversos temas vinculados con su trabajo para cumplir con las responsabilidades que ella demanda. Estas responsabilidades son:

- Estar completamente familiarizado con la planta de tratamiento de aguas residuales, para lo cual debe conocer:
 - La función de cada una de los procesos que conforma la planta de tratamiento.
 - La capacidad de tratamiento de cada proceso operacional.
 - La forma de evaluar la operación de cada proceso y de la planta de tratamiento.
 - El vínculo entre los diferentes procesos que conforman la planta de tratamiento.
- Estar completamente familiarizado con la teoría y la práctica de los procesos operacionales de la planta de tratamiento y de otros tipos de plantas mayores.
- Estar familiarizado con las características de las aguas residuales a ser tratadas incluyendo las variaciones del caudal y cargas orgánicas y de sólidos.
- Estar familiarizado con los procesos de mantenimiento, teniendo en mente que es imposible realizar una buena operación sino existe un buen mantenimiento.
- Estar familiarizado y ser consciente de la importancia de su trabajo en la conservación del medio ambiente y de la salud de la población en general.
- Estar familiarizado con los dispositivos legales (ordenanza municipal, TULAS, etc.).

6.3.2 Responsabilidades

El operador tiene todo el conocimiento indicado anteriormente, estará capacitado en lograr una buena operación. Por ello, el operador competente es responsable por la aplicación de sus conocimientos en la obtención de la máxima eficiencia de cada uno de los procesos de tratamiento que conforma la planta y al efecto debe:

- Obtener información acerca de las características del agua residual a ser tratada.
- Variar la operación de la planta de tratamiento para atender los cambios de caudal o condiciones de carga, teniendo en cuenta la capacidad de cada proceso de tratamiento de la planta en su conjunto.
- Mantener un registro completo y exacto de todos los acontecimientos relacionados con la operación y el mantenimiento.
- Supervisar y capacitar al personal subordinado en la teoría y práctica de operación, mantenimiento, seguridad, registro, etc.
- Preparar informes basados en los registros de operación y mantenimiento.
- Ser capaz de comunicarse con un lenguaje adecuado con sus subordinados y jefes sobre los diferentes temas vinculados con el tratamiento de aguas residuales.

6.4 Consideraciones básicas

En la redacción del manual es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

Registros operacionales y reporte periódicos

a) Generalidades

Los datos obtenidos por el operador y archivada sin procesarla carece de valor si no se dispone de un adecuado sistema de recuperación, procesamiento y difusión, por lo que se estima conveniente que el Jefe de Planta asuma esta responsabilidad. La información resultante del procesamiento de los datos servirá para la adecuada toma de decisión por parte de los profesionales responsables por el manejo de la planta de tratamiento, así como por los niveles directivos.

El programa de operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales se diseña a partir del supuesto de que existirá una conveniente política de registro periódico de los parámetros operacionales.

Por otra parte, la selección de los parámetros a ser registrados, debe tener en cuenta el uso que se pudiera dar a la información procesada, principalmente en lo relacionado con el aspecto de control y evaluación de los procesos de tratamiento.

Cada parámetro seleccionado deberá ser cuestionado con el objeto de optar únicamente por aquellos considerados estrictamente como importantes para el trabajo.

b) Importancia de los registros

Los registros en general son de mucha importancia y necesidad en las labores de operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento por que permiten obtener información sobre diversos aspectos tales como:

- Eficiencia de los procesos de tratamiento;
- Efectividad del tipo y frecuencia de mantenimiento para los diferentes procesos de tratamiento;
- Criterios para la modificación del plan de operación o mantenimiento;
- El desempeño de la planta de tratamiento
- Criterios para el diseño de similares plantas de tratamiento en parroquia aledañas;
- Justificación para la asignación presupuestaria de personal, requerimientos adicionales o equipamientos.
- Suministro de la información necesaria para la preparación de los reportes mensuales o anuales.

Generalmente, se acostumbra a clasificar los registros en cuatro grupos:

- Registros de operación o funcionamiento.
- Registros de mantenimiento.
- Registros de determinación de costos.
- Registros de personal.

Registros de operación o funcionamiento: Compuestos por:

- Caudal de entrada y salida a la planta de tratamiento.
- Características fisicoquímicas y biológicas de afluentes y efluentes.

Registros de mantenimiento: Conformados por:

- Mantenimiento de planta
- Registros de mantenimiento preventivo y correctivo de los procesos de tratamiento;
- Mantenimiento de la edificación; y
- Mantenimiento de conductos, canales y componentes de la planta.

Medidores de caudal

- Mantenimiento de estructuras de medición.
- Mantenimiento de sensores.

Registros de determinación de costos: Están conformados por:

- Registro de las adquisiciones ejecutadas en el año;
- Registro de las planillas de sueldos y salarios del personal de operación y mantenimiento; y
- Registro de gastos efectuados por otros conceptos.

Registros de personal: Están compuestos por:

- Personal empleado
- Horas de trabajo por tareas
- Funciones
- Categorización
- Programas de adiestramiento

De otra parte, los registros serán permanentes, completos y exactos, y ser llenados con bolígrafo y nunca con lápiz de carboncillo, ya que pueden dar lugar a alteraciones o

borrones resultando en registros falsos que en muchos casos son de mayor peligro que aquellos datos no registrados.

6.5 Programa de muestreo y medición

El programa de muestreo y medición a ser aplicado en los sistemas de tratamiento de aguas residuales deberá estar dirigido a obtener información en tres campos:

- Control de procesos
- Aspectos económicos
- Criterio de diseño

a) Control de procesos

El control de los procesos es el monitoreo continuo de las operaciones o procesos que conforman el sistema de tratamiento de aguas residuales y reviste gran importancia durante la puesta en funcionamiento, así como en la fase rutinaria de operación del sistema de tratamiento.

Básicamente, el procedimiento está conformado por un conjunto de mediciones físicas y determinación de características operacionales como: caudal, balance hidráulico, distribución de agua, etc.; determinaciones químicas tales como: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, demanda química de oxígeno y de otros parámetros complementarios y de interés, en virtud que son importantes en la explicación de los fenómenos que inciden en el comportamiento de los procesos de tratamiento de las aguas residuales. Todos los resultados de este conjunto de mediciones, permiten un acertado manejo de la planta de tratamiento cuando son comparados con los criterios de diseño establecidos en la base del proyecto.

b) Aspectos económicos

La documentación de los gastos que demandan la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales es de gran importancia para la empresa prestadora de servicios, porque permite determinar la carga tarifaria por el concepto del tratamiento de las aguas residuales.

Por ello, se debe registrar de modo pormenorizado los gastos ocasionados por concepto de sueldos y salarios del personal profesional y técnico, insumos empleados en la buena

operación de la planta, consumo de energía por procesos, combustibles y lubricantes, repuestos.

c) Criterios de diseño

Este aspecto está íntimamente relacionado con los dos temas anteriormente tratados.

Si la información técnica y económica obtenida ha estado basada en el adecuado control de los diferentes procesos de tratamiento de aguas residuales, será de utilidad en el diseño de futuras ampliaciones, siempre que se encuentre bajo condiciones climáticas similares.

En ingeniería se conjuga la ciencia y la técnica con la finalidad de ejecutar obras que puedan funcionar satisfactoria y económicamente para el beneficio de la comunidad.

Para esto, el ingeniero aprovecha todo conocimiento, bien sea científico o práctico por imperfecto que este último sea.

La experimentación y ensayos lógicos conducen al desarrollo y a la formulación de modelos matemáticos que explican con mayor o menor precisión el comportamiento de los fenómenos en estudio, favoreciendo la elaboración de diseños y proyectos económicos y de alta eficiencia, traduciéndose en la maximización de los beneficios que recibe la comunidad a través de la obra de ingeniería y en la minimización de las inversiones. Precisamente, el análisis y evaluación exhaustiva de los datos de campo conducen al desarrollo de modelos matemáticos o ecuaciones empíricas que permitan diseñar futuras instalaciones dentro del concepto de beneficio costo o a la operación económica como en el caso de la presente instalación.

6.6 Procesamiento de la información

Los registros no serán de utilidad a menos que sean procesados y utilizados como indicadores del comportamiento de cada uno de los procesos de tratamiento y demostrar el verdadero estado de funcionamiento del sistema de tratamiento y la eficiencia de cada proceso de tratamiento según sea el nivel de control aplicado.

Los primeros signos que el programa de operación o mantenimiento aplicado no viene dando los resultados esperados se presentan en el área de procesamiento de información, lo que debe conducir a reajustar las frecuencias de muestreo, los lugares de toma de muestras, las determinaciones analíticas, los procedimientos de muestreo, la preservación

de muestras, los métodos de análisis de laboratorio o de campo, o el procesamiento de información.

El procesamiento de la información deberá ser efectuado por una persona que tenga las habilidades pertinentes para procesar, condensar y distribuir la información resumida.

Esta información mostrará la interrelación de los diferentes parámetros, así como su relación con determinadas propiedades, tasas o factores propios de los procesos de tratamiento.

En la interpretación de los datos obtenidos, la persona encargada del procesamiento debe identificar los valores máximos y mínimos predominantes para cada uno de los parámetros estudiados y descartar aquellos que presentan una desviación muy notoria y que puedan influir sustancialmente en los resultados promedios.

En lo que respecta a los cuidados durante el proceso de asimilación de los resultados, en el caso de los valores numéricos, el promedio semanal es igual a la media aritmética o geométrica de dichos valores, mientras que en el caso de las apreciaciones subjetivas, bien sea del estado de los reactores o de las condiciones meteorológicas, el promedio se determina a partir del valor predominante de los resultados en un determinado lapso de tiempo, para lo cual la persona encargada del proceso de la información, deberá poseer un amplio criterio de análisis.

Terminado la asimilación de los datos, se procederá al archivo de los mismos descartándose periódicamente aquellos de poco valor y que han sido procesado convenientemente, mientras que los datos considerados valiosos, como son los análisis de laboratorio de la calidad del agua residual, así como el caudal afluente y efluente de cada uno de los procesos de tratamiento, deberán archivarse y almacenarse indefinidamente para trabajos de investigación.

Como se indicó anteriormente, los datos obtenidos durante el proceso de monitoreo es difícil y laborioso de asimilar, por lo que deberá existir una persona encargada de procesar y sintetizar los resultados para una más fácil comprensión por parte de los interesados.

Cuando se disponga de suficientes datos, los resultados pueden sintetizarse para visualizar el comportamiento a lo largo de tres o más años de manera continua, y al efecto, deberá

producirse u obtenerse entre seis a 12 respuestas por año; es decir, que se obtendrán promedio bimensuales o mensuales.

Finalmente, para una adecuada visión e interpretación de la información, es recomendable que después de completar el formulario resumen, cada nueva información que se añada debe conducir al desplazamiento o eliminación de la más antigua, porque el iniciar la confección de un nuevo formulario conduce a perder en ese mismo instante, la visión histórica del comportamiento de los procesos de tratamiento.

6.7 Informes periódicos

A fin de cada mes o bimensualmente deberá elaborarse informes muy simples, semejantes a los realizados por el servicio de meteorología y distribuirse directamente a aquellos profesionales relacionados con la operación, supervisión, gerencia y diseño de plantas de tratamiento. Además, este tipo de información debe estar a disposición de los profesionales dedicados al estudio o investigación del funcionamiento de los procesos de tratamiento. Los informes mensuales o bimensuales pueden estar conformados por los formularios resúmenes descritos anteriormente y acompañados de un breve comentario sobre los resultados o las tendencias, con especial énfasis en los que respecta a la justificación de determinadas anomalías operativas. De esta manera, la información podrá estar en circulación muy rápidamente.

En el caso del informe anual, la presentación deberá ser más elaborada y en lo posible deberá estar compuesta de dos partes. La primera relacionada con los datos obtenidos durante el último año y la segunda parte con la información total recolectada desde el momento en que se dispuso de la información procesada.

No existe una norma para redactar un informe, pero es conveniente tener en cuenta algunos principios fundamentales para su preparación tales como:

- Conocimiento del propósito y objetivos del reporte.
- Redacción para el nivel de las personas objetivo.
- Conocimiento del material recopilado.
- Estructuración del contenido siguiendo un orden lógico.
- Utilización de gráficos.

- Redacción breve y exacta tanto como sea posible.

Además es importante que al escribir el reporte, el material no necesariamente tiene que organizarse y presentarse en el mismo orden en que la información fue recolectada, sino de un modo racional. Algunos autores recomiendan el siguiente contenido para la elaboración del informe anual:

- Resumen
- Conclusiones y recomendaciones
- Cuerpo del reporte
- Antecedentes técnicos y administrativos
- Detalle de los trabajos
- Operación
- Mantenimiento
- Análisis de la información y sustentación de las conclusiones y recomendaciones
- Apéndice (incluye detalles de datos y tablas utilizadas en el cuerpo del reporte)

6.8 Seguridad

a) Equipo

Las medidas de seguridad están dirigidas a que el personal cumpla con sus funciones y proteja su integridad física, así como su salud, para lo cual se hace necesario que cuente con los equipos y las herramientas apropiadas para la realización de su trabajo y de los elementos necesarios para preservar su integridad física.

El equipo de protección individual recomendable para el personal que labora en las plantas de tratamiento es:

- Cascos de seguridad
- Botas de goma
- Guantes de cuero
- Mascarillas antigás para los operadores de la cámara de rejas.
- Mamelucos
- Chalecos salvavidas cuando se ingrese a los reactores o sedimentadores, o se limpien las paredes o diques interiores de los mismos.

b) Programa de salud y seguridad personal

Salud: Es responsabilidad de la empresa la protección y conservación de la buena salud del personal que trabaja en la planta de tratamiento de aguas residuales, así como de sus familiares, en razón que los trabajadores se convierten en portadores potenciales hacia sus hogares, de diferentes tipos de enfermedades, cuyos agentes están contenidas en las aguas residuales. Dentro de este contexto, las siguientes medidas deberán ser observadas por todo el personal de la planta de tratamiento:

- No ingerir alimentos o fumar en la jornada de trabajo, principalmente en los alrededores UASB de la planta de tratamiento.
- Ingerir los alimentos solamente en el comedor que deberá existir para el efecto.
- Lavarse las manos con agua y jabón desinfectante antes de la ingestión de los alimentos.
- Lavar al final de la jornada de trabajo y previo a su almacenamiento, todo el material y equipo utilizado en el cumplimiento de sus funciones.
- Mantener en estado de pulcritud los servicios higiénicos.
- Cambiarse la ropa de vestir por prendas adecuadas y exclusivas para este fin al ingresar a la planta de tratamiento y previo al inicio de su labor.
- Utilizar guantes de cuero durante la manipulación de las compuertas, remoción de material flotante, natas, etc., para prevenir posibles cortes.
- Emplear guantes descartables durante la extracción de las muestras de agua residual.
- Cada seis meses todos los trabajadores de la planta de tratamiento deberán ser sometidos a análisis parasitológico e inmunizados contra enfermedades tales como fiebre tifoidea, hepatitis y tétanos.
- Tomar baño o asearse profusamente las principales partes del cuerpo al finalizar la jornada de trabajo.
- No llevar sus indumentarias de trabajo a sus casas.
- Adicionalmente, la planta de tratamiento de aguas residuales debe contar con un botiquín de primeros auxilios equipado con un mínimo de implementos.

Seguridad personal: Con relación a las medidas de seguridad, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Colocar letreros y señales para la prevención de accidentes en las diferentes vías al interior de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Colocar cercas de protección en toda la ruta de visita.
- Definir la ruta a ser seguida por los visitantes.
- Mantener libre de obstáculos las rutas de visita.
- Mantener en buen estado de conservación las barandas que circundan las compuertas, cámara de rejillas, medidores de caudal, etc.
- Mantener limpias las diversas estructuras hidráulicas de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como los contenedores de residuos sólidos para evitar posibles proliferaciones de insectos y roedores.
- Eliminar el material recolectado una vez que los recipientes que los contienen estén llenos e higienizarlos convenientemente con abundante agua.
- Mantener limpias las vías de acceso, diques y demás espacios verdes.
- Prever la instalación de extintores contra incendios en las oficinas.
- Emplear el equipo de seguridad brindado por la empresa.
- Emplear el salvavidas en los trabajos relacionados con la limpieza de las superficies de los reactores.
- Trabajar en parejas en las labores de limpiezas de las superficies de los reactores de modo que uno esté listo a prestar auxilio al otro. Al efecto, es conveniente que la persona que esté efectuando la limpieza del interior del reactor esté amarrada por la cintura con la soga y sujeta por su compañero de trabajo.
- Las personas que visitarán las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales deben ser dotadas de casco y anteojos de seguridad, y ser guiados por una persona autorizada a través de la ruta definida para estos tipos de visita.

6.9 Operación y control de lechos de secado

6.9.1 Preparación del lecho de secado

Los lechos de secado deberán ser adecuadamente acondicionados cada vez que vaya a descargarse lodo del digestor. La preparación debe incluir los siguientes trabajos:

a) Remover todo el lodo antiguo tan pronto como se haya alcanzado el nivel de deshidratación que permita su manejo. El lodo deshidratado con un contenido de humedad no más del 70% es quebradizo, de apariencia esponjosa.

- b) Nunca añadir lodo a un lecho que contenga lodo
- c) Remover todas las malas hierbas u otros restos vegetales.
- d) Escarificar la superficie de arena con rastrillos o cualquier otro dispositivo antes de la adición de lodo. Esto reduce la compactación de la capa superficial de arena mejorando la capacidad de filtración

6.9.2 Reemplazo de la capa de arena

Cada seis meses la capa de arena deberá ser reemplazada hasta alcanzar su espesor original. Una parte de la capa de arena se pierde cada vez que se remueve el lodo seco.

La arena que se utilice para reponer el espesor original debe ser de la misma característica que la especificada en su construcción.

6.9.3 Calidad del lodo digerido

El lodo a ser descargado a los lechos de secado estará adecuadamente digerido.

Lodos pobremente digeridos son ofensivos a los sentidos especialmente al olfato y el proceso de secado es sumamente lento. Así mismo, el lodo que ha permanecido en el digestor mayor tiempo del necesario también tiene un proceso de secado muy lento. Es decir, que los dos extremos, la pobre digestión o un tiempo de digestión mayor al necesario son perjudiciales.

Los aceites, grasas y otros residuos oleosos obstruirán los poros de la arena y no deben ser descargados a los lechos de secado.

Muestras de lodos deberán ser examinados antes de proceder a su descarga para determinar si las características son las más adecuadas. Entre ellas se tiene:

- *Características físicas:* El lodo será examinado para determinar su color, textura y olor. Estos son excelentes indicadores del estado de digestión de los lodos.
- *Volumen a remover:* El volumen removido será calculado y registrado para determinar la capacidad de digestión y evaluar la cantidad de sólidos fijos y volátiles removidos del sistema. El volumen removido puede ser calculado rápidamente a través de la determinación del volumen ocupado por el lodo en el lecho de secado.

- *Sólidos totales.* La concentración de sólidos como medida del contenido de sólidos totales, indica la capacidad de retención de agua por parte del lodo y el grado de compactación.
- *Porcentaje de materia volátil.* Esta prueba indica el grado del nivel de degradación de la materia orgánica
- *Valor de pH.-* El valor de pH del lodo digerido debe ser próximo a 7.0, mientras que lodos con valores de pH menor a 7.0 indica que requiere mayor tiempo de digestión y que no está listo para ser secado.

6.9.4 Descarga del lodo digerido

El lodo será descargado del digestor a una tasa bastante alta a fin de mantener limpia la tubería de descarga hacia el lecho de secado. La presencia de material compactado, incluida la arena en el tubo de descarga puede requerir el sondeo o la necesidad de efectuar un retrolavado. Al inicio del proceso de drenaje de lodos, la válvula será abierta totalmente y una vez que el flujo se estabilice, la válvula será cerrada hasta obtener un flujo regular. El drenaje de lodo debe prolongarse hasta haber purgado la cantidad prevista de lodo.

Luego de la descarga de lodo al lecho de secado, debe drenarse la tubería y luego lavarse con agua. Esto no sólo previene la obturación de la tubería, sino que también evita la generación de malos olores o gases por la descomposición del lodo acumulado en la tubería de descarga.

Se deberá tener mucho cuidado con los gases por que cuando se mezclan con el aire forman una mezcla altamente explosiva. La presencia de fuego directo o de operadores con cigarrillos será prohibido cuando se drene los lodos hacia los lechos de secado.

6.9.5 Profundidad del lodo

El espesor de la capa lodo a ser depositado sobre el lecho de secado no deberá ser mayor a 0,30 m e idealmente de 0,25 m. Con buenas condiciones ambientales y un buen lecho de secado, un lodo bien digerido, deberá deshidratarse satisfactoriamente y estar listo para ser removido del lecho de secado entre una a dos semanas. Lodos con alto contenido de sólidos puede requerir hasta tres semanas o más a menos que se descargue capas de lodo menos profundas.

Normalmente, el volumen de lodos se reduce un 60% o más por medio de este método de deshidratación.

6.9.6 Remoción del lodo de los lechos de secado

El mejor momento para retirar los lodos de los lechos de secado depende de:

- La adecuada resquebrajadura del lodo.
- La necesidad de drenar un nuevo lote de lodos del digestor.
- Contenido de humedad de los lodos en el lecho de secado.

El lodo seco será retirado por medio de pala cuando el contenido de humedad se encuentra entre el 70 y 60%. Pero si se deja secar hasta el 40% de humedad, el peso será la mitad o la tercera parte y podrá ser manejado más fácilmente.

a) Herramientas requeridas

Una de las mejores herramientas es la pala plana y el tridente. Con el tridente, el lodo seco puede ser removido con mucha menor pérdida de arena que con la pala. En todo caso, siempre será necesario reponer la arena perdida que se adhiere en el fondo de la capa de lodo seco, por ello es importante usar la lona como cubierta de arena y sobre ésta el lodo.

Un equipo de gran ayuda es la carretilla para retirar el lodo al punto de disposición final, para lo cual se deben colocar tablas para facilitar el desplazamiento de la carretilla.

b) Disposición

El lodo removido de los lechos de secado será dispuesto en la caseta para ser almacenado por un tiempo para lograr una mayor deshidratación y de esta manera un menor volumen y peso que facilite el transporte hacia el lugar de disposición final.

6.10 Personal

El personal requerido para operar y mantener una planta de tratamiento de aguas residuales del tipo tanque de flujo ascendente (UASB), depende de su capacidad. En línea general, el personal a ser considerado deberá estar compuesto por un operador y su ayudante. En plantas pequeñas basta de un operador a tiempo parcial.

Adicionalmente, se requiere de personal de apoyo para la realización de análisis físico, químico o bacteriológico o de personal auxiliar para reparaciones menores como mecánico o electricista.

a) Descripción de funciones

Operador

El operador deberá ejecutar las acciones siguientes:

- Limpiar la cámara de rejillas tanto al ingresar como al terminar su turno de trabajo.
- Retirar el material flotante que pudieran estar presentes en la superficie o canales abiertos que transportan el afluente al tanque UASB.
- Disponer adecuadamente los desechos retenidos en las rejillas y los retirados de la superficie o canales abiertos que transportan el afluente.
- Drenar periódicamente el lodo del tanque UASB hacia los lechos de secado.
- Conjuntamente con su ayudante limpiar los lechos de secado y poner los lodos secos adecuadamente y lejos de la planta de tratamiento.
- En coordinación con su ayudante mantener en buen estado los alrededores de la planta de tratamiento.
- Inspeccionar todos los días el buen funcionamiento del proceso de distribución de las aguas residuales crudas a cada uno de los compartimientos de la planta de tratamiento (desarenador, tanque UASB, filtro y cajas de revisión).
- Ejecutar otras actividades que le ordene su superior.

b) Cualidades mínimas

- Educación primaria.
- Aptitud para el tipo de trabajo.
- Coordinación motora.
- Coordinación visual.
- Sociable.
- Habilidad para con los números.

6.11 Programa de pruebas de laboratorio y campo.

6.11.1 Control de procesos

a) *Rejillas*. Determinar el volumen o peso de sólidos retenidos por las rejillas para lo cual se usará un recipiente de 20 litros con el fin de almacenar temporalmente, medir y transportar

los residuos al lugar de disposición final. Los resultados obtenidos serán vertidos a una ficha de registro.

b) *Tanque UASB*. Cuantificar el volumen de agua con que trabaja y verificar el nivel de lodo sedimentado. Los resultados obtenidos serán vertidos a una ficha de registro.

Además deben realizarse las pruebas siguientes:

- pH de las aguas afluentes.
- pH de las aguas del digestor anaeróbico.
- Profundidad de lodos.

c) *Lecho de secado*. Evaluar el grado de *avance* de la deshidratación para determinar el momento de la limpieza y el mantenimiento del lecho de secado. Adicionalmente, medir la humedad del lodo húmedo y seco.

d) *Afluente (crudo) y efluente de tanque UASB*. Las determinaciones a ser realizadas son:

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Valor de pH
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

Las muestras de agua de los afluentes (crudo) y de los efluentes del tanque UASB se tomarán en el momento más representativo y que por lo general se presenta entre las 10 y 13 horas.

6.11.2 Frecuencia

La frecuencia de los análisis se determinará de acuerdo al comportamiento de la planta de tratamiento, recomendándose tentativamente lo siguiente:

a) Rejas

- Volumen de sólidos semanal

b) Tanque UASB

- Volumen de sólidos semestral
- Profundidad de lodos semestral
- pH de las aguas afluentes semestral

- pH de las aguas del digestor semestral
- c) Lecho de secado
- Humedad Luego de cuarteado el lodo
- d) Afluente (crudo) y efluente de tanque UASB
- Demanda bioquímica de oxígeno semestral
 - Valor de pH mensual
 - Coliformes totales semestral
 - Coliformes fecales semestral

6.11.3 Preservación

Los análisis se ejecutarán inmediatamente después de tomada la muestra y si el tiempo fuera mayor a las cuatro horas y menor a doce horas, se preservaría mediante refrigeración. Toda muestra que haya sobrepasado estas limitaciones será descartada, procediéndose a la toma de nuevas muestras.

6.12 Registros, operaciones y reportes periódicos

6.12.1 Registro mensual

Es necesario que el operador registre cada mes los siguientes datos:

- a) Consumo de energía, en caso de existir.
- b) Características físico-químico-bioquímico y bacteriológicas.
 - Afluentes (crudos)
 - Efluente del tanque UASB
 - Humedad del lodo
- c) Volumen o peso de sólidos.
 - Afluente (crudos)
 - Tanque UASB
 - Lechos de secado
- d) Población servida y población total

6.12.2 Reportes periódicos

A su vez, de ser posible preparará reportes anuales considerando los siguientes aspectos:

- Resumen anual de los datos operativos.

- Resumen anual de los datos de mantenimiento.
- Costos de personal de operación y mantenimiento.
- Costos de materiales varios (limpieza, laboratorio, insumos etc.).
- Registro de trabajo de personal.
- Operación de emergencia.

Todos estos registros tienen como objetivo evaluar la eficiencia de los dos principales procesos de tratamiento, lo que permitirá mejorar y optimizar la operación y mantenimiento de la planta en general.

6.12.3 Formato de registro de análisis

Los datos de campo así como de laboratorio se reportarán en formatos simples y los resultados transferidos a hojas resumen con el fin de evitar confusión por exceso de papeles.

6.13 Riesgo para el personal

6.13.1 Peligro con instalaciones eléctricas

Previo al desmontaje de cualquier equipo eléctrico de ser el caso, deberá cortarse el suministro eléctrico correspondiente al equipo. Por ningún motivo se manipulará equipos eléctricos con las manos húmedas.

6.13.2 Enfermedades de origen hídrico

El operador, auxiliar o cualquier otra persona que trabaje en la planta de tratamiento, al final de cada jornada deberá lavarse cuidadosamente las manos y la cara. De ser posible deberá tomar baño con jabón desinfectante. El mismo cuidado deberá tenerse a la hora de refrigerio.

6.13.3 Equipo de seguridad

a) Operador

- Casco

- Guantes
- Botas de goma
- Mameluco

Adicionalmente, deberá existir en el lugar un botiquín de primeros auxilios.

6.14 Personal, responsabilidades y equipamiento administrativo

6.14.1 Personal necesario

En la determinación del personal para la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta el tamaño de la instalación, los procesos de tratamiento y el tipo de desecho a ser tratado. Todo esto con la única finalidad que la planta de tratamiento de aguas residuales opere con el personal idóneo y de manera adecuada y que además presenten las mejores condiciones técnicas, estéticas y operacionales. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de la necesidad de contratar con personal adicional para labores complementarias y/o especiales, principalmente durante las épocas de retiro del lodo.

- Jefe de planta
- Operador
- Electromecánico
- Laboratorista
- Obrero

6.14.2 Descripción de responsabilidades

6.14.2.1 Jefe de planta

Las labores del Jefe de Planta se orientarán a la verificación que los procesos biológicos de tratamiento de las aguas residuales que se realicen a plenitud, así como a la coordinación de las actividades que deberán llevar adelante el grupo de operadores y obreros. Las funciones que deberán desempeñar son las siguientes:

- Administrar y dirigir las acciones de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, y como tal, ejercita autoridad directa sobre todo al personal bajo su responsabilidad.
- Elaborar el programa de operación, mantenimiento y seguridad de la planta de tratamiento de aguas residuales.

- Coordinar con el profesional encargado del laboratorio en los aspectos relativos al control de la calidad de las aguas residuales crudas y tratadas.
 - Coordinar con el departamento de alcantarillado de la empresa en los aspectos relativos a la descarga de efluentes industriales y comerciales que puedan afectar la tratabilidad de las aguas residuales y por lo tanto el buen funcionamiento de la planta de tratamiento.
 - Informar periódicamente al nivel directivo de la empresa, a través de la Gerencia de Operaciones, sobre la administración, operación, mantenimiento y calidad de los efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.
 - Coordinar con la Gerencia de Operaciones, la consecución de los recursos necesarios para una adecuada operación y mantenimiento, en lo relativo a:
- Requerimientos de personal
- Suministro oportuno de piezas y equipos necesarios para el mantenimiento preventivo de las unidades en general.
 - Suministro oportuno de materiales para la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en general.
 - Vehículos y transporte.
 - Planificar los programas de monitoreo, evaluación e investigación en la planta de tratamiento de aguas residuales.
 - Procesar los registros operacionales para el control de los procesos de tratamiento de la planta.
 - Elaborar periódicamente los informes relativos a la administración, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
 - Supervisar el cumplimiento del programa de operación, mantenimiento y seguridad de la planta de tratamiento de aguas residuales.
 - Supervisar la buena presentación de la planta de tratamiento de aguas residuales, principalmente en lo que respecta al manteniendo de los jardines, orden de los equipos y sobre todo, la pulcritud integral de la instalación de modo que de crear una buena impresión a los visitantes.
 - Capacitar al personal que laborará en la planta de tratamiento en lo referente a labores de operación, mantenimiento y seguridad, así como de sus responsabilidades.
 - Mantener la buena imagen de la institución y colaborar con el Departamento de Relaciones Públicas de la empresa, así como atender y guiar a las personas que visitan las instalaciones de la planta de tratamiento.

- Otros que la Gerencia de Operaciones determine.

6.14.2.2 Operador

Dentro de las actividades a ser desarrolladas por los operadores se encontrarán:

- Coordinar las actividades de su responsabilidad con el Jefe de Planta.
- Cumplir y supervisar el cumplimiento de todas las labores de operación y mantenimiento especificadas para la planta de tratamiento, y como tal, ejercitar autoridad directa sobre todos los obreros.
- Registrar adecuadamente en los respectivos formularios, los datos operacionales de la planta de tratamiento en lo referente a caudal, temperatura, pH y oxígeno disuelto. en los puntos determinados en el programa de monitoreo, así como las observaciones visuales.
- Registrar los volúmenes de sólidos retenidos en las rejillas y en las lagunas de estabilización con la finalidad de optimizar los tiempos de almacenamiento y evacuación de los mismos.
- Colaborar en la toma de muestras de aguas residuales en los lugares de muestreo determinados en el programa de monitoreo.
- Supervisar el funcionamiento del sistema de desinfección de las aguas residuales tratadas.
- Operar los limnigrafos para de medición de nivel de agua en las lagunas y los equipos de toma de muestra.
- Supervisar la manipulación de las compuertas de ingreso a la planta de pretratamiento y de los dispositivos de distribución de las aguas residuales a las diferentes lagunas de estabilización.
- Supervisar la limpieza de las cribas en las horas de mayor o menor volumen de sólidos retenidos.
- Informar al Jefe de Planta sobre los problemas que se susciten en los diferentes procesos de tratamiento con la finalidad de tomar las medidas correctivas del caso.
- Colaborar con el personal responsable en las labores de evaluación e investigación emprendidas en la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Garantizar la seguridad de equipos y herramientas para lo cual será el encargado de abrir y cerrar el almacén.
- Supervisar las labores realizadas por los obreros y asesorar a los mismos.
- Otros que el Jefe de Planta determine.

6.14.2.3 *Electromecánico*

Dentro de las actividades a ser desarrolladas por el electromecánico se encontrarán:

- Realizar el mantenimiento preventivo de los equipos eléctricos, electromecánicos y mecánicos de la planta de tratamiento manteniendo un registro de incidencias.
- En lo posible, realizar el mantenimiento correctivo de todos los equipos electromecánicos de la planta de tratamiento, siempre que sea viable realizarlo con los recursos existentes, o en caso contrario, colaborar con el equipo encargado de su ejecución.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las redes de alimentación y distribución de energía eléctrica al interior de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Mantener en buenas condiciones operativas las redes de iluminación al interior de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como de las instalaciones auxiliares y las oficinas.
- Mantener informado al Jefe de Planta sobre la disponibilidad y requerimientos de piezas de recambio y materiales básicos requeridos para el adecuado mantenimiento de los equipos eléctricos, electromecánicos y mecánicos de la planta de tratamiento, a fin de garantizar la continuidad de su funcionamiento.
- Realizar el inventario inicial de todos los equipos eléctricos, electromecánicos y mecánicos de la planta de tratamiento, así como actualizarlo periódicamente.
- Otros que el Jefe de Planta determine.

6.14.2.4 *Laboratorista*

Dentro de las actividades a ser desarrolladas por el laboratorista se encontrarán:

- Realizar las determinaciones analíticas relacionadas con el control operacional de las lagunas de estabilización.
- Cumplir con el programa de monitoreo, evaluación o investigación definido por el Jefe de Planta.
- Registrar y archivar adecuadamente los resultados de los análisis realizados a las muestras de aguas residuales tomadas en el marco del programa de monitoreo, evaluación o investigación.
- Solicitar oportunamente los equipos, insumos, etc. para la realización de las determinaciones analíticas programadas.
- Tomar las muestras de aguas residuales en los lugares de muestreo determinados en el programa de monitoreo, evaluación o investigación.

- Informar al Jefe de Planta sobre los resultados de las pruebas analíticas en general y en especial, cuando se determine o sospeche la existencia de algún problema que pudiera afectar el buen funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Colaborar con el personal responsable en las labores de control de la calidad de las aguas residuales.
- Coordinar con el Jefe de la Planta y el Jefe del Laboratorio lo relacionado al control de la calidad de las aguas residuales crudas y tratadas.
- Otros que el Jefe de Planta determine.

6.14.2.5 Obreros

Dentro de las actividades a ser desarrolladas por los obreros se encuentra:

Participar activamente en todas las labores de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en lo que respecta a:

- Mantener limpias todas las estructuras de llegada de aguas residuales incluyendo la cámara de rejas y medidores de caudal.
- Mantener limpias las crestas de los diques, vías de acceso y vías interiores a la planta de tratamiento.
- Realizar la limpieza y mantenimiento de los taludes de los diques.
- Realizar la limpieza y mantenimiento de los jardines ornamentales ubicados al ingreso de la planta de tratamiento y de los que rodean a las oficinas.
- Limpiar los alrededores de las edificaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Retirar el material u objetos que interfieren en la distribución de las aguas residuales crudas o tratadas.
- Limpiar y guardar cuidadosa y correctamente el equipo de trabajo concluida las actividades diarias.
- Apoyar en la toma y transporte de muestras de aguas residuales.
- Apoyar en el transporte de materiales y herramientas de trabajo.
- Comunicar al Operador de turno cualquier problema que pudiera presentarse en las estructuras de pre-tratamiento y en cualquier otro lugar de la planta de tratamiento, de modo que se tomen oportunamente las medidas correctivas necesarias.
- Mantener en estado de pulcritud todas las instalaciones que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Otros que el Operador determine.

6.15 Requerimientos administrativos

Para el desarrollo de las funciones administrativas, la planta de tratamiento deberá contar con el siguiente equipamiento:

Oficina del Jefe de Planta:

- Escritorio con su respectivo sillón.
- Computadora e impresora con su respectivo mueble.
- Teléfono.
- Radio transmisor (walkie talkie).
- Muebles diversos (archivadores, estantes, etc.).

Laboratorio de la planta de tratamiento:

- Mesa con cajones y divisiones para guardar los equipos, cristalería y reactivos.
- Taburetes.
- Archivador.
- Destilador de agua.

Equipo de laboratorio para la determinación de:

- Oxígeno disuelto.
- Sólidos sedimentables.
- Temperatura.
- Valor de pH.

Comedor de personal obrero:

- Mesa de comedor.
- Banca.
- Repostero.
- Cocinilla eléctrica.
- Refrigeradora.

6.15.1 Documentación requerida por el jefe de planta

La documentación con que debe contar la jefatura de la planta estará conformada por:
Memoria técnica del proyecto.

- Un juego completo de planos de construcción.
- Especificaciones técnicas constructivas.
- Especificaciones técnicas de los equipos en general.
- Material bibliográfico relacionado con los procesos de tratamiento con que cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales.

6.15.2 Equipo de trabajo

En la tabla 11 se presenta un listado de herramientas básicas para los obreros y operadores responsables de la operación y mantenimiento de la PTAR.

Tabla 11. Herramientas para personal obrero

Herramientas	Cantidad
Carretilla de mano	1/ cada 2 obreros
Pala	1/obrero
Pico	1/obrero
Podadora	1/obrero
Rastrillo	1/obrero
Soga nylon ½"	20m/cada dos obreros
Desnatador de 12" de diámetro (malla metálica de 3mm abertura) con asa metálica de 2m de largo.	1/cada 2 obreros

Elaboración: Mayra Heras. 2011

A su vez en la tabla 12 se presenta un listado de los equipos requeridos para el mejor cumplimiento de las funciones de los operadores y obreros.

Tabla 12. Equipos requeridos por operador

Herramientas	Cantidad
Potenciómetro (medidor de pH)	2 Unidades
Medidor de O.D. con termistor	2 Unidades

Elaboración: Mayra Heras. 2011

6.16 Operación normal, principales problemas de funcionamiento y posibles soluciones.

6.16.1 Conductos

Las estructuras que conforman los conductos de alimentación del agua residual están representadas por la estructura de llegada y el canal de alimentación. y normalmente no están sujetas a ningún tipo de operación. Sin embargo, es necesario considerar la evaluación periódica de la presencia de material sedimentable grueso, el mismo que deberá ser removido con la ayuda de la máquina de baldes cuya sección transversal debe adaptarse a la geometría del conducto.

El material retirado deberá ser escurrido y dispuesto de la misma manera como se realiza la disposición final del material resultante de la limpieza de las redes de alcantarillado.

6.16.2 Cámara de rejillas

El retiro del material retenido en los elementos de la reja deberá ser realizado periódicamente y antes que el tirante de agua en el canal afluente alcance el nivel de rebose.

Al efecto, el operador deberá utilizar un rastrillo con dientes de igual separación que las rejillas y el material retenido ser arrastrado. Una vez que el material ha dejado de eliminar agua podrá disponerse en la loza de almacenamiento o en el contenedor de residuos.

Muchas veces, la presencia de humedad conduce a que los residuos orgánicos comiencen a descomponerse y producir malos olores o de lo contrario puede convertirse en un foco de proliferación de insectos. El control de olores e insectos se realiza mediante la aplicación de cal apagada en polvo.

6.16.3 Desarenador

Una vez que el nivel de arena ha llenado el fondo del canal del desarenador, se deberá proceder a su limpieza o poner en funcionamiento el clasificador de arena. Periódicamente, el operador deberá determinar el nivel de arena en el canal o en la tolva de almacenamiento y a partir de estas observaciones sucesivas podrá determinar el momento más oportuno

para efectuar la limpieza del desarenador o poner en funcionamiento el sistema de clasificación de arena.

6.16.4 Medidor de caudal

Recibirá el mismo tratamiento que los conductos, es decir el retiro de cualquier tipo de material sedimentable acumulado, bien sea aguas arriba o aguas debajo.

6.17 Equipos de laboratorio requeridos

Para la realización del muestreo y de las determinaciones de control operacional se requiere que la planta cuente como mínimo con el siguiente equipamiento:

- Medidor de pH portátil
- Medidor de oxígeno disuelto portátil
- Termómetros
- Limnógrafo
- Muestreadores automáticos

Como elementos de apoyo, el laboratorio necesitará contar con un equipo de producción de agua destilada, estufa e incubadora de DBO. De optarse por el nivel medio y avanzado, sería necesario complementarlo con equipos de digestión para DQO, nitrógeno total y amoniacal, así como de una mufla. Los análisis de coliformes total y coliformes fecales pueden ser efectuados por el laboratorio de control de calidad del Municipio. Adicionalmente, será necesario que el laboratorio cuente con cristalería y los reactivos necesarios para la realización de las pruebas analíticas.

6.18 Formularios

Las fichas de registro y control están dirigidas a mantener los datos de los parámetros operacionales, bien sean del tipo organoléptico o analítico, así como del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, a fin de identificar oportunamente los primeros signos de mal funcionamiento y proceder a tomar las medidas correctivas respectivas.

En las tablas 13, 14, 15, se presentan los modelos de formularios o fichas para el registro de los parámetros operacionales y que para su llenado no requiere de personas muy calificadas.

La tabla 13 ha sido diseñada para tomar nota diaria de las condiciones meteorológicas cualitativas que predomina en el área donde se ubican la planta de tratamiento, además destinada al registro de las observaciones del estado físico de cada una de las unidades operacionales de la planta de tratamiento, donde haya presencia de lodos, natas vegetales, olor, estado de los tanques UASB.

Tabla13.Parámetros operacionales y frecuencia de muestreo (determinación in situ)

Parámetro	Lugar de muestreo	Nivel de control	
		Básico	Medio
Observaciones meteorológicas: Viento evaporación temperatura		Mensual	Quincenal
Observaciones en tanque UASB. Apariencia Lodos flotantes Natas Olor Vegetación en los tanques	Tanques UASB anaerobias	Mensual	Quincenal
		Mensual	Quincenal
		Mensual	Quincenal
		Mensual	Quincenal
Estado de tanques Mantenimiento Residuos		De acuerdo a la demanda	
Espesor de lodosInfiltración		C/ 6 meses	C/ 3 meses C/ 4 meses

Elaboración: Mayra Heras. 2011

Tabla 14.Parámetros de monitoreo y frecuencia de muestreo

Parámetro	Lugar de muestreo	Nivel de control	
		Básico	Medio
Químicos DBO total crudo DBO total efluente DQO total crudo DQO total efluente Sol. Totales Sol. Suspendidos totales Sol. Sedimentables N. Orgánico N. Amoniacal Fósforo Total Aceites y grasas	Desarenador Desarenador	C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses C/ 6 meses	C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses C/ 4 meses
Biológicos C. totales C. Fecales		C/4 meses	

Elaboración: Mayra Heras. 2011

En la tabla 15 se presenta el formato donde se registrará la variación horaria del caudal o nivel de las aguas en la estructura de medición. La información debidamente procesada de la tabla 15 ayudará a establecer con buena aproximación la hora o intervalo de tiempo en que se presenta el caudal promedio, la misma que puede adoptarse como indicativo para elaborar un programa de toma de datos del caudal promedio diario.

Finalmente, es necesario que el Jefe de Planta lleve un cuaderno de incidencias para registrar las anomalías operacionales o de mantenimiento, conjuntamente con las medidas correctivas implementadas y dirigidas a superar los problemas, así como cualquier otra ocurrencia que amerite ser registrada.

Tabla 15.Caudales

Fecha: ____ de ____ de 20__

HORA	CRUDO		LAGUNA ANAEROBICA											
			A-1		A-1		A-2		A-2		A-3		A-3	
	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)	Alt (m)	Q (l/s)
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														

Fuente: Municipio de Palora

6.19 Cronograma de Actividades

Tabla 16. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	AÑO 2012 (MESES)												AÑO 2013 (MESES)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Curso de capacitación: operación y mantenimiento de la PTAR	x	X							x				x	x							x			
Curso de capacitación: manejo de reactivos y equipos de laboratorio			x	x									x	x										
Limpieza de conductos				x				x				x				x				x				
Limpieza de rejillas o cribas				x				x				x				x				x				
Limpieza del desarenador				x				x				x				x				x				
Desalojo de lodos de tanques UASB									x													x		
Limpieza de filtro				x			x		x			x				x			x			x		
Limpieza de veredas					x				x						X					x				
Limpieza de lecho de secado						x						x						x						x
Limpieza de caseta de lodos					x				x						X					x				
Limpieza de tanques de revisión				x			x		x			x				x			x			x		
Limpieza de alrededores de la PTAR				x			x					x				x						x		
Análisis de agua						x						x						x						x
Análisis de lodos																								

Elaboración: Mayra Heras. 2011

6.20 Análisis Económico

Tabla 17. Presupuesto anual para operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual.

ACTIVIDADES	AÑO 2012	AÑO 2013
	PRESUPUESTO (USD)	PRESUPUESTO (USD)
CURSO DE CAPACITACIÓN	1500,00	1500,00
MANEJO DE REACTIVOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO	2000,00	2000,00
MANO DE OBRA (LIMPIEZA DE PTAR)	7200,00	7200,00
ING. AMBIENTAL (ASESORÍA)	4000,00	4000,00
ANÁLISIS DE AGUA	1800,00	2000,00
ANÁLISIS DE LODOS	1500,00	1500,00
SUB - TOTAL (USD)	18000,00	18000,00
IMPREVISTOS 10%	1800,00	1800,00
TOTAL (USD)	19800,00	19800,00

Elaboración: Mayra Heras, 2011.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

- En la investigación realizada se identificaron puntos críticos de infraestructura, los mismos que se refieren a elementos auxiliares que han sido omitidos del diseño o están deteriorados por la falta de mantenimiento. Se identificaron también puntos críticos de operación en relación a los procedimientos efectuados y al nivel de capacitación y conocimiento de los procedimientos por parte de los operadores.
- En la Planta de Tratamiento de Agua Residual y sus alrededores no se realizan actividades de mantenimiento debido a la ausencia de personal operativo. Por lo tanto, se realizó una propuesta de un Manual de Mantenimiento y Operación de la PTAR, el cual mejorara la calidad del efluente hacia el estero blanco.
- La PTAR no trabaja al cien por ciento a su capacidad, ya que el caudal que ingresa es mínimo comparando con el caudal para el cual fue diseñada y construida la planta.
- Los análisis del efluente demostraron que el mismo está dentro de los límites máximos permisibles para una descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce. A pesar de esto, lo expuesto en las conclusiones anteriores, crean la necesidad de aplicar el plan de operación y mantenimiento formulado, para evitar sobrepasar los límites máximos permisibles a futuro.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

- Aplicar el Manual de Mantenimiento y Operación de la PTARpropuesto.
- En base a la investigación se recomienda contratar personal para el cuidado manejo y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales al cual se debe capacitar conforme al Plan.
- Se debe de llevar un registro semanal de caudal, volumen, tiempo de retención hidráulica tanto en el desarenador como en el reactor UASB respectivamente, entre otros.
- Incrementar medidas de control y realizar análisis del efluente cada tres meses para controlar la remoción de materia orgánica y verificar que el efluente desechado al estero blanco este dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el TULAS.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la Parroquia 16 de Agosto del cantón Palora, perteneciente a la Provincia de Morona Santiago. Considerando que el tratamiento de aguas residuales constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua, para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de la aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento, es por ello que se evaluó la planta de tratamiento de aguas residuales de esta parroquia a través de tres aspectos muy importantes como es la caracterización de la zona objeto de estudio, la determinación hidráulica de las unidades operacionales y el análisis de la calidad del efluente.

La falta de interés de las autoridades en la planta de tratamiento, fueron las razones por las cuales se investigó los aspectos que influían negativamente en el funcionamiento de la misma. Mediante la investigación se determinó que la planta de tratamiento de aguas residuales de la Parroquia 16 de Agosto no recibe mantenimiento de ningún tipo. Sin embargo, su efluente cumple con los límites máximos permisibles en cuanto a descargas en cuerpos de agua dulce como lo establece el TULAS. La determinación hidráulica trabaja de acuerdo al caudal que llega, considerándola aceptable según los criterios de diseño de sistemas UASB de algunos autores. Finalmente se elaboró un manual de operación y mantenimiento, con el cual se pretende mejorar la situación actual de la PTAR.

SUMMARY

The present investigation was realized at the sewer water treatment plant (PTAR) in the Parish 16 de Agosto of Palora country, which belongs to the Province of Morona Santiago. Considering that the treatment of the sewer water constitutes a mitigating measure that helps to diminish and control contamination of the water courses, for this measure to be successful it is thought to count with suitable infrastructure works to the nature of waters to treat and the qualified personnel to carry out labors of operation and maintenance, it is for this reason that this sewer water Treatment Plant of this Parish was evaluated through three very important aspects as is the characterization of the zone study object, the hydraulic determination of the operational units and the analysis of the quality of the effluent.

The lack of interest of the authorities at this Sewer water Treatment Plant was the reason that the aspects that influenced negatively in the operation of the same was investigated. Through this investigation was determined that the water Sewer Treatment Plant at the Parish "16 de Agosto" does not receive maintenance of any kind. Nevertheless, its effluent fulfills with the maximum permissible limits as far as discharging in the fresh water courses establishes by TULAS. The hydraulic determination works according to the volume that it is received, considering acceptable by the UASB criteria of design of systems by some authors. Finally a manual of operation and maintenance is elaborated, by which it tries to improve the present situation of the water Sewer Treatment Plant at the Parish "16 de Agosto".

ABREVIATURAS

PTAR. Plata de Tratamiento de Agua Residual

UASB: Bioreactor tubular de régimen continuo y flujo ascendente.

TULAS: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno.

pH: Potencial de Hidrógeno.

N. T: Nitrógeno Total.

O.D: Oxígeno Disuelto.

CESTTA: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental.

SSF: Cantidad de Sólidos Solubles Fijos.

TRH: Tiempo de Retención Hidráulica.

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

BIBLIOGRAFÍA

1. A. C.S Medio Ambiente. (2011). Plantas Depuradoras de Agua. Disponible en <http://www.acs-medio-ambiente.com>.
2. Aguas Residuales. (2006). [En línea]. [mayo 2010]. Disponible en: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/aguas-residuales-6299.html>
3. Ministerio del Ambiente. (2002). Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS). Anexo de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes.
4. Barros, M. (2004). Etapas del Tratamiento de Aguas Servidas. [En línea]. [Diciembre 2010]. Disponible en: <http://www.hannachile.com/noticias-articulos-y-consejos/articulos/199-etapas-tratamiento-aguas-servidas>.
5. Bueno, J. Gutiérrez, A. (2001). Los sedimentadores lamelares en el tratamiento de aguas residuales. [En línea]. [noviembre 2010]. Disponible en: http://www.itp-depuracion.com/documentacion/magazine/IQ_Lamelas.pdf
6. Catalán, J. (1990). Química del agua. Obra Técnica sobre el agua. Editorial Bellisco, 2ª ed. Madrid.
7. Chirinos, A. Guareñas, A. Sánchez, M. (2005). Calidad de Agua. [En línea]. [noviembre 2010]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/calidad-agua-miranda/calidad-agua-miranda.shtml>
8. Conagua. (2008). Indicadores de Calidad de Agua. [En línea]. [enero 2011]. Disponible en: www.conagua.gob.mx
9. Crites y Tchobanoglous. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, McGraw – Hill interamericana. New York, Colombia.
10. Cubillos, A. (2000). Parámetros y Características de las Aguas Residuales. [En línea]. [enero 2011]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>
11. Díaz, D y V. E. Escalante. (2011). Tratamiento de Aguas Residuales de origen doméstico en Reactores Anaeróbicos de flujo ascendente y manto de lodos. XXIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (SIDIS) CEPIS.
12. Domenech, X. (1995). Química de la hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes. Madrid: Ediciones Miraguano. Libro sobre la química del agua y distintos aspectos de su contaminación.
13. Ecoamérica. (2007). Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. [En línea]. [noviembre 2010]. Disponible en: http://www.ecoamerica.cl/pdf_notas/66/eco66_pag18-22.pdf

14. Frers Cristian. (2004). La contaminación de las aguas: Aguas que lloran por los humanos. [En línea]. [enero 2011]. Disponible en: <http://www.ecojoven.com/tres/05/aguas.html>
15. Gómez, C. (2004). Tratamiento terciario de aguas residuales. México. [En línea]. [diciembre 2010]. Disponible en: http://www.seed.slb.com/en/things_to_do/workshops/hdl/mexico2/static/html/115.html.
16. Gutiérrez, L. (2002). Tipos de tratamiento de aguas residuales.[En línea]. [Diciembre 2010]. Disponible en:http://es.wikibooks.org/wiki/Impactos_ambientales/Tratamiento_de_aguas_servidas_y_lodo
17. IDEAM. (2005). Esquemas Tecnológicos para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Manejo de Lodos considerados en el modelo conceptual. [En línea]. [diciembre 2010]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/publica/aguasresiduales/Esquemas.pdf>
18. Ingeniería de aguas residuales.(2010). Tratamiento Primario. [En línea]. [diciembre 2010]. Disponible en: http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Tratamiento_primario.
19. Ingeniería y servicios Ambientales. (2010). Sistema de tratamiento de aguas residuales. [En línea]. [Consultado febrero 2011]. [diciembre 2010]. Disponible en http://www.isa.ec/pdf/sitar_1.pdf.
20. Jaramillo V, Sherrard J, Albuja C. (2000). Memorias de Seminario. Química Sanitaria, Agua potable y Negras. Bogotá. Valera. 93 a 99p.
21. La empresa depuradora de aguas residuales (E.D.A.R). (2009).[En línea]. [Consultado febrero 2011].Disponible en <http://www.geocities.com/rainforest> .
22. Lee Harrison. (1998).Manual de Auditoría Medio Ambiental. Higiene y seguridad. McGraw – Hill. New York.
23. Lesly Da Camara, Mario Hernandez y Luiselena Paz (1998). Manual de Diseño para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Alimenticias. [En línea]. [consultado diciembre 2010].Disponible en www.manual_tratamiento.pdf (SECURED).
24. M. Fair Gordon. (1971). Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Ed. Limusa - Wiley. México.[consultado enero 2011].
25. Mahamud, M. Gutiérrez, A. Sastre, H. (1996). Bio sólidos generados en la depuración de aguas (I): Planteamiento del problema. [En línea]. [consultado enero 2011]. Disponible en:<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/3115/1/32article4.pdf>

26. Maki D, Thompson M. (1973). Mathematical Models and Applications, Prentice. Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
27. Marchand, E. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitano. [En línea]. [consultado enero 2011]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf
28. Marsilli, A. (2005). Tratamiento de aguas residuales. [En línea]. [consultado febrero 2011]. Disponible en: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>.
29. Metcalf - Eddy. (1985). Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Editorial Labor S.A. España. [consultado 30 de junio].
30. Metcalf y Eddy. (2000). Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Revista peruana de química, ingeniería química. Editorial Labor S.A. España 1977. Volumen.3 N°1.[Consultado 30 de junio].
31. Raisman, J y Gonzales, A. (1998). Depuración de aguas residuales. Argentina.[En línea]. [consultado diciembre 2010]. Disponible en: http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/depuraci%C3%B3n_de_aguas_residuales.htm
32. Ramírez, J. (2000). Tratamiento de aguas. Tratamiento primario y parámetros hidráulicos I. [En línea]. [consultado enero 2011]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/tratami/tratami.shtml>
33. Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. [En línea]. [consultado diciembre 2010]. Disponible en: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/DeLaLaveSepOct02.pdf>
34. Rigola, M. (2008). Clasificación de aguas residuales. [En línea]. [consultado diciembre 2010]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/aguas-residuales_3.html
35. Rodríguez, A. et al. Letón, P. Rosal, R. (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid. España.
36. Rojas, R. (2005). Control de calidad del agua en la red de distribución. [En línea]. [Consultado diciembre 2010]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsair/e/hdt/hdt99/hdt99.pdf>.
37. Romero J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 177 a 185pag.
38. Romero J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 249p.
39. Romero J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño. Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 647p.

40. Romero, J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá. Colombia.
41. Romero, J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá. Colombia.
42. Secretariado del Manejo del Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. (2007). Capítulo 3. Plantas de tratamiento de aguas residuales.[Consultado diciembre 2010].
43. Seoanez Calvo, M. (1995). Tratamiento primario. [En línea]. [Consultado diciembre 2010].
Disponible en:
<http://www2.cbm.uam.es/jalopez/personal/SeminariosVarios/ERARtexto.htm>
44. Sette, R. Jiménez, D. de la Lora, F. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverte. ISBN 8429179755.[Consultado enero 2011].

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de observación

Localidad: Parroquia 16 de Agosto, Cantón Palora Provincia de Morona Santiago	
Título: CARACTERIZACION DE PTAR Y SUS ALREDEDORES	Investigador: Mayra Carolina Heras Heras.
Comunidad: Población del sector.	Fecha: Enero 10 del 2011
➤ Vía de ingreso a la PTAR en mal estado, sin mantenimiento. ➤ Predomina la construcción de hormigón armado. ➤ Las instalaciones están sin mantenimiento y lleno de maleza . ➤ Sus alrededores predomina la vegetación secundaria y pastos (gramalote) ➤ La PTAR está situada a 20m de distancia del rio Utumi. ➤ Falta de recolección de residuos sólidos del sistema de tratamiento primario. ➤ La descarga del efluente tratado se la hace al estero blanco, mismo que llega al rio Utumi.	

Anexo 2. Límites máximos permisibles para la descarga de Efluentes a corrientes de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁸ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	[*] Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 800
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

Fuente: Libro VI. Tabla 12 a. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:
Recurso Agua

Anexo 3. Plano Regulador de la Parroquia 16 de Agosto



Fuente: Elaborado por Municipio del Cantón Palora.

Anexo 4. Análisis de calidad de agua

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:
ST:

0960
11 - 0447 ANALISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario:
Atm.
Dirección:

GOBIERNO MUNICIPAL PALORA
BQF. Marco Guamán
Carlos Alzamora s/n Morona Santiago

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS:
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:
FECHA DE MUESTREO:
FECHA DE ANÁLISIS:
TIPO DE MUESTRA:
CÓDIGO LAB-CESTTA:
CÓDIGO DE LA EMPRESA:
PUNTO DE MUESTREO:
ANÁLISIS SOLICITADO:
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:
CONDICIONES AMBIENTALES:

07 de Mayo de 2011
1
2011 / 04/ 28 - 18:00
2011 / 04/ 28 - 07:45
2011 / 04/ 28 - 2011 / 05/ 07
Agua Residual
LAB-A 1341-11
1
Parroquia 16 de Agosto entrada planta de tratamiento
Análisis Físico-Químico y microbiológico
BQF. Marco Guamán
T máx.: 24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

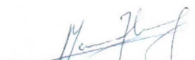
RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrogeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500H ⁺	----	6,27	5-9	± 0,10
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjedahl	mg/L	12 *	15	-
*Fósforo	PEE/LAB-CESTTA/21 APHA 4500 P	mg/L	<2	10	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	61	250	±8%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D.9221	UFC/100 mL	> 1X10 ⁶	*Remoción > al 99,9%	±30%

OBSERVACIONES:

- Muestra Receptada en Laboratorio
- Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12. TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a nmp.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 1

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	0960
ST:	11 - 0447 ANALISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	GOBIERNO MUNICIPAL PAI.ORA
Atn:	BQF. Marco Guamán
Dirección:	Carlos Alzamora s/n Morona Santiago
FECHA:	07 de Mayo de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011 / 04/ 28 - 18:00
FECHA DE MUESTREO:	2011 / 04/ 28 - 07:57
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 / 04/ 28 - 2011 / 05/ 07
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 1342-11
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	2
PUNTO DE MUESTREO:	Parroquia 16 de Agosto salida planta de tratamiento
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis Físico-Químico y microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	BQF. Marco Guamán
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.:24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrogeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500H ⁺	----	6.59	5-9	± 0,10
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjedahl	mg/L	6	15	-
*Fósforo	PEE/LAB-CESTTA/21 APHA 4500 P	mg/L	<2	10	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	21	250	±20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APIA 9222 D.9221	UFC/100 mL	20000	*Remoción > al 99,9%	±30%

OBSERVACIONES:

- Muestra Receutada en Laboratorio
- Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12. TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a nmp.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

INSPECCIÓN
LAB-CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 1

 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
---	--	--

INFORME DE ENSAYO No:	0960
ST:	11 - 0447 ANALISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	GOBIERNO MUNICIPAL PALORA
Atn.	BQF. Marco Guamán
Dirección:	Carlos Alzamora s/n Morona Santiago
FECHA:	07 de Mayo de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011 / 04/ 28 - 18:00
FECHA DE MUESTREO:	2011 / 04/ 28 - 08:08
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 / 04/ 28 - 2011 / 05/ 07
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 1343-11
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	3
PUNTO DE MUESTREO:	Cuerpo receptor Parroquia 16 de Agosto
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis Físico-Químico y microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	BQF. Marco Guamán
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrogeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500H ⁺	----	5,97	5-9	± 0,10
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjedahl	mg/L	1	15	-
*Fósforo	PEE/LAB-CESTTA/21 APHA 4500 P	mg/L	<2	10	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	11	250	±20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D,9221	UFC/100 mL	1000	⁸ Remoción > al 99,9%	±30%

OBSERVACIONES:

- Muestra Receutada en Laboratorio
- Limites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12. TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a nmp.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 1

 ESPOCH LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR	 OAE Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	0960
ST:	11 - 0447 ANALISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	GOBIERNO MUNICIPAL PALORA
Atn.	BQF, Marco Guamán
Dirección:	Carlos Alzamora s/n Morona Santiago
FECHA:	07 de Mayo de 2011
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2011 / 04 / 28 - 18:00
FECHA DE MUESTREO:	2011 / 04 / 28 - 08:19
FECHA DE ANÁLISIS:	2011 / 04 / 28 - 2011 / 05 / 07
TIPO DE MUESTRA:	Agua Residual
CÓDIGO LAB-CESTTA:	LAB-A 1344-11
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	4
PUNTO DE MUESTREO:	Parroquia 16 de Agosto río receptor 10m antes de la descarga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Análisis Físico-Químico y microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	BQF, Marco Guamán
CONDICIONES AMBIENTALES:	T máx.: 24.0 °C. T mín.: 19.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Potencial de Hidrogeno	PEE/LAB-CESTTA/05 APHA 4500H ⁺	----	5.74	5-9	+ 0.10
*Nitrógeno Total	PEE/LAB-CESTTA/88 Kjedahl	mg/L	1	15	-
*Fósforo	PEE/LAB-CESTTA/21 APHA 4500 P	mg/L	<2	10	-
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LAB-CESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	10	250	+20%
Coliformes Fecales	PEE/LAB-CESTTA/48 APHA 9222 D.9221	UFC/100 mL	200	⁸ Remoción > al 99.9%	+30%

OBSERVACIONES:

- Muestra Recaptada en Laboratorio
- Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Tabla 12. TULAS
- Las unidades expresadas en UFC son equivalentes a nmp.
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
INSPECCIÓN
LAB-CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos de ensayo
MC2201-05

Página 1 de 1

GOBIERNO MUNICIPAL DE PALORA

UNIDAD DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y AGUAS RESIDUALES REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 11

Fuente: Planta de tratamiento de Aguas Residuales		Recolectada por: BQF: Marco Guamán
Fecha de recolección: 25/052011	Hora: 9h10	Fecha de análisis: 25/mayo/2011
Sistema de agua Residuales		
Parroquia: 16 de Agosto	Localidad:	Entrada a la Planta de tratamiento

ANALISIS FISICO - QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	5-9	6.64
Color	Pt-Co	Inapreciable en dilución 1/20	277
Turbiedad	U.N.T.		25.8
Temperatura	°C	<35	23
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1600	118.3
Conductividad	µS/cm	3000	246
2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO mg/l
Hierro Total	Fe ³⁺	10	5.62
Manganeso	Mn ²⁺	2	1.322
N- Amoniacal	N-NH ₃	10	9.24
Nitratos	N-NO ₃ ⁻	10.0	1
Nitritos	N- NO ₂ ⁻	10.0	0.728
Fosfatos	P	10	1.6

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes totales	U. F. C. / 100 ml	* Remoción > 99%	
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100 ml	* Remoción > 99%	13500

* Aquellos regulados con descargas de C. fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.

ABREVIATURAS:

U. F. C.: Unidad Formadora de Colonias

LIMITE PERMISIBLE:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE-ENEN 1108 (Primera Revisión), septiembre 2005

OBSERVACIONES:

Responsable:

Jefe de Laboratorio