



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DE
LA PLANTA Nº 01 DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

VARGAS TIERRAS TANNIA JAZMÍN

RIOBAMBA - ECUADOR

2012

Agradezco de todo corazón a mi familia en especial a mis padres que me han apoyado decididamente en este trayecto de mi vida, para tener un porvenir positivo en beneficio personal y de la sociedad.

Un agradecimiento sincero a mi Director Ing. Mario Villacrés y a mi colaborador Ing. Marco Chuiza, por saber guiarme durante todo el trabajo de investigación.

Hago extensible mi gratitud al Sr. Telmo Ureña Alcalde del GADM La Joya de los Sachas y al Ing. Danny Vargas Director del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado, por confiar en mí y haberme dado la oportunidad de empezar a desarrollarme como profesional.

Mi recuerdo inolvidable a la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme formado académicamente.

Reitero mi agradecimiento a todos mis maestros, amigos y familiares que de una u otra forma contribuyeron en la culminación de esta etapa de mi vida.

El presente trabajo de investigación, está dedicado a mis padres Daniel y Beatriz; que son el pilar fundamental de mi vida, a mis hermanos Danny, Yadira, Diego, Yeslie y Neyda por apoyarme; a mi hija Daniela por darme fuerza para seguir luchando; a todos los miembros de mi familia que me ayudado y guiado. Y a Dios por haberme dado la fortaleza de seguir adelante para llegar a culminar mi carrera.

HOJA DE FIRMAS

Nombre	Firma	Fecha
- Dra. Yolanda Díaz
DECANA FAC. CIENCIAS		
- Ing. Mario Villacrés
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA		
- Ing. Mario Villacrés
DIRECTOR DE TESIS		
- Ing. Marco Chuiza
MIEMBRO TRIBUNAL		
- Ing. Hugo Calderón
MIEMBRO TRIBUNAL		
- Lic. Carlos Rodríguez
DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN		

Yo Tannia Jazmín Vargas Tierras soy responsable de todas las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis de grado y el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ARU:	Agua residual Urbana
CF:	Coliformes Fecales
CPRE:	Constitución Política de la República del Ecuador
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
OAE:	Organismo de acreditación ecuatoriano
PTAR:	Planta de Tratamiento de Agua Residual

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN	i
SUMARY	ii
INTRODUCCIÓN	iii
ANTECEDENTES	v
JUSTIFICACIÓN	vi
OBJETIVOS	vii

CAPÍTULO I

1. Marco Teórico

1.1 ¿Qué es el agua residual urbana?(ARU).....	2
1.2 Objetivos del tratamiento de aguas residuales	4
1.3 Características de importancia en aguas residuales	5
1.3.1 Caudal	5
1.3.2 Características Físicas	6

1.3.3 Características Químicas Orgánicas	9
1.3.4 Características Químicas Inorgánicas	11
1.3.5 Características Biológicas	11
1.4 Procesos para tratamiento de aguas residuales	12
1.5 Como se evalúa que una planta de tratamiento funciona.	17
1.6 Legislación Ambiental	17
1.7 Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria	18
1.7.1 Norma De Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua	19
1.7.1.1 Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público	19
1.7.1.2 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce	20
1.8 Operaciones A Implementarse	21
1.8.1 Tamizado Grueso	21
1.8.1.1 Rejillas	23
1.8.1.2 Residuos del Tamizado Grueso, Cantidades y Disposición	24
1.8.2 Desinfección	25

1.8.2.1 Cloro	25
1.8.2.2 Mecanismos de la Desinfección con Cloro	29
1.8.2.3 Equipos	30
1.8.2.4 Monitoreo de los Compuestos de Cloro y sus Derivados	31
1.8.3 Características de los equipos a instalar.....	31
1.8.3.1 Tanque de Retención y Tanque de Preparación	31
1.8.3.2 Bomba Dosificadora C 6250 Bluewhite	32

CAPÍTULO II

2. Parte Experimental	34
2.1 Diagnóstico de la situación actual del sistema	34
2.1.1 Sistema de tratamiento de ARU N ⁰ 01 La Joya de los Sachas	35
2.1.1.1 Ubicación	35
2.1.1.2 Estructuras usadas	37
2.1.1.3 Descripción del PTAR urbanas “Planta N ⁰ 01”	37
2.2 Plan de Muestreo.....	40
2.2.1 Puntos De Muestreo	41
2.3 Metodología	43

2.3.1 Métodos Y Técnicas	43
2.3.1.1 Métodos	43
2.3.1.2 Técnicas	43
2.3.1.2.1 Análisis Físicos	44
2.3.1.2.2 Análisis Químicos	44
2.3.1.2.3 Análisis Biológicos	45
2.3.1.2.4 Método para medir - caudal en el río Quinchayacu con cuerpos flotantes para determinar la velocidad de la corriente.....	47
2.3.1.2.5 Método para medir – caudal en la PTAR (método volumétrico)	48
2.3.1.2.6 Método para la dosificación del cloro	49
2.3.1.2.7 Método para la determinación de cloro	50
2.4 Datos Experimentales	51
2.4.1 Datos	51
2.4.1.1 Medición del caudal	56
2.4.1.1.1 Cálculo del caudal del río Quinchayacu.....	56
2.4.1.1.2 Cálculo del caudal de la PTAR N 01	58

2.4.1.2 Determinación de la concentración total de coliformes fecales en el río Quinchayacu	60
2.4.1.3 Evaluación	61

CAPÍTULO III

3. Optimización de la planta	66
3.1 Cálculos de ingeniería para la optimización	67
3.1.1 Sistema de rejillas	67
3.1.2 Sistema de desinfección	74
3.1.2.1 Dosificación de cloro (laboratorio)	74
3.1.2.2 Sistema de desinfección para la planta N ^o 01	77
3.1.2.2.1 Especificaciones técnicas de los equipos a instalar	77
3.1.2.2.2 Tren de tratamiento	78
3.2 Resultados	81
3.2.1 Sistema de Rejillas	81
3.2.2 Dosificación de Cloro (Laboratorio)	82
3.3 Propuesta Económica	86
3.3.1 Sistema de Rejillas	86
3.3.2 Sistema de Desinfección	86

CAPÍTULO IV

4. Análisis y discusión de resultados	89
4.1 Análisis físico – químico y biológico de la entrada y descarga de agua residual.....	89
4.2 Medición del caudal	89
4.3 Dimensionamiento de Rejillas	90
4.4 Sistema de Desinfección	91

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones	95
5.1 Conclusiones	95
5.2 Recomendaciones	97

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp:
1. Procesos de tratamiento de Aguas Residuales ^(a)	15
2. Diagrama de Flujo – Procesos de tratamiento ^(b)	16
3. Clases de tamices usados en el tratamiento del agua residual	22
4. Relación Dosis – Demanda – Residual	27
5. Ubicación de la Planta de Tratamiento N ^o 01 – Cantón La Joya de los Sachas	36
6. Puntos de muestreo – PTAR N ^o 01 “Barrio Central”	42
7. Dimensionamiento del río Quinchayacu	57
8. Variación del Caudal	60
9. Dimensiones de rejilla gruesa	71
10. Factores de forma β para secciones usuales de barras de rejillas	72
11. Dimensiones de rejilla delgada	73
12. Dimensiones del sistema de desinfección	80
13. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 1)	84
14. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 2)	84
15. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 3)	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Pp:
I. Umbral de olor de compuestos olorosos asociados con ARU	8
II. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	19
III. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	20
IV. Operaciones y procesos usados en el tratamiento preliminar de aguas residuales, junto con el tamaño de partícula afectado	21
V. Descripción de equipos de tamizado usados en el tratamiento de agua residual.....	23
VI. Características y cantidades de residuos del tamizado grueso removidos con ayuda de rejillas	24
VII. Características del Hipoclorito de Calcio (HTH)	26
VIII. Equipos más usados	30
IX. Datos experimentales obtenidos en los análisis físicos	51
X. Datos experimentales obtenidos en los análisis químicos	53
XI. Datos experimentales obtenidos en los análisis biológicos.....	55
XII. Datos experimentales obtenidos en los análisis microbiológicos. Río Quinchayacu....	55
XIII. Datos Experimentales de Tiempo.....	56

XIV. Datos Experimentales del Caudal del río Quinchayacu	58
XV. Datos Experimentales para el cálculo del caudal de la planta	59
XVI. Datos Experimentales de la Concentración Total de CF río Quinchayacu.....	61
XVII. Rejillas de limpieza manual	67
XVIII. Datos del Cálculo del Volumen 1	75
XIX. Resultados del diseño de rejillas	81
XX. Resultados de la dosificación de solución de Cloro	82
XXI. Resultados de la determinación de coliformes fecales.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Sistema de tratamiento N^o 01 “La Joya de los Sachas”
2. Medición del caudal
3. Tanque de revisión
4. Cámara de sedimentación
5. Maleza alrededor de la planta
6. Limpieza de la maleza
7. Barras de perfil cuadrado (Novacero)
8. Diseño de rejillas, Vista real
9. Diseño de rejillas (vista superior)
10. Diseño de rejillas (vista lateral)
11. Diagrama para la dosificación de cloro (HTH)
12. Ubicación del sistema de cloración en la planta de tratamiento.
13. Hoja técnica para el sistema de desinfección en la PTAR.
14. Diseño de la planta de tratamiento de agua residual – optimizada
15. Plan de mantenimiento de rejillas.

16. Muestreo.

17. Desinfección

18. Resultados de la caracterización de ARU (entrada PTAR)

19. Resultados de la caracterización de ARU (entrada PTAR)

20. Resultados de la caracterización de ARU (salida PTAR)

21. Resultados de la caracterización del río Quinchayacu

RESUMEN

Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Residual N° 01 en el Cantón La Joya de los Sachas, Provincia de Orellana.

Para esta investigación se utilizó el método analítico, con el cual se determinan las variables que se consideran de importancia para el análisis del agua residual de entrada y salida del sistema de tratamiento, además nos da a conocer las condiciones físicas – químicas – biológicas del agua tratada en la planta. Los análisis fueron realizados en el laboratorio con equipos específicos para pH, temperatura; gravimétricos para sólidos; espectrofotométricos para cloro; incubación para DBO y coliformes fecales; digestión para DQO, y materiales específicos como: tubos de ensayo, gradilla, pipeta, vasos de precipitación y caja petri. Para el muestreo en campo del agua residual se usó botellas de vidrio y frascos estériles, guantes y mascarilla.

Los resultados indican que la concentración de coliformes fecales incumplen la norma, los demás parámetros considerados están en conformidad. Para la remoción de coliformes se implementa un sistema de desinfección el cual requiere una solución de cloro de 4ppm, y se logra reducir la concentración de coliformes en un 99.9%. Para impedir el ingreso de basura a la planta se implementa dos rejillas en serie (1.1m*0.60m); una rejilla grande con 13 barras metálicas, espesor de 1.8 cm con un espaciamiento entre ellas de 3 cm y, una rejilla pequeña de 16 barras metálicas, de espesor de 0.9cm con un espaciamiento de 2 cm.

La optimización es de gran importancia pues permite descargar un efluente de buena calidad hacia el río Quinchayacu, el cual cumpla con los límites máximos permisibles de descarga de agua residual a un cuerpo de agua dulce, establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente, beneficiando así a la población.

Se recomienda a la municipalidad hacer un seguimiento de la calidad del agua tratada en el sistema de tratamiento para controlar el buen funcionamiento del mismo y dar mantenimiento adecuado, para así evitar obstrucción y deterioro.

SUMMARY

Optimization of the Residual Water Plant N^o 1 in the La Joya de los Sachas Canton, Orellana Province. For this investigation the analytical method was used with which the important variables for the analysis of the inlet and outlet residual water of the treatment system were determined.

Moreover the physical, chemical and biological conditions of the treated water at the plant were known. The analyses were carried out at the laboratory with specific equipment for the Ph, temperature, gravimetric for solids, spectrofometric for chloride, incubation for DBO and fecal coliformes, digestion or DQO and specific materials such as test tubes, small stepladder, pipette, precipitation glasses and Petri box. For the in situ sampling of the residual water glass bottles and sterile flasks, gloves and a mask were used.

The results show that the fecal coliform concentration do not accomplish the norm; the other considered parameters do accomplish it. For the coliform removal a disinfection system is implemented which requires a chloride solution or 4ppm and it is possible to reduce the coliform concentration by a 99.9%. To impede the garbage entrance to the plant, two serial grills (1.1mx0, 60m), a big grill with 13 metallic bars, 1.8 cm thick and 3cm spacing between them and a small grill with 16 metallic bars, 0.9cm thick and 2 cm spacing.

The optimization is of great importance as it permits to discharge a good quality effluent to the Quinchayacu River, which accomplishes the maximum permissible limits or residual water discharge to a fresh water body, established in the actual Ecuadorian environmental norm, thus benefitting the population.

The population is recommended to follow up the quality of the water treated in the treatment system to control its good functioning and provide an adequate maintenance to, this way avoid obstruction and decay.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo titulado *Optimización del sistema de tratamiento de agua residual de la planta N° 01 del Cantón Joya de los Sachas*, el problema es la falta de mantenimiento en la planta desde que ha empezado su funcionamiento lo que ha causado malos olores en sus alrededores afectando a la población.

En el estado actual del estudio se muestra el medio de operación de la planta, se identifica el problema específico (falta de rejillas) y mediante la caracterización del agua tratada se establece las alternativas de mejora en las operaciones del tratamiento, para lograr los requerimientos definidos y concretar el diseño de operaciones necesarias para optimizar el sistema. Esta investigación se realiza en la planta de tratamiento de agua residual urbana ubicada en el cantón La Joya de los Sachas, la cual trata aguas residuales provenientes del barrio Machala y Central de dicho cantón y la descarga se da en el río Quinchayacu.

Si es posible mejorar el sistema de tratamiento después de haber realizado un análisis situacional actualizado de la planta, y posteriormente plantear alternativas de mejora como: implementación de rejillas y un sistema de desinfección, realizando el diseño de las mismas y efectuando simulaciones en el laboratorio respectivamente, sin afectar económicamente a la Municipalidad.

Para caracterizar el agua se toman dos puntos de muestreo específicos, uno en la entrada (cámara de distribución) y otro en la salida del sistema, se tomaron muestras simples que fueron transportadas bajo condiciones de refrigeración para así evitar alteraciones de las características físicas – químicas y biológicas, el muestreo se realiza bajo las indicaciones

de la NTE INEN 2169:98 - NTE INEN 2176:98 (Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras, técnicas de muestreo), y con esto se garantiza que la muestra esté en condiciones óptimas para realizar su análisis.

El agua residual que se descarga tiene las siguientes características físicas – químicas – biológicas: DBO₅ de 41.53 mg/L; DQO de 85.17 mg/L; pH de 7.43; Sólidos sedimentables de 0.1 mg/L; sólidos suspendidos de 21.08 mg/L; sólidos totales de 337.17 mg/L y temperatura de 26 C, los cuales están dentro de los límites permisibles, excepto coliformes fecales 104 250 col/100ml, estos datos están basados en la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua, dado en el TULAS Libro VI Anexo I del Ministerio de Ambiente.

ANTECEDENTES

El 28 de Julio de 1998 fue creada la provincia de Orellana. Tiene una población de 86 493 habitantes, y abarca cuatro cantones: Francisco de Orellana, Aguarico, La Joya de los Sachas y Loreto.

El cantón La Joya de Los Sachas fue fundada el 23 de abril de 1971 esto es de acuerdo a los que manifiestan los primeros habitantes, tiene una superficie aproximada de 1206 Km² (0,5% del territorio nacional), repartidos entre: área urbanizada (1%) y área rural (99%). Su población alcanza aproximadamente 32 mil habitantes, distribuidos mayoritariamente en el área rural (75%). Sus habitantes nativos pertenecen principalmente a las nacionalidades Huaorani, Schuar y Quichua.

En el cantón, la problemática son las descargas que afectan la operación y la integridad del sistema municipal de tratamiento del agua residual, además de deteriorar la calidad de los cuerpos receptores provocando que la población no pueda dar uso a los mismos, también el principal inconveniente que enfrenta el municipio es la falta de asesoría técnica que les permita mejorar los procesos.

Durante el funcionamiento del sistema de tratamiento no se ha dado un seguimiento de la calidad del agua tratada en el mismo, por tanto no se ha controlado si ésta funciona o no, además no se ha dado mantenimiento que es principal causante de malos olores

JUSTIFICACIÓN

El Gobierno Municipal Joya de los Sachas es una entidad dedicada a la ayuda transparente de las necesidades de la gente en la planificación y acción municipal para beneficio de la población. Con esta intención, se realiza la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales del Cantón, propiciando con esto la protección del recurso hídrico en la región.

En el presente estudio se muestra el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales la cual muestra problemas de calidad en el efluente. En este sentido se realiza estudios que permitieron evaluar y/o mejorar el sistema de tratamiento, como una alternativa de prevenir la contaminación en el entorno.

La optimización del sistema de tratamiento de agua residual tiene el fin de obtener una descarga de agua con una calidad, que cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad ambiental vigente. Por tanto se realiza el diagnóstico de la calidad actual del agua tratada y posteriormente se diseñan las modificaciones que se realizan al sistema de tratamiento, con la finalidad de dar cumplimiento con la norma.

La Constitución de la República del Ecuador, “Protege el patrimonio natural y cultural del país” y además “Reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir”; es por esto que, la investigación da cumplimiento con: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, y Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

OBJETIVOS

GENERAL

- Optimizar el Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la planta N° 01 del Cantón Joya de los Sachas.

ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico técnico actualizado del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Caracterizar el agua de alimentación y tratada que se obtiene de la planta de tratamiento.
- Identificar la (s) o las fases de proceso donde se pueda centrar el estudio de optimización.
- Plantear Alternativas de mejora para el funcionamiento de la planta sustentado en el estudio técnico y económico.
- Validar la Alternativa más viable a través de la caracterización final del agua tratada.

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ¿QUÉS ES EL AGUA RESIDUAL URBANA? (ARU)

“El agua potable suministrada por las redes municipales no es agua químicamente pura, sino que contiene sustancias en disolución en pequeñas cantidades. Entre estas sustancias, las más importantes son algunos gases, como el oxígeno y nitrógeno, y compuestos inorgánicos que el agua ha disuelto, tanto durante su período de estancia en el medio natural del que proviene (embalse, río o acuífero) como una vez producida su captación por parte del hombre para incorporarla a la red de agua potable.

Esto se debe a que el agua es una sustancia con gran poder de disolución, por lo que en su tránsito por distintos puntos va incorporando nuevas materias disueltas. Antes que el agua sea utilizada como agua potable es necesario realizar análisis que demuestren que los niveles de impurezas no resultan perjudiciales para la salud de los usuarios. Con esta finalidad, también se lleva a cabo la cloración de las aguas, operación que asegura que éstas no van a contener microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Como consecuencia del uso del agua potable en las casas, se incorporan a ésta una serie de sustancias y se genera lo que llamamos aguas residuales urbanas o domésticas. Los focos principales de la contaminación del agua resultante son los procesos de lavado (baños, lavabos, lavadoras, lavaplatos, etc.), y el agua proveniente de los inodoros. Estas actividades provocan una contaminación de tipo físico, químico y biológico. Es decir son líquidos que proceden mayoritariamente de la actividad doméstica.

- **Detritus:** corresponden a las excretas y vertidos líquidos (orina)

Excretas: Son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas siendo la contribución diaria de DBO₅ por parte de un adulto, de 39 a 42 g de los cuales 10,3 g corresponden a orina, entre 24,7 y 30,6g a materia fecal y de 2,0 a 3,5 g a material de limpieza anal fundamentalmente, y están compuestas por: agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general.

Vertidos líquidos: Diariamente (24 horas), un hombre elimina 1,3 litros de orina. Anualmente, cada individuo produce alrededor de 28 Kg de materia orgánica, en forma de elementos y compuestos.

Este tipo de vertidos es el más importante por sus características de composición y concentración, que hacen que sean los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de los sistemas de depuración de aguas residuales urbanas.

- **Residuos domésticos**

Son los que proceden de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas (celulosa almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y que se recogen en la limpieza de la habitación humana.

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. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido

urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.”¹

1.2 OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente para proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos y 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 o renovación que permita eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

Los objetivos iniciales principales del tratamiento de aguas residuales, son los siguientes:

- Remoción de DBO
- Remoción de sólidos suspendidos
- Remoción de patógenos

Así como:

- Reducir al máximo la contaminación.
- Proteger el medio ambiente.
- Mantener la calidad de vida de los individuos.

¹FAIR, G. GEYER, J. Y OKUN, D. Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales. México. Ciencia y Técnica. 1996. v.1. p. 13

- Ahorrar energía.
- Aprovechar los residuos obtenidos.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA DEL ARU

Dadas las características y variaciones en la descarga de aguas residuales, al sistema de alcantarillado, el tipo o sistema de alcantarillado usado, la diferencia en las costumbres de la comunidad aportante, el régimen de operación, el clima, etc., los caudales de aguas residuales oscilan ampliamente durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra. Todos los factores anteriores entre otros, deben tenerse en cuenta en la predicción de las variaciones del caudal y por consiguiente de la concentración de las aguas residuales afluentes a una planta de tratamiento.

1.3.1 CAUDAL

“Los caudales mínimos ocurren en las primeras horas de la mañana, entre las 2:00 y las 5:30, durante dichas horas el consumo es mínimo y pequeñas cantidades de agua residual. El caudal máximo ocurre entre las 7:00 y las 10:00, cuando se presenta el consumo máximo; existe además, un segundo caudal máximo entre las 15:00 y las 16:00 horas. Entre las 7:00 y las 19:00 el caudal de las aguas residuales es mayor que el caudal promedio y durante la noche, es menor que el promedio.

Cuando la infiltración es alta o existen conexiones de aguas lluvias, el régimen puede influir notablemente sobre el caudal y por ende, sobre las características del agua residual. En alcantarillados combinados se presenta mayor concentración de material inorgánico que

en alcantarillados sanitarios o separados, debido a la introducción de aguas lluvias; así mismo, las variaciones de caudal y de concentración del agua residual son más extensas. El caudal está relacionado con el consumo de agua potable, normalmente suele ser 60 – 80%.

La disminución del caudal se debe a:

- Pérdidas en las conducciones (red de distribución y red de saneamiento)
- Consumo
- Evaporación
- Reciclaje industrial

Hay dos tipos de variación del caudal frente al tiempo:

- A lo largo del día: picos de caudal máximo que se suelen corresponder con el consumo máximo de agua potable y el consiguiente desfase de tiempo que depende de la distancia a la que este la planta de tratamiento de agua residual.
- A lo largo del año: esta variación está relacionada con la época de estiaje y de vacaciones.”²

1.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Temperatura

“La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que mucho de los

² Caudal._2011:http://es.wikipedia.org/wiki/Caudal/aguas_residuales

sistemas de tratamiento de agua incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. En regiones frías, la temperatura varía de 7⁰C a 18⁰C, mientras que en regiones cálidas la variación será de 13⁰C a 30⁰C.

La temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento en la temperatura puede causar cambios en las especies de peces que existan en un cuerpo de agua receptor.

La temperatura óptima para la actividad bacteriana es de 25⁰ C a 35⁰ C. Los procesos de digestión aerobia y nitrificación se detienen cuando la temperatura alcanza valores del orden de 50⁰C. Cuando la temperatura se acerca a los 15⁰C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, y alrededor de los 5⁰C, las bacterias autotróficas nitrificantes dejan de actuar. Cuando la temperatura es de 2⁰C, se alcanza incluso la inactivación de bacterias.”³

Olor

“La determinación del olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más por la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto de olor indeseable es el sulfuro de hidrógeno (olor a huevo podrido). Otros compuestos como

³CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 46

indol, eskatol y mercaptanos, formados bajo condiciones anaerobias, pueden causar olores mucho más ofensivos que el del sulfuro de hidrógeno. La concentración umbral de detección de compuestos presentes en aguas residuales que generan malos olores se presentan en la *Tabla I*. Debido al interés de la opinión pública, se exige cuidado especial en el diseño de instalaciones de tratamiento de aguas residuales a fin de evitar condiciones que generan la aparición de malos olores. La medición sensorial de olores empleando el sentido del olfato de los humanos puede generar información importante en niveles de detección muy bajos. Por ello, con frecuencia el método sensorial se usa para medir olores en plantas de tratamiento.”⁴

TABLA I. Umbral de olor de compuestos olorosos asociados con ARU.

COMPUESTOS OLOROSOS	OLOR CARACTERÍSTICO
Amoniaco	Amoniacal
Cloro	
Crotilmercaptano	Zorillo
Dimetilsulfuro	Vegetales
Difenilsulfuro	descompuestos
Etilmercaptano	
Sulfuro de hidrógeno	Coles descompuestas Huevos podridos
Indol	
Metilamina	
Metilmercaptano	Coles descompuestas
Eskatol	Materia fecal
Dióxido de azufre	
Tiocresol	Zorillo, rancio

⁴CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 44

Sólidos

El agua residual contiene una gran variedad de materiales sólidos que varían desde hilachas hasta materiales coloidales. El contenido de sólidos en el agua afecta directamente a la cantidad de lodo que se produce en el sistema de tratamiento. Los sólidos totales consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103° C a 105° C. Los sólidos suspendidos son la porción de sólidos totales retenidos en un filtro. Los sólidos sedimentables son la porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un período determinado es decir son una medida de volumen de sólidos asentados al fondo de un cono Imhoff en un período de tiempo y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple.

1.3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS ORGÁNICAS

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

“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 residual; 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.

La prueba de la DBO es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo

incluyen incubación en la oscuridad a 20 C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. Las condiciones naturales de temperatura, población biológica, movimiento del agua, luz solar y la concentración de oxígeno no pueden ser reproducidas en el laboratorio.

Existen numerosos factores que afectan la prueba de la DBO, entre ellos la relación de la materia orgánica soluble a la materia orgánica suspendida, los sólidos sedimentables, los flotantes, la presencia de hierro en su forma oxidada o reducida, la presencia de compuestos azufrados y las aguas no bien mezcladas. Al momento no existe una forma de corregir o ajustar los efectos de estos factores.”⁵

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

“Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual, bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Las sustancias orgánicas e inorgánicas oxidables presentes en la muestra, se oxidan mediante reflujo en solución fuertemente ácida H_2SO_4 con un exceso conocido de dicromato de potasio en presencia de sulfato de plata que actúa como agente catalizador, y de sulfato de mercurio adicionado para remover la interferencia de los cloruros. Después de la digestión, el remanente del $K_2Cr_2O_7$ sin reducir se titula con sulfato ferroso de amonio; se usa como indicador de punto final el complejo ferroso de ortofenantrolina (ferroina). La materia orgánica oxidable se calcula en términos de oxígeno equivalente.”⁶

⁵⁶ Metcalf - Eddy Inc. Ingeniería de aguas residuales. McGraw-Hill. 1995. p. 45.

1.3.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS INORGÁNICAS

pH

“Medida de la concentración del ión hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar del ión hidrógeno. El intervalo adecuado de pH para la existencia de mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH menores a 5 y superiores a 9 son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos. Si el pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido, el pH de la fuente receptora puede ser alterado; por ello la mayoría de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser descargados dentro de límites específicos de pH.”⁷

Aguas residuales en concentración adversa del ión hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. Aguas con pH menor de 6 en el tratamiento biológico favorecen, el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A pH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, porque predomina el HClO; a pH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH₃), la cual es tóxica.

1.3.5 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las aguas residuales tienen una gran cantidad de organismos (microscópicos o no) procedentes de las excretas de personas y animales, que son los que mantienen la actividad

⁷CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 44

biológica, produciendo fermentaciones, descomposición y degradación de la materia orgánica e inorgánica.

Coliformes

Organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente pocos, y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o, en otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedades.

El grupo de coliformes totales, incluye los géneros *Escherichia* y *Aerobacter*. En general se considera el género *Escherichia*, especie *E. coli*, como la población de bacterias coliformes más representativa de contaminación fecal. El género *Aerobacter* y algunas *Escherichia* pueden crecer en el suelo. Lo cual implica que la presencia de coliformes no necesariamente representa la existencia de contaminación fecal humana.

En la remoción de coliformes tiene efecto principal el tiempo de retención, la temperatura, la radiación ultravioleta, la concentración algal y el consumo por protozoos (Protistas unicelulares, aerobios o anaerobios).

1.4 PROCESOS PARA TRATAMIENTO DE ARU

“Las materias de desecho se desplazan del agua que las transporta de diferentes maneras. En las plantas municipales para tratamiento de aguas de tamaño regular, son comunes los siguientes procesos y dispositivos:

1. La materia voluminosa flotante y suspendida se remueve por colado mediante rejillas y cribas. Las rejillas y cribas cortantes trituran los materiales cribados en el lugar mismo de su separación y los reintegran a las aguas residuales.
2. El aceite y grasa se desnatán después de ascender durante reposo: los *tanques de flotación* producen las natas o espumas.
3. Las materias pesadas y gruesas suspendidas se dejan sedimentar en el fondo de cámaras de reposo: *Cámaras desarenadoras, tanques para detritos, tanques de sedimentación*, que producen arenas, detritos o lodos.
4. Las materias suspendidas no sedimentables y algunos sólidos disueltos se convierten en sólidos sedimentables susceptibles de asentamiento por floculación y precipitación sobre productos químicos: los tanques de *floculación química o de precipitación*, que producen los lodos precipitados.
5. La materia orgánica coloidal y disuelta es metabolizada y convertida en sustancia celular sedimentable mediante crecimientos biológicos. Las masas de células vivientes que pululan en los lodos utilizan las materias residuales para su crecimiento y energía. Para que las masas biológicas permanezcan activas se les soporta, ya sea sobre lechos de material granular, tales como piedra triturada, sobre los que las aguas cloacales se percuelan más o menos continuamente, o se generan en las aguas fluyentes, se retornan a éstas en las cantidades convenientes y se mantienen en suspensión, agitando la solución mezclada, mediante aire o mecánicamente: *filtros percoladores y tanques de lodos activados*, que producen humus de los filtros percoladores y un exceso de lodos activados.

6. Algunas bacterias patógenas y otros organismos se remueven de las aguas cloacales junto con los sólidos en que están embebidas o a los que se adhieren. Otras mueren, porque el medio ambiente impuesto es demasiado desfavorable. Se obtiene una destrucción más completa y directa por desinfección: *unidades de cloración.*”⁸

La combinación adecuada de las operaciones para el tratamiento de aguas residuales depende principalmente de:

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

La mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requerida y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas. Como guía general para la selección de procesos aplicables a la remoción de agentes contaminantes de aguas residuales, se incluye en los procesos de tratamiento de aguas residuales y algunos de los diagramas de flujo de sistemas de tratamiento más usados se muestran en la *Figuras 1 y 2*, respectivamente.

⁸FAIR, G. GEYER, J. Y OKUN, D. Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales. Traducido de la primera edición en inglés por John Wiley. México. Ciencia y Técnica. v.1. p 84.

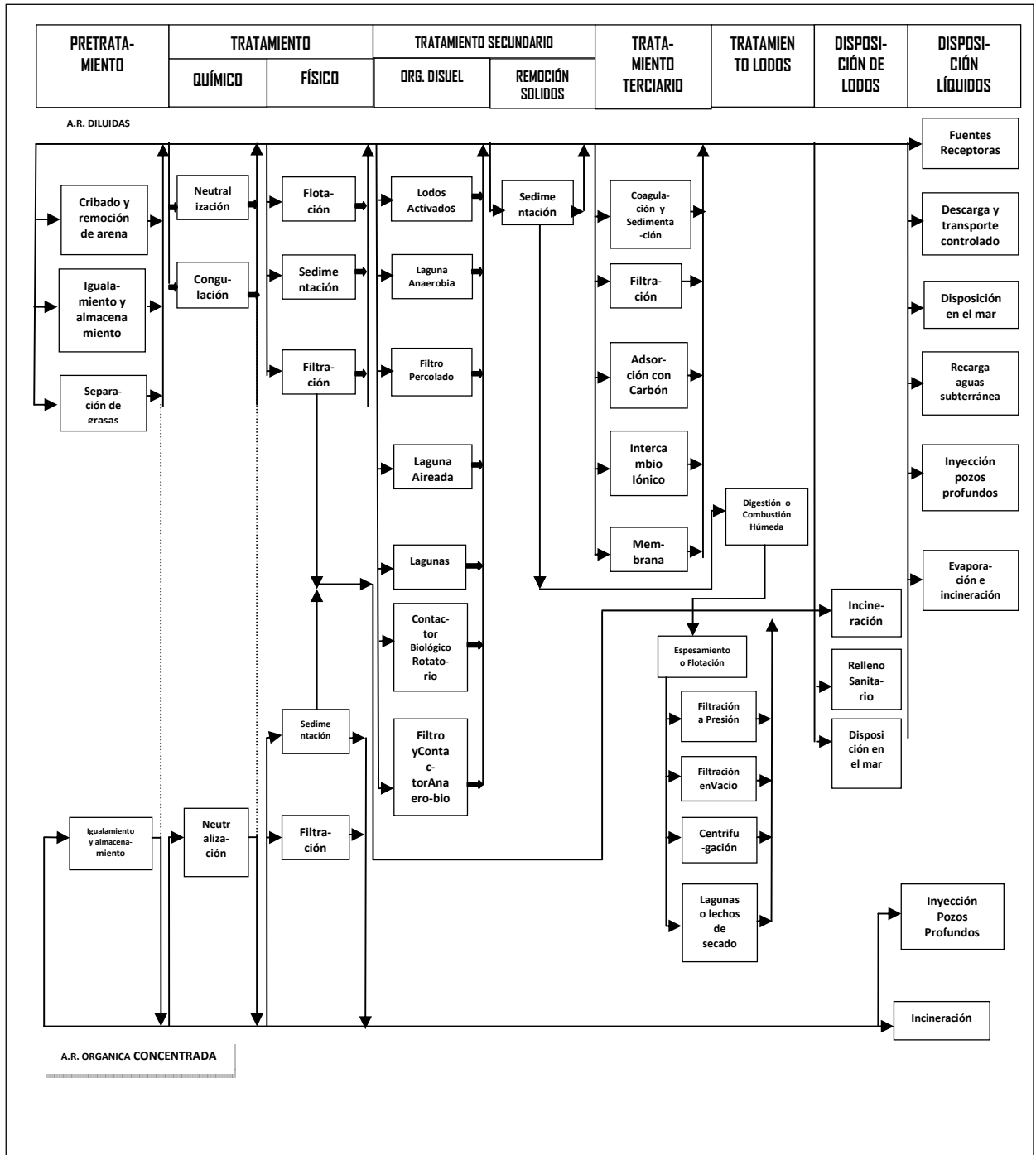


FIGURA 1. Procesos de tratamiento de Aguas Residuales ^(a)

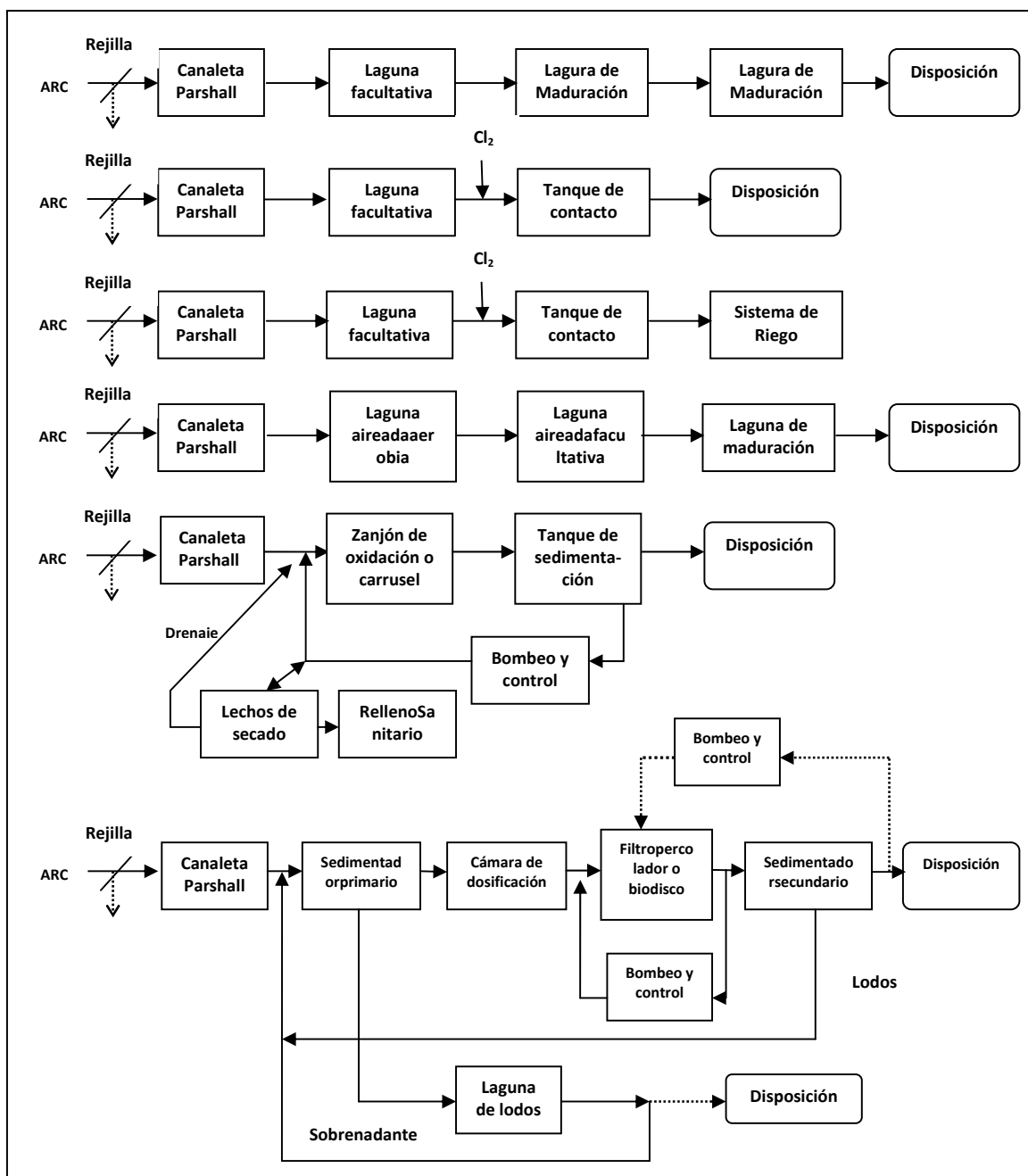


FIGURA 2. Diagrama de Flujo – Procesos de tratamiento ^(b)

1.5 COMO SE EVALÚA QUE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO FUNCIONA.

Se evalúa de acuerdo a los objetivos que una depuradora debe lograr y cumplir:

- Eliminación de residuos, aceites, grasas, flotantes, arenas, etc. y evacuación a punto de destino final adecuado.
- Eliminación de materias decantables orgánicos o inorgánicos
- Eliminación de la materia orgánica
- Eliminación de compuestos amoniacales y que contengan fósforo (en aquellas que viertan a zonas sensibles)
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y que éstos sean correctamente dispuestos.

1.6 LEGISLACIÓN AMBIENTAL

La Constitución Política de la República del Ecuador (CPRE) es la norma suprema que rige el país. Regula específicamente las actividades humanas en todo ámbito, incluido el medio ambiente. Podemos mencionar los siguientes:

Art. 23, numeral 6: *El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.*

Art. 23, numeral 20:*El derecho a una calidad de vida que asegure salud, alimentación y nutrición, agua potable, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, recreación, vivienda, vestido y otros servicios sociales necesarios.*

Art. 86, Protección ambiental*El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.*

Se declaran de interés público y se regularán conforme a la Ley:

1. La preservación del medio ambiente.
2. La prevención de la contaminación ambiental.
3. El establecimiento de un sistema nacional de áreas naturales protegidas que garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos de conformidad con los convenios y tratados internacionales.

1.7“TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA”⁹LIBRO VI ANEXO 1

El 31 de marzo de 2003 en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial por Decreto Presidencial No. 3516 se publica el TULAS del Ministerio del Ambiente que consta de nueve libros con sus anexos respectivos.

⁹ REPUBLICA DEL ECUADOR, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. 2002. Libro VI, Anexo I.

1.7.1 NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:

RECURSO AGUA

- El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor.
- Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas.
- Los laboratorios que realicen los análisis deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis hasta que el OAE establezca el sistema de acreditación nacional

1.7.1.1 Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación:

TABLA II. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos		mg/l	220
Sólidos Totales		mg/l	1600
Temperatura	°C		< 40

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

1.7.1.2 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce.

- Se prohíbe todo tipo de descarga en: Las cabeceras de las fuentes de agua. Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras.

Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación:

TABLA III. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Temperatura	°C		<35
*Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		Remoción > al 99,9 %

**Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.*

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

1.8 OPERACIONES A IMPLEMENTARSE PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

“El tratamiento preliminar se modifica la distribución del tamaño de las partículas presentes en el ARU. Las principales operaciones y procesos empleados en esta fase inicial se identifican en la *Tabla IV*, al igual que los tamaños de las partículas afectadas.

TABLA IV. Operaciones y procesos usados en el tratamiento preliminar de aguas residuales, junto con el tamaño de partícula afectado.

Operación / Proceso	Aplicación / ocurrencia	Tamaño de partícula afectado
Tamizado grueso	Utilizado para la remoción de palos, trapos y demás escombros presentes en aguas residuales crudas.	> 15mm
Tamizado fino	Remoción de partículas pequeñas.	2.5 a 5.0 mm
Microtamizado	Remoción de partículas pequeñas.	0.15 – 1.5 mm

Gran cantidad de material flotante tienden a acumularse en los sedimentadores, formando una desagradable capa de nata. La presencia de arena representa también un problema debido a que se acumulan en los tanques de tratamiento.”¹⁰

1.8.1 TAMIZADO GRUESO

“El tamizado es por lo general la primera operación unitaria encontrada en una PTAR. Los equipos actualmente en uso para el tamizado de agua residual se resumen en la *figura 3*. En

¹⁰CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 244

el tamizado grueso se emplean equipos para interceptar y retener sólidos gruesos presentes en el agua residual cruda; estos equipos constan, en esencia, de barras o varillas paralelas, o alambres de tamaño uniforme. El tamiz compuesto de barras o varillas paralelas se llama *rejilla* (o también *tamiz de barras*). El término “*tamiz*” se emplea también para describir equipos de tamizado conformados por platos perforados, mallas en sección de cuña y telas metálicas. Detalles adicionales sobre las clases de equipos empleados en el tamizado se presenta en la *Tabla IV*. Los materiales sólidos removidos por estos equipos se conocen como *residuos del tamizado*.¹¹

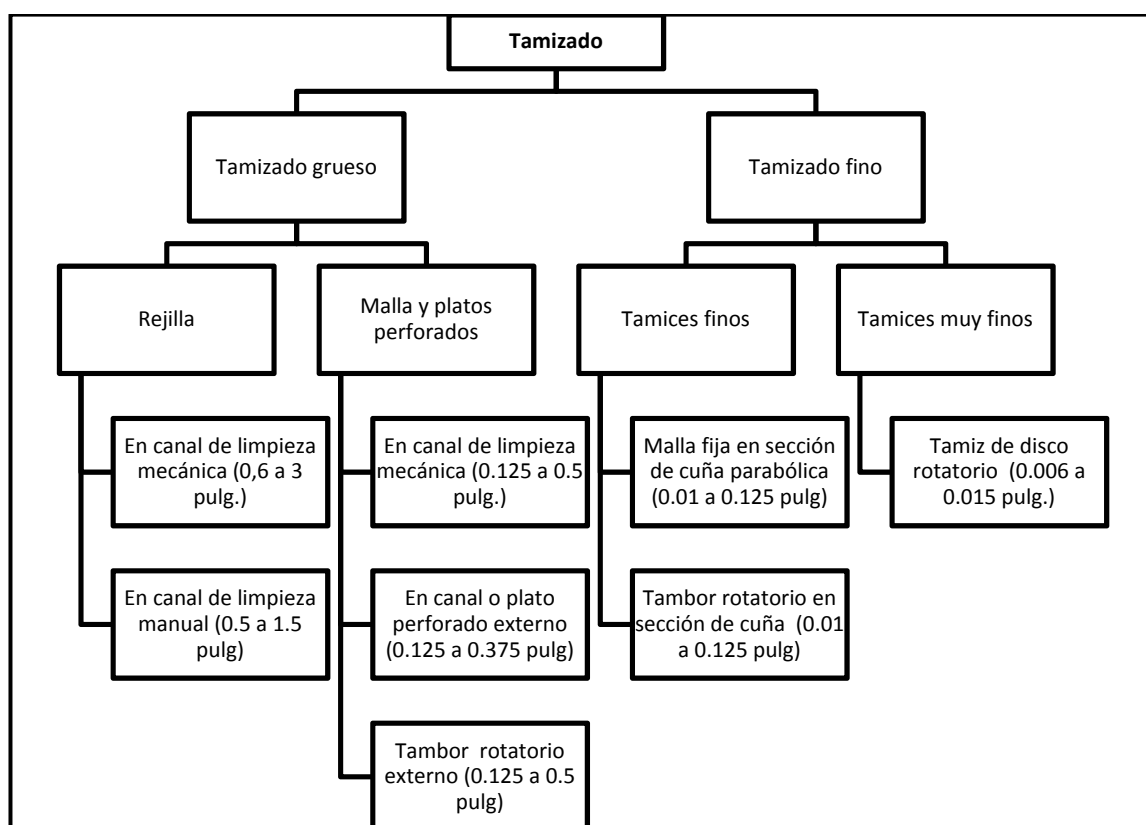


FIGURA 3. Clases de tamices usados en el tratamiento del agua residual.

¹¹CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 44

TABLA V. Descripción de equipos de tamizado usados en el tratamiento de agua residual.

Clase de equipo por tamaño	Clasificación	Abertura del tamiz		Material	Aplicación
		Pulg.	mm		
Rejillas (limpieza manual y mecánica)					
Limpieza manual	Grueso	0,8 – 2.0	20 – 50	Barrotes	Remoción de sólidos suspendidos gruesos y como tratamiento preliminar en la remoción de sólidos finos.
Limpieza mecánica	Grueso	0.6 – 3.0	15 – 75	Barrotes	Ver aplicación anterior.
Rejillas finas o tamiz perforado (limpieza mecánica)					
Rejilla fina	Fino-Grueso	0.125-0.5	3-12.5	Barrotes delgados	Tratamiento preliminar
Plato perforado	Fino-Grueso	0.125-0.375	3- 9.5	Plato perforado	Tratamiento preliminar
Tambor rotatorio	Fino-Grueso	0.125-0.5	3-12.5	Malla en cuña en acero inoxidable	Tratamiento preliminar
Tamiz fino (limpieza mecánica)					
Parabólico fijo	Fino	0.01 – 0.125	0.25-3.2	Malla de cuña en acero inoxidable	Tratamiento preliminar
Tambor rotatorio	Fino	0.01 – 0.125	0.25-3.2	Malla de cuña en acero inoxidable	Tratamiento preliminar
Disco rotatorio	Muy fino (micro)	0.006 – 0.015	0.15 - 0.38	Tela de acero inoxidable	Tratamiento primario.

Fuente: Crites, R. Tchobanoglous, G.

Descripción

Los tamices gruesos, como los ilustrados en la *figura 3* y en la *tabla IV*, se clasifican en rejillas de limpieza manual y mecánica, rejillas finas de limpieza mecánica y tamices de plato perforado.

1.8.1.1 REJILLAS

“Generalmente tienen aberturas (separación entre barras) superiores a ½ pulg (12.5 mm). En las PTAR, las rejillas se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros

elementos, contra posibles daños y obturaciones ocasionados por objetos de gran tamaño como trapos, palos, fundas etc. De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas y tamices se clasifican como de limpieza manual o de limpieza mecánica. Las rejillas de limpieza manual se usan con bastante frecuencia en plantas de tratamiento pequeñas.”¹²

1.8.1.2 RESIDUOS DEL TAMIZADO GRUESO, CANTIDADES Y DISPOSICIÓN

“Los residuos sólidos generados en el tamizado grueso, los cuales son recolectados sobre rejillas con separaciones de ½ pulg (12.5 mm) o más, están compuestos básicamente de rocas, ramas, pedazos de madera, hojas de árboles, plásticos y trapos etc; también se puede retener algo de materia orgánica. La cantidad de material retenido depende del tipo de rejilla usada, tamaño de separación entre barrotes, del sistema de alcantarillado y de población aportante. En la *tabla V* se presentan datos sobre cantidades esperadas de residuos gruesos en plantas de tratamiento”¹³

TABLA VI. Características y cantidades de residuos del tamizado grueso removidos con ayuda de rejillas

Espaciamiento entre barras, pulg	Contenido de humedad, %	Peso específico, lb/pie ³	Volumen de residuos del tamizado, pie ³ /Mgal	
			Intervalo	Valor usual
0.5	60 – 90	40 – 68	5 – 10	7
1.0	50 – 80	40 – 68	2 – 5	3
1.5	50 – 80	40 – 68	1 – 2	1.5
2.0	50 – 80	40 – 68	0.5 – 1.5	0.75

¹²¹⁵ CRITES, R. TCHOBANOGLOUS, G. Tratamiento de aguas residuales. Traducido de Inglés por Miller Camargo. Colombia. McGraw-Hill. p. 44

1.8.2 “DESINFECCIÓN”¹⁴

La desinfección es un proceso clave en cualquier PTAR. Al diseñar un sistema de tratamiento, debe tomarse a la desinfección no como un elemento más, sino como un componente vital del sistema.

Para que cualquier desinfectante actúe eficientemente, deberá cumplir la relación $C \times T$, lo que significa que todo desinfectante presentará una determinada concentración (C) y estará en contacto con el agua a desinfectar por un período mínimo de tiempo (T). Un error común es proyectar cámaras que no permiten el tiempo de contacto suficiente. Por tanto cualquiera que sea el desinfectante o método empleado, debe haber una buena mezcla y dispersión por toda la masa de agua.

1.8.2.1 CLORO

En todo el mundo, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados. La clave de su éxito es su accesibilidad en casi todos los países del mundo, su razonable costo, su alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica, y su efecto residual.

Aunque el cloro y sus derivados no son los desinfectantes perfectos, muestran las siguientes características que los hacen sumamente valiosos:

- Tienen una acción germicida de espectro amplio.

¹⁴Galal-Gorchev, H. *Guías de la OMS para la calidad del agua tratada y los riesgos para la salud vinculados con los desinfectantes*. Trabajo presentado en la Publicación OPS/ILSI “La calidad del ARU en América Latina” (1996).

- Muestran una buena persistencia en los sistemas de distribución de agua, pues presentan propiedades residuales que pueden medirse fácilmente y vigilarse después que el agua ha sido tratada.
- El equipo para la dosificación es sencillo, confiable y de bajo costo
- El cloro y sus derivados se consiguen fácilmente, aun en lugares remotos de los países en desarrollo.
- Es económico y eficaz en relación con sus costos.

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- cloro gaseoso
- cal clorada
- hipoclorito de sodio
- hipoclorito de calcio.

TABLA VII. Características del Hipoclorito de Calcio (HTH)

Nombre y fórmula	Nombre comercial o común	Características	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
Hipoclorito de calcio $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 - 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 - 70%	Buena. Pérdida de 2 a 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg. Balde de plástico

Fuente: Galal - Gorchev.

El método de desinfección con cloro y sus derivados se deberá implementar en tres pasos sucesivos, cada uno de los cuales variará, en mayor o menor grado, según el producto que se va a utilizar:

Paso I: Evaluación de la cantidad de cloro a dosificar

La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda total de cloro (la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua) a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro. Este ensayo se denomina “*ensayo de demanda de cloro*”.

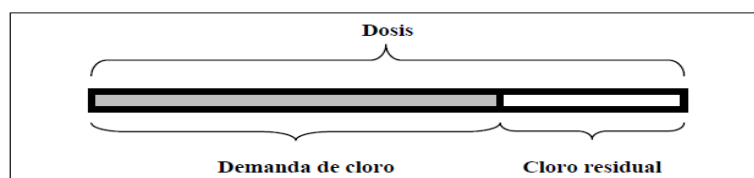


FIGURA 4. Relación Dosis – Demanda – Residual

Si no se lleva a cabo la prueba de demanda y si la desinfección no reviste un carácter de urgencia (cloración preventiva), la cantidad de compuesto de cloro a introducir se puede regular mediante la aplicación directa de cantidades crecientes de cloro hasta obtener la concentración residual requerida. Para este efecto, entre dosis sucesivas, debe transcurrir un intervalo de tiempo, en atención al tiempo que demora el agua desde el punto de aplicación del cloro hasta el extremo de descarga.

En situaciones de emergencia, una primera estimación de la cantidad de cloro que se debe aplicar se puede calcular con un ensayo “rápido” de la demanda. Este método consiste

en introducir cantidades crecientes de cloro (por ejemplo, entre 1 y 10 mg/l) en muestras del agua a tratar. Al final de 30 minutos se mide, en cada muestra, la concentración de cloro residual. La dosis de cloro se determina por la muestra que contiene la concentración de cloro residual más próxima a la pretendida.

Paso 2: Preparación de soluciones para productos no gaseosos

Cuando se trata con cloro en forma de sólidos o se encuentran en concentraciones que no se adaptan a los requerimientos necesarios, se debe proceder a su disolución, de acuerdo con el mecanismo de dosificación que se va a emplear. Debe recordarse que la capacidad de los tanques de disolución debe corresponder a un período de 24 horas de tal manera que facilite su operación. Así mismo, se debe asegurar la completa disolución del producto en el agua. El empleo de un agitador eléctrico puede facilitar tal tarea. Por otro lado, es común encontrar partículas o impurezas por lo que el dosificador deberá contar con un filtro que las retenga para evitar su obstrucción.

Paso 3: Calibración del dosificador

La calibración del dosificador para aplicar la cantidad óptima de producto depende de tres factores:

- Las características físicas del producto a emplear: gaseoso, líquido o sólido.
- La dosis de cloro necesaria para obtener la concentración de cloro residual esperada.
- El caudal de agua a desinfectar

La dosis de cloro se obtendrá a través del estudio de la demanda de cloro (Paso I) y de la concentración de cloro residual esperada, la cual está usualmente definida por las normas de calidad del agua que rigen en nuestro país. Al respecto y como referencia, la OMS considera que una concentración de 0,5 mg/l en cloro residual libre en el agua, luego de un período de contacto de 30 minutos, garantiza una desinfección satisfactoria.

1.8.2.2 MECANISMOS DE LA DESINFECCIÓN CON CLORO

El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, y forma ácido hipocloroso (HOCl) de la siguiente forma:

En el caso del *hipoclorito de calcio* y la porción activa de la *cal clorada*, la reacción es:



Durante el proceso químico de la desinfección se producen compuestos tales como cloraminas, dicloraminas y tricloraminas en presencia de amoníaco en el agua. Las cloraminas sirven igualmente como desinfectantes aunque reaccionen de una manera sumamente lenta. Asimismo, se forman el ácido clorhídrico (HCl) y los hidróxidos de calcio y sodio, los cuales no participan en el proceso de desinfección.

La especie desinfectante es el ácido hipocloroso (HOCl), el cual se disocia en iones hidrogenios (H^+) e hipoclorito (OCl^-) y adquiere sus propiedades oxidantes:



Ambas fracciones de la especie son microbicidas y actúan inhibiendo la actividad enzimática de las bacterias y virus y produciendo su inactivación

1.8.2.3 EQUIPOS

La selección del dosificador o alimentador de cloro depende de tres factores:

- Las características del producto clorado.
- La dosis de cloro en el agua.
- El caudal del ARU a desinfectar.

Con estos factores es posible clasificar algunos de los equipos más usados:

TABLA VIII. Equipos más usados.

Clasificación	Equipo dosificador	Producto	Rango de servicio (habitantes)
Cloro gaseoso	A presión (directo)	Gas Cloro	5.000 habitantes a grandes ciudades
	Al vacío (Venturi o eyector)	Gas Cloro	
Solución	Bajo presión atmosférica, de carga constante		
	Tanque con válvula de flotador Tubo con orificio en flotador Sistema vaso /botella	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	< 20.000
	Bajo presión positiva o negativa		
	Bomba de diafragma(positiva) Dosificador por succión(negativa)	Hipoclorito de Na o Ca Hipoclorito de Na o Ca	[2.000 – 300.000]
	Generador de hipoclorito de sodio <i>in situ</i>		
Sólido	Dosificador de erosión	Hipoclorito de Calcio	[2.000 – 50.000]
	Otros dosificadores	Cal clorada	< 2.000

Fuente: Galal - Gorchev.

1.8.2.4 MONITOREO DE LOS COMPUESTOS DE CLORO Y SUS DERIVADOS

La medición regular de la cantidad de cloro residual permite controlar el funcionamiento del sistema y la ausencia de contaminación. Por ello, esta medición resulta imprescindible.

1.8.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR

1.8.3.1 TANQUE DE RETENCIÓN Y TANQUE DE PREPARACIÓN

El material de estos tanques es PRFV. El Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio, es un material compuesto, constituido por una estructura resistente de fibra de vidrio y un material plástico que actúa como aglomerante de las mismas. El refuerzo de fibra de vidrio, provee al compuesto: resistencia mecánica, estabilidad dimensional, y resistencia al calor. La resina plástica aporta: resistencia química dieléctrica y comportamiento a la intemperie.

Características

Físicas. Los plásticos reforzados son un material flexible pero a su vez, muy resistente mecánicamente. Sometido a un esfuerzo de tracción, se deforma proporcionalmente, con la particularidad de que la rotura se produce sin presentar fluencia previa.

Hidráulicas. Los tanques en PRFV llevan como acabado superficial interno con terminación espejo y sección perfectamente circular, debido a que estos se moldean sobre matrices de una sola pieza. Debido a sus propiedades anticorrosivas y que no son atacados por ningún microorganismo, y que es difícil la adhesión de incrustaciones en su superficie y la sección

interna no disminuye, aún en largos períodos de tiempo. Con lo antedicho se logra una gran economía en la elección del área de flujo, con respecto a los materiales tradicionales.

Químicas. El PRFV es inerte a una gran cantidad de compuestos. El PRFV resiste perfectamente la corrosión de los suelos más agresivos y al ser un material dieléctrico está excluído de los casos de corrosión electroquímica.

1.8.3.2 BOMBA DOSIFICADORA C 6250 Bluewhite

Son un tipo de bombas especiales que sirve para la correcta dosificación de una sustancia química a una corriente de agua, algún depósito de agua, u otro sistema donde se requiera que la concentración de una sustancia química (cloro, polímeros, metabisulfito de sodio, etc.) se mantenga constante.

La exactitud de la dosificación depende mucho de la marca y del modelo de la bomba que se utiliza. La bomba bluewhite es *digital*, aquí igualmente se tiene que hacer los cálculos de dosificación necesaria (laboratorio), basta con presionar los botones para calibrar la dosificación correcta de la bomba, siendo esta la más exacta.

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

Al realizar el diagnóstico técnico del funcionamiento del sistema de tratamiento se observó que el mismo no cuenta con una rejilla para la retención de basura (entre el pozo de revisión y la cámara de distribución) como estaba previsto al inicio del proceso así como se muestra en los planos de la planta, además la caja de revisión que tenía este fin es muy pequeña como para colocar una rejilla (1.5m x 0.60 m) se provocaría la acumulación rápida de basura a más de no poder dar un buen mantenimiento a la misma porque su diseño no es el adecuado *ver Anexo 3* . Por tanto pasan todas la impurezas a la siguiente etapa (cámara de sedimentación) *ver en Anexo 4*, esto ha causado la obstrucción de las tuberías internas por la acumulación de sólidos grandes en la planta y en algunos casos existe el desbordamiento del agua en la cámara de distribución.

Con la ayuda de los planos del sistema de tratamiento se realiza el cálculo de la capacidad de la planta y se tiene 2.55 L/s, mientras que el caudal promedio medido de forma experimental es: 3.0 L/s (Método volumétrico). Por tanto el sistema de tratamiento del “Barrio Central” si está dentro de la capacidad para la que fue diseñada, considerando así los errores aleatorios. (Toma del tiempo (cronómetro), medida del volumen del balde).

Además no se ha dado mantenimiento a la planta desde que ha empezado su funcionamiento (hace 2 años) es por esto que existe problema de olores en vista a la acumulación de residuos que contienen material susceptible de descomposición, junto con organismos patógenos de origen fecal, que afectan a la población aledaña.

También existe gran cantidad de maleza alrededor de la planta hasta el cerramiento de la misma (*Ver Anexo 5*)portantono se pueden identificar el pozo de revisión, la cámara de

distribución y las diferentes cámaras que llevan a las siguientes etapas de proceso, así como en las cajas de inspección en la descarga del sistema.

Actualmente la caracterización del ARU que ingresa y se descarga de la planta cumple con los parámetros que da la normativa ambiental TULAS, a excepción de coliformes fecales medidos en la descarga siendo 104 250 col/100ml y el límite máximo de descarga a un cuerpo de agua dulce es $\leq 3\ 000\ \text{col}/100\text{ml}$, impidiendo así el uso del agua del río Quinchayacu en beneficio de la población (cargado de materia fecal). Además la concentración CF en el río es 12000col/100ml por tanto el cuerpo de agua dulce está contaminado debido a la presencia de comunidades (aguas arriba) que descarga el agua residual directamente al río sin previo tratamiento.

2.1.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ARU N°01 “LA JOYA DE LOS SACHAS”

2.1.1.1 UBICACIÓN

La planta de tratamiento de aguas residuales se ubica en la cabecera cantonal La Joya de los Sachas, noroeste de la Provincia de Orellana en el Nororiente del Ecuador, se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas 185293423 E 9966876 N

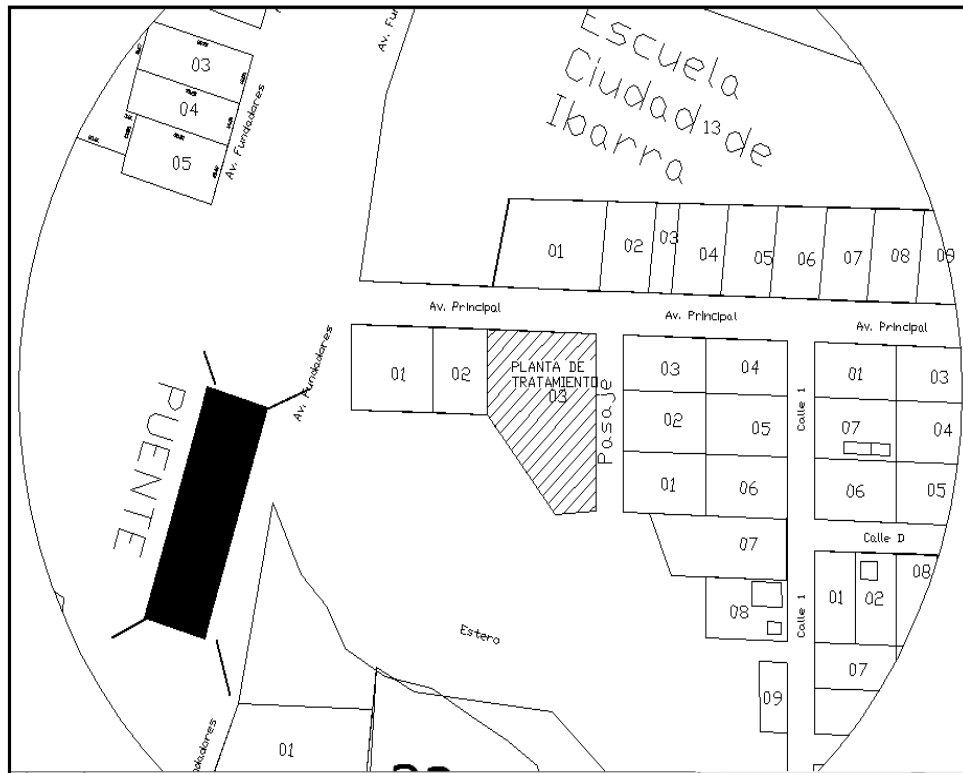


FIGURA 5. Ubicación de la Planta de Tratamiento N° 01 – Cantón La Joya de los Sachas

El agua residual que trata la planta N° 01, proviene de dos barrios; Machala y Central, sector sur del cantón La Joya de los Sachas. Para la recolección de las aguas residuales del Barrio Machala se usa un sistema simple de alcantarillado, es decir no se mezcla con el agua lluvia. “La planta de tratamiento recibe el agua residual de un área de aportación de 28 hectáreas y la población servida es aproximadamente 2830 personas.”¹⁵

¹⁵ ECUADOR, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL LA JOYA DE LOS SACHAS. DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN.

2.1.1.2 ESTRUCTURAS USADAS

Las estructuras del sistema de tratamiento son:

- Cimentación en las estructuras de la planta
- Hormigón armado en las paredes y losas
- Filtro de Piedra bola y grava en el filtro anaeróbico
- Hormigón y empedrado en la estructura de descarga
- Tuberías PVC y accesorios para la conducción de aguas residuales y tratadas dentro y fuera de la planta de tratamiento.
- Cerramiento de tubo, malla y alambre de púas

2.1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA PTAR N° 01

El ARU que ingresa al sistema se trata mediante el siguiente proceso: *ver (Anexo 1)*

CAPTACIÓN

Una vez generadas, las ARU recorren un largo camino antes de ser devueltas a la naturaleza. Estas son recogidas por la red de alcantarillado municipal, sucesivamente por los colectores que finalmente llega a la PTAR.

Colectores

Son las arterias principales de la red de alcantarillado del municipio. Su función es recoger las ARU del alcantarillado y llevarlas al sistema de tratamiento. Son conducciones

subterráneas de longitud y sección muy variable. Durante su recorrido, se dejan salidas hacia el exterior en forma de tapas de registro con la finalidad de poder efectuar el mantenimiento necesario. Se encuentra situado en las cotas bajas del municipio para poder recoger sin ningún tipo de gasto energético y por acción de la gravedad las ARU.

LÍNEA DE “BY PASS”

El objetivo es la de evacuar el excedente de caudal sobre el que se ha calculado como tope para el funcionamiento de la planta, además sirve para desviar el agua para así dar mantenimiento al sistema; el agua en exceso es transportada por medio de una tubería hacia el tanque final de evacuación, que finalmente descarga el agua en el río Quinchayacu.

Antes del ingreso a las cámaras de sedimentación, primero se tiene las siguientes subestructuras:

- **Una caja de acceso** que prevé la colocación de un rejilla para retención de partículas sólidas donde se produce un proceso físico de filtrado de partículas sólidas gruesas, donde la materia voluminosa flotante y suspendida se remueve por colado.
- **Una cámara de distribución de caudales**, que se encarga de la distribución equitativa del caudal hacia tres cámaras de decantación o sedimentación

TRES CÁMARAS DE SEDIMENTACIÓN

Se producirá un proceso físico - químico de tratamiento del agua ya que al tiempo que se provocará la sedimentación de partículas sólidas pequeñas y en suspensión (las materias

pesadas y gruesas suspendidas se dejan sedimentar en el fondo de cámaras de reposo, que producen arena, detritos y lodos), se dará un primer tratamiento anaeróbico.

TRES CÁMARAS DE DIGESTIÓN

En las cuales se producirá el proceso de tratamiento de digestión anaerobia, posteriormente se recoge el agua tratada a través de siete ductos de PVC en cada cámara (total 21 ductos) los cuales transportan el agua hacia la parte inferior de la siguiente estructura que es el filtro anaeróbico.

FILTROS ANAERÓBICOS

Estos funcionan por un proceso de filtrado inverso desde abajo hacia arriba, atravesando por una capa de piedrilla No. 4 de 2,20 metros de altura, en la cual se retienen finalmente cualquier impureza que el proceso haya dejado pasar. El agua así tratada se recoge en un tubo de 200mm de diámetro por cada filtro los cuales conducen el agua hasta la descarga final.

ESTRUCTURA DE DESCARGA

Consiste en un muro que canaliza las aguas tratadas hacia el cuerpo receptor y un zampeado final que impida la erosión. Por tanto deberá se descarga cerca de río para evitar que las aguas negras a diferente temperatura se dispersen sobre el agua receptora, formando una capa persistente.

2.2 PLAN DEMUESTREO

CARACTERIZACIÓN DEL ARU

El muestreo se emprende por una serie de razones con el fin de obtener los siguientes propósitos:

- Datos operacionales de rutina sobre el desempeño general de la planta.
- Datos que pueden usarse para documentar el desempeño de un determinado proceso u operación.
- Datos que pueden usarse para implementar programas nuevos propuestos.
- Datos necesarios para reportar cumplimiento de las normas.

Para alcanzar las metas del programa de muestreo, los datos recolectados son: Representativos; los datos deben representar el ARU. Reproducibles; los datos pueden ser reproducidos por otros siguiendo el mismo muestreo y protocolos analíticos. Sustentados; la documentación debe estar disponible para validar el plan de muestreo.

A la vez se sigue un protocolo de garantía de calidad:

1. Plan de muestreo: *Para la caracterización del agua residual de la planta.* Hay 2 puntos de muestreo en la entrada y descarga. Se tomaron 12 muestras en la entrada y 12 a la salida de la misma, haciendo un total de 24 muestras. *Para caracterizar el agua del río Quinchayacu,* se toman muestras para determinar coliformes fecales del río.
2. Clase de tamaño de muestra: La toma de muestra es in situ y son muestras simples, una cantidad de 2250ml de muestra (cada una).

3. Rotulado y cuidado de la muestra: Se identifica la muestra con su respectivo código y fecha, se sella con parafilm para evitar derrames, se registra en el libro de campo datos como condiciones ambientales de muestreo, material flotante presente en el agua residual, temperatura ambiente y temperatura de la muestra.

4. Método de muestreo: Se realiza un muestreo manual y se usa guantes y mascarilla.

5. Almacenamiento y preservación de la muestra: Los recipientes usados son de vidrio (1 litro), frascos estériles (250 ml); el transporte se realiza bajo condiciones de refrigeración para así evitar alteraciones en las determinaciones físico – químicas – biológicas.

Con esto se logra que la integridad física – química - biológica se mantenga dentro del intervalo de tiempo comprendido entre la recolección de la muestra y su análisis.

El Muestreo, técnicas de muestreo, manejo y conservación de muestras se hacen en base:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.

2.2.1 PUNTOS DE MUESTREO

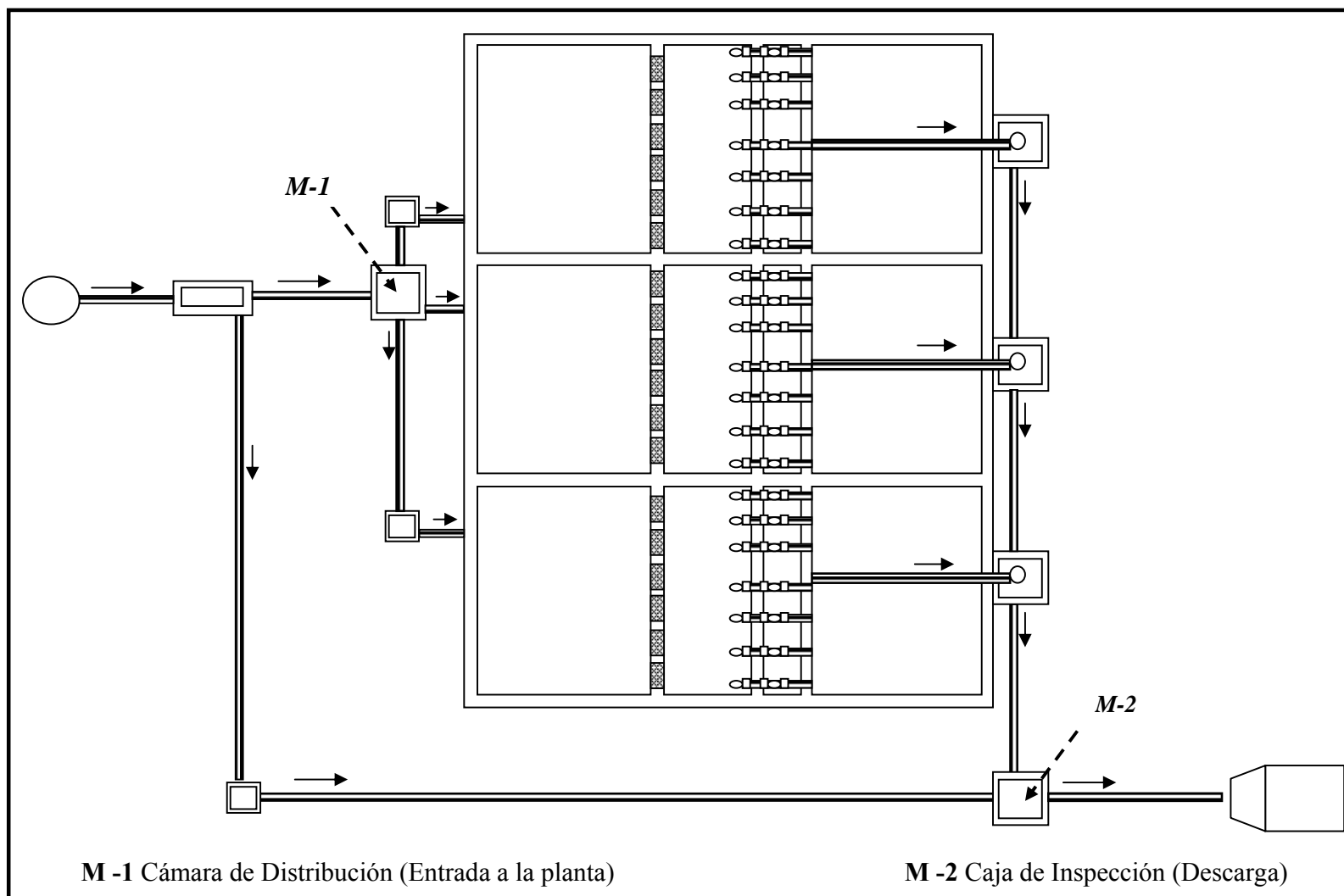


FIGURA 6. Puntos de muestreo – PTAR N° 01 “Barrio Central”

2.3 METODOLOGÍA

Se consideró trabajar en el Laboratorio LABSU (Laboratorio de Suelos, Aguas, Plantas y Balanceados) ya que el municipio no cuenta con instalaciones apropiadas para realizar análisis de agua residual. Los análisis físicos, químicos y biológicos se realizaron en muestras recolectadas alrededor de las siete de la mañana hasta la seis de la tarde ya que en estas horas hay un mayor consumo de agua y se realizaron en un intervalo de una semana cada uno.

Para la determinación del caudal del sistema de tratamiento, se realizan mediciones repetitivas (24 horas) y con estos datos se determina el caudal promedio horario representativo, de igual manera se realizó para la determinación del caudal del río Quinchayacu considerandola condición ambiental (soleada, lluviosa). *Ver Anexo 2.*

2.3.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.3.1.1 MÉTODOS

Es necesario conocer los hechos importantes que se dan la PTAR, es decir las variables representativas para poder llegar a la optimización del sistema. La observación se realizó in situ para el diagnóstico del funcionamiento de la planta. La experimentación se realizó en el laboratorio para caracterizar el ARU de la alimentación y descarga, así como la del río. Y finalmente se plantea las alternativas de mejora para conseguir la optimización del sistema.

2.3.1.2 TÉCNICAS

Se realizan prácticas de laboratorio y campo en los cuales se enlistan y se describen los procedimientos que se utilizan en ensayos experimentales, así como técnicas e instrumentos implementados para obtener las diferentes variables del proceso en estudio.

2.3.1.2.1 ANÁLISIS FÍSICOS

Dentro de este análisis se realiza las siguientes determinaciones:

- *Temperatura*
- *Determinación de sólidos totales, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos:* APHA - AWWA - WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Standard Methods). Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1992. Métodos Nr. 2540 B, 2540 C, 2540 D, 2540 F.

2.3.1.2.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

Dentro de este análisis se realiza las siguientes determinaciones:

- *pH:* APHA, AWWA, WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. (Método EPA, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes), EPA-SW-846, Third edition, August 2002, Method 9040C, Revision 3.
- *Demanda química de oxígeno:* APHA, AWWA, WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17, 1992. Método 5220B.
 - NTE INEN 1203:85 Agua. Demanda química de oxígeno.
- *Demanda bioquímica de oxígeno:* APHA, AWWA, WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1975) 14th Edition, p 550, Method 508.
 - NTE INEN 1202:85 Agua. Demanda bioquímica de oxígeno.

2.3.1.2.1 ANALISIS FÍSICOS

TEMPERATURA		
<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Sustancias y Reactivos</i>	<i>Procedimiento</i>
- Termómetro	- Agua Residual	- Sumergir el termómetro al agua y esperar hasta que la lectura llegue a ser constante (puede demorar un poco). - Apuntar la lectura en el protocolo de campo.

2.3.1.2.3 “ANÁLISIS BIOLÓGICOS”¹⁶

COLIFORMES FECALES		
<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Sustancias y Reactivos</i>	<i>Procedimiento</i>
- Sistema de filtración	- Medio de Cultivo m-FC, Ampollas de 2 ml con ácido rosálico	- Una cantidad predeterminada de muestra es filtrada a través de un filtro membrana el cual retiene las bacterias encontradas en la muestra.
- Mechero Bunsen	- Diluyente Buffer	- En el procedimiento de enriquecimiento de dos pasos, los filtros
- Estufa		

¹⁶ APHA - AWWA - WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Standard Methods). Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1992.

<p>incubación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nevera - Contador de colonias - Pipeta automática - Cajas petric 60x15 mm - Pinzas metálicas - Puntas desechables de 5 y 1 ml - Filtros de membrana estériles de 0,45 ±0,02µm 	<p>Fosfato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alcohol etílico <p>antiséptico, use directamente como desinfectante</p>	<p>que contienen las bacterias son colocados en cartón absorbente saturado de caldo m-FC con ácido rosálico, e incubado invertido a 44.5°C± 0.3°C por 24 horas ± 2, las colonias azules son contadas bajo magnificación y reportadas en 100 ml de muestra; en algunos casos las colonias pueden ser de color rosa, debido a una insuficiente cantidad de medio de cultivo o una inadecuada dilución.</p> <p>Cálculo de la Densidad de Coliformes Fecales:</p> $Coliformes\ fecales/100ml = \frac{Cc \times 100 \times f}{M}$ <p>Donde:</p> <p>Cc: Colonias de CF contadas en la placa (o promedio de duplicados)</p> <p>f : Factor de dilución</p> <p>M: Volumen de muestra filtrada</p>
---	--	---

2.3.1.2.4 MÉTODO PARA MEDIR - CAUDAL EN EL RÍO QUINCHAYACU CON CUERPOS FLOTANTES PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE LA CORRIENTE.

<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Procedimiento</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo flotante (corcho, limón etc.) - Cronómetro. - Metro. 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Determinación de la velocidad de la corriente (v)</u> Echar el cuerpo flotante al centro del río y tomar el tiempo (s, en segundos) que necesita para atravesar una distancia fijada previamente (l, en metros). $v = l / s \quad [\text{m/s}]$ - <u>Determinación del área de la sección transversal (A)</u> Medir o estimar el ancho del río. Medir la profundidad del río en tres puntos a los ancho. (Hacer un gráfico y determinar el área de la sección transversal). Cálculo: $Q = v \times A \times c \quad [\text{m}^3/\text{s}]$ <p>Donde: Q = caudal en $[\text{m}^3/\text{s}]$ V = velocidad de la corriente $[\text{m/s}]$ A = área de la sección transversal $[\text{m}^2]$ c = constante</p>

	<p>El factor constante c es:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,8 hasta 0,9 para aguas con poca vegetación en la orilla y sin mucha lastre en el fondo del río, - 0,5 hasta 0,8 para aguas con mucha vegetación y lastre en el fondo del río.
--	--

2.3.1.2.5 MÉTODO PARA MEDIR - CAUDAL EN LA PTAR (MÉTODO VOLUMÉTRICO)

<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Procedimiento</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Recipiente (10 litros) - Cronómetro. - Guantes. - Mascarilla 	<p>Para calcular caudales pequeños se realiza la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La corriente se desvía hacia un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. <p><i>Notas:</i></p> <p>Para los caudales de más de 4 l/s, es adecuado un recipiente de 10 litros de capacidad que se llenará en 3½ segundos. Para caudales mayores, un recipiente de 200 litros puede servir para corrientes de hasta 50 l/s.</p> <p>El tiempo que se tarda en llenarlo se medirá con precisión, especialmente cuando sea de sólo unos pocos segundos. La variación entre diversas mediciones efectuadas sucesivamente dará una indicación de la precisión de los resultados.</p>

2.3.1.2.6 MÉTODO PARA LA DOSIFICACIÓN DEL CLORO

DOSIFICACIÓN DE CLORO		
<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Sustancias y Reactivos</i>	<i>Procedimiento</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Probeta de 100 ml - 1 balón de aforo de 1000 ml - Frascos estériles - 1 pipeta automática de 1 ml - Puntas desechables - Guantes - Mascarilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Cloro comercial al 70 % pureza (granulado) - Agua destilada - Agua residual 	<p>Preparación de la solución Madre de Cloro Comercial en 1 litro.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparar una solución de cloro, partiendo de una concentración de 1000 mg/L tomando en cuenta la pureza del cloro comercial. ✓ Realizar el cálculo del volumen 1 a diferentes concentraciones para posteriormente aplicar a 100 ml de muestra de ARU. <p>Fórmula para el cálculo del volumen 1 a diferentes concentraciones.</p> $C_1V_1 = C_2V_2$ <p>Donde:</p> <p>C1 : Concentración de la solución madre (1000 mg/L)</p> <p>V1: Volumen de la solución madre que se aplicará a la muestra de ARU</p> <p>C2 : Concentración de prueba (2 hasta 7 ppm)</p> <p>V2 : Volumen de muestra ARU(100 ml)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Inmediatamente proceder a la determinación de cloro (mg /l) presente en la muestra. Y finalmente se determina coliformes fecales.</i>

2.3.1.2.7 “MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORO”¹⁷

DETERMINACIÓN DE CLORO		
<i>Equipos y Materiales</i>	<i>Sustancias y Reactivos</i>	<i>Procedimiento</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Tubos de ensayo. - Pipeta automática (1 ml) - Pipeta automática (5ml) - Puntas desechables de (1ml, 5ml) - Guantes - Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua potable (después del tratamiento) - Aguas servidas (después del tratamiento) - Tampón de pH 6,4 - DPD - K I (Ioduro de potasio) 	<p>El cloro forma un complejo rosado con DPD (N,N-dietil-1,4-fenilendiamina). La intensidad del color depende de la concentración de cloro en la muestra; por lo tanto, se puede determinar fotométricamente en 510 nm.</p> <p>Con el método descrito abajo se puede determinar: el <i>cloro residual total</i>, que es la suma de cloro libre y cloro asociado, usando potasio ioduro (K I) en adición al procedimiento básico.</p> <p>1. En los tubos de ensayo colocar 1 ml del tampón y 1 ml de la solución DPD. Y luego colocar 10 ml de cada muestra. (Para cloro total: poner primero 0,2 g de K I y disolverlo en la muestra.)</p> <p>2. La lectura en el fotómetro se hace a una longitud de onda de 510 nm, y tiene que realizarse dentro de 2 minutos.</p> <p>NOTA: Si el resultado para una muestra sale más alto que el último estándar de la calibración (“fuera de rango“), hay que diluir la muestra adecuadamente con agua destilada y volver a determinarla.</p>

¹⁷APHA - AWWA - WPCF: Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales (Standard Methods). Ediciones Díaz de Santos, Madrid, 1992.

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1 DATOS

Las tablas de los datos experimentales hacen referencia a los límites permisibles que contempla la Norma de Calidad Ambiental y descarga de efluentes: recurso agua.

01:Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Agua residual a la entrada de la planta de tratamiento)

02:Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Agua residual tratada a la salida de la planta de tratamiento)

TABLA IX. Datos experimentales obtenidos en los análisis físicos.

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M -1	M - 2
TEMPERATURA	01: < 40 02: < 35	1	25	27
		2	26	26
		3	25	26
		4	26	26
		5	25	26
		6	26	25
		7	26	26
		8	25	26
		9	26	26
		10	25	25
		11	25	27
		12	26	26
PROMEDIO			25,5	26

Datos experimentales obtenidos en los análisis físicos (Continuación)

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M - 1	M - 2
SÓLIDOS TOTALES (ST)	01: 1600 mg/l 02: 1600 mg/l	1	383,18	207,75
		2	507,76	309,19
		3	311,34	315,04
		4	489,19	327,17
		5	626,77	329,96
		6	481,32	361,22
		7	629,95	342,01
		8	688,71	359,95
		9	599,41	353,01
		10	649,20	366,07
		11	556,17	387,45
		12	537,62	387,19
		PROMEDIO		
PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M - 1	M - 2
SÓLIDOS SEDIMENTABLES (SSe)	01: 20ml/l 02: 1,0 ml/l	1	0,5	0,1
		2	0,5	0,1
		3	0,5	0,1
		4	0,5	0,1
		5	0,5	0,1
		6	0,1	0,1
		7	0,1	0,1
		8	0,1	0,1
		9	0,1	0,1
		10	0,1	0,1
		11	0,1	0,1
		12	0,1	0,1
		PROMEDIO		

Fuente: Tannia Vargas

Datos experimentales obtenidos en los análisis físicos (Continuación)

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M -1	M - 2
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (SSu)	01: 220 mg/l 02: 100 mg/l	1	104	32
		2	64	16
		3	56	24
		4	48	12
		5	72	12
		6	80	34
		7	68	19
		8	104	36
		9	88	32
		10	96	12
		11	80	12
		12	48	12
PROMEDIO			75,66	21,08

TABLA X. Datos experimentales obtenidos en los análisis químicos.

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M -1	M - 2
pH	01: 5 - 9 02: 5 -9	1	7,41	7,1
		2	7,40	7,26
		3	6,57	6,85
		4	7,29	7,14
		5	7,91	8,07
		6	7,26	7,18
		7	6,91	7,12
		8	7,00	7,2
		9	7,56	8,04
		10	7,70	8,08
		11	6,72	6,99
		12	7,06	8,17
PROMEDIO			7,23	7,43

Fuente: Tannia Vargas

Datos experimentales obtenidos en los análisis químicos. (Continuación)

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M - 1	M - 2
DQO	01: 500 mg/l 02: 250 mg/l	1	128,97	69,44
		2	224,21	103,17
		3	154,30	72,27
		4	279,30	87,89
		5	253,41	92,37
		6	218,88	112,45
		7	315,37	87,82
		8	301,40	83,83
		9	221,12	67,73
		10	231,08	55,78
		11	211,16	97,61
		12	221,12	91,63
PROMEDIO			230,03	85,17

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M - 1	M - 2
DBO ₅	01: 250 mg/l 02: 100 mg/l	1	76,38	69,91
		2	70,60	68,36
		3	86,94	72,33
		4	97,76	41,26
		5	75,51	23,95
		6	81,47	72,26
		7	85,10	24,78
		8	85,91	38,43
		9	87,56	24,10
		10	72,96	13,39
		11	74,28	17,99
		12	64,93	31,61
PROMEDIO			79,95	41,53

Fuente: Tannia Vargas

TABLA XI. Datos experimentales obtenidos en los análisis microbiológicos.

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	M - 2
COLIFORMES FECALES	02: Remoción > 99,9 %	1	4,2x10 ⁵
		2	91000
		3	42000
		4	46000
		5	56000
		6	72000
		7	64000
		8	69000
		9	55000
		10	36000
		11	120000
		12	180000
PROMEDIO			104250

Fuente: Tannia Vargas

TABLA XII. Datos experimentales obtenidos en los análisis microbiológicos.

Río Quinchayacu

PARÁMETRO	LIMITES MAX. PERMISIBLES	NÚMERO DE ANÁLISIS REALIZADOS	RÍO
COLIFORMES FECALES	≤ 3000 col/100ml	1	10 000
		2	12 000
		3	14 000
PROMEDIO			12 000

Fuente: Tannia Vargas

2.4.1.1 MEDICIÓN DEL CAUDAL

2.4.1.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL RÍO QUINCHAYACU. (Ver técnica

2.3.1.2.4)

✓ Determinación de la velocidad de la corriente (V)

$$V = \frac{L}{s} [m/s]$$

Ec. 2.3.2.4.1-1

Donde:

L = Distancia que recorre el cuerpo flotante (5 metros)

s = Tiempo que tarda en recorrer la distancia L (segundos)

TABLA XIII. Datos Experimentales de Tiempo

Tiempo (s) / N repeticiones			
1	2	3	4
10.89	8.45	10.30	10.20
9.03	8.89	9.27	10.73
10.41	9.67	9.60	10.51
9.25	9.43	9.55	9.51
9.64	9.97	9.59	9.10
9.57	10.14	9.40	10.91
9.62	10.84	9.49	9.05
9.31	10.49	8.43	10.39
9.79	9.52	8.90	9.32
9.51	9.05	9.62	9.81
Tiempo promedio			9.68

Fuente: Tannia Vargas

✓ **Determinación del área de la sección transversal (A)**

Medir o estimar el ancho del río (5m). Medir la profundidad del río en tres puntos a lo ancho (1.32m)

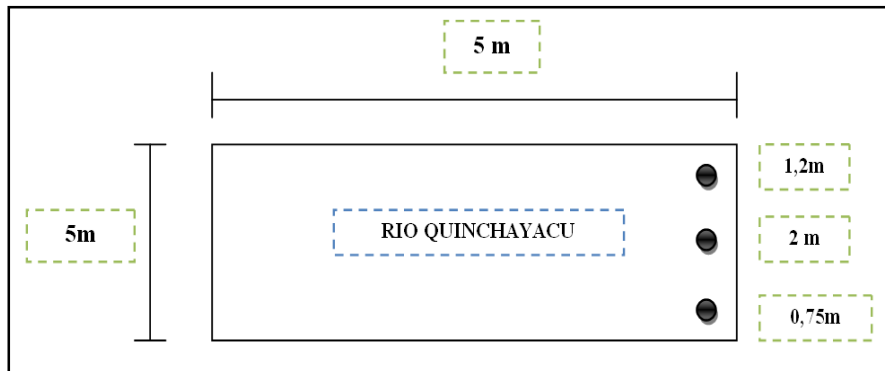


FIGURA 7. Dimensionamiento del río Quinchayacu

✓ **Determinación del Caudal ($Q_{\text{río}}$)**

$$Q_{\text{río}} = V \times A \times c \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Ec. 2.3.2.4.1-2

Donde:

Q = caudal en $[\text{m}^3/\text{s}]$

V = velocidad de la corriente $[\text{m}/\text{s}]$

A = área de la sección transversal $[\text{m}^2]$

c = constante

TABLA XIV. Datos Experimentales del Caudal del río Quinchayacu

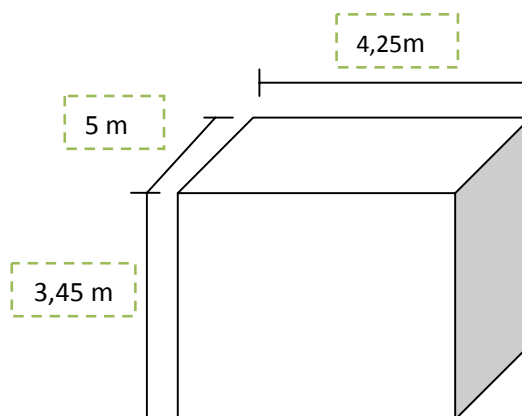
Velocidad de corriente (m/s)	Área transversal (m ²)	c (constante)	Caudal (m ³ /s)
0.52	6.6	0.85	2.92

Fuente: Tannia Vargas

2.4.1.1.2 CÁLCULO DEL CAUDAL DEL PTAR N⁰ 01

✓ **Cálculo de la Capacidad de acuerdo a los Planos de la PTAR (Municipio)**

$$\begin{aligned}
 \mathbf{b \times h \times a} &= 73.31 \text{ m}^3 \times \text{Número de cámaras} \\
 &= 73,31 \text{ m}^3 \times 3 \\
 &= 219,94 \text{ m}^3 \text{ (Capacidad o volumen total)}
 \end{aligned}$$



✓ **Cálculo del Caudal de acuerdo a los Planos de la PTAR**

$$219,94 \frac{\text{m}^3}{24 \text{ h}} = 9,16 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 2,55 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Nota: Se divide para 24 horas, porque éste es el tiempo de retención en la cámara de sedimentación.

- ✓ **Medición del Caudal en la PTAR por el método volumétrico**(Ver Técnica 2.3.1.2.5)

TABLA XV. Datos Experimentales de la medición del caudal de la planta.

Hora	Tiempo (segundos)		Tiempo promedio	Caudal (L/s)
	1	2		
1	3:50	3:50	3:50	2,86
2	3:51	3:45	3:48	2,87
3	3:49	3:42	3:45	2,89
4	3:52	3:33	3:42	2,92
5	3:53	3:36	3:44	2,90
6	3:42	3:33	3:37	2,96
7	3:50	3:40	3:45	2,90
8	3:46	3:23	3:35	3,00
9	3:49	3:23	3:36	3,00
10	3:01	3:08	3:05	3,28
11	3:22	3:19	3:21	3,12
12	3:20	3:27	3:24	3,09
13	3:22	3:25	3:24	3,09
14	3:25	3:26	3:26	3,07
15	3:04	3:06	3:05	3,28
16	3:46	3:36	3:41	2,93
17	3:22	3:19	3:21	3,12
18	3:33	3:20	3:27	3,06
19	3:53	3:18	3:36	2,98
20	3:50	3:19	3:35	3,00
21	3:52	3:14	3:33	3,00
22	3:50	3:21	3:36	2,98
23	3:55	3:22	3:39	2,95
24	3:50	3:32	3:41	2,93
TOTAL			3:33	3,00

Fuente: Tannia Vargas

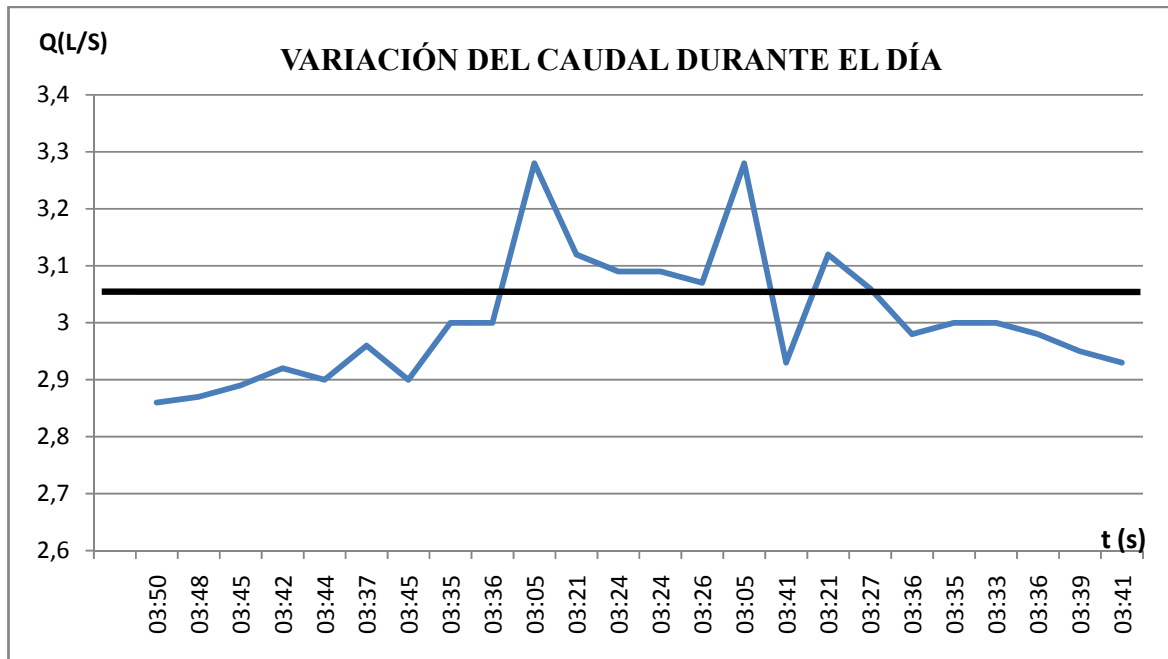


FIGURA 8. Variación del Caudal

2.4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN TOTAL DE COLIFORMES FECLAES EN EL RÍO QUINCHAYACU.

$$C_{CF \text{ río}} Q_{\text{río}} + C_{CF \text{ planta}} Q_{\text{planta}} = C_{CF \text{ TOTAL}} Q_{\text{TOTAL}}$$

Donde:

$C_{CF \text{ río}}$ = Concentración de coliformes fecales río.

$Q_{\text{río}}$ = Caudal río

$C_{CF \text{ planta}}$ = Concentración de coliformes fecales planta

Q_{planta} = Caudal planta

$C_{CF\ TOTAL}$ = Concentración de coliformes fecales totales

Q_{TOTAL} = Suma del caudal de planta + caudal del río

**TABLA XVI. Datos Experimentales de la Concentración Total de CF río
Quinchayacu.**

$C_{CF\ río}$ (col/100ml)	$Q_{río}$ (L/s)	$C_{CF\ planta}$ (col/100ml)	Q_{planta} (L/s)	Q_{TOTAL} (L/s)	$C_{CF\ TOTAL}$ (col/100ml)
12 000	2920	104 250	3.00	2923	12 094

2.4.1.3EVALUACIÓN

pH

De acuerdo a los resultados obtenidos, a la entrada de la planta se tiene un pH de 7,23 y en la descarga de 7,43 es decir se encuentra con un pH cercano a la neutralidad tendiendo a un pH alcalino. Se tiene un pH que facilita mucho a todos los procesos biológicos que se dan en el transcurso del tratamiento, así para la existencia de la mayoría de la vida biológica se requiere un pH de 6,5 a 8,5; valor que se cumple según la normas dadas por el Ministerio del Ambiente

Temperatura

No existe ningún inconveniente puesto que no hay industrias u otro tipo de establecimientos que descarguen el agua con temperaturas mayores a la establecida en la ley ambiental (TULAS).

Materia flotante

Ausente en la descarga, está en cumplimiento con la ley ambiental. En lo que hay problema es el material flotante referente a basura que se acumula en la superficie del agua en la cámara de sedimentación y digestión a la entrada de la planta la cual causa taponamientos en el interior de las mismas, ya que internamente cada etapa se divide en tres compartimientos que se intercomunican por espacios de 30 cm entre sí, inconveniente que se produce por falta de rejillas a la entrada de la planta, la basura que ingresa a la planta en su mayoría son fundas plásticas de confitería, envolturas de jabón, palos, pinzas de ropa y otras basuras. Si es que hubiese materia en suspensión los impactos que pueden causar son: aumento de la turbidez del agua (alteración de la fotosíntesis y reducción de la producción de oxígeno), Sedimentación, obstruyendo y cubriendo el lecho de los ríos.

Demanda Bioquímica de Oxígeno

De acuerdo a los límites establecidos por la ley Ambiental tomada en consideración, la DBO en la entrada y en la salida se encuentra bajo el parámetro, lo que refleja que no existe contaminación de origen orgánico. La demanda bioquímica de oxígeno determina los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas, lo cual indica que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua es rica, por lo que la materia orgánica se degrada para producir un efluente que no sea nocivo al cuerpo receptor (río), los microorganismos requieren en sus procesos metabólicos suficiente oxígeno para consumir la materia orgánica, esta acción la realizan microorganismos aerobios y como el sistema de tratamiento es anaerobio en consecuencia es una estructura cerrada con tapas de

cemento y el único aire que circula es el que puede entrar por la tubería que lleva de una etapa a otra.

Demanda química de Oxígeno

No hay ningún problema en la entrada y la descarga de las aguas residuales ya que los análisis indican que se encuentran bajo norma. Como su definición lo dice, la DQO es la cantidad de oxígeno en mg/L consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que están en el agua, entonces los resultados indican que la cantidad de oxígeno para la oxidación química de la materia orgánica es la requerida, ya se obtienen resultados muy bajos a los límites de descarga que contempla la ley ambiental.

Coliformes fecales

Según los análisis realizados para determinar las cantidades presentes de CF en el agua da a conocer que el agua sale contaminada, pues la materia orgánica (heces fecales) no se degrada a un nivel aceptable para reducir la concentración de coliformes. Las colonias por cada 100ml de agua que fueron determinados son 104 250, es decir que se encuentra por encima de la Norma de calidad del Agua la misma que permite que a un cuerpo de agua dulce pueden descargarse cantidades menores o iguales a 3 000 col / 100 ml.

Los impactos más significativos que puede causar es la inutilización del agua para uso humano, contaminación de los organismos acuáticos que pueden llegar al hombre como cadena alimenticia y enfermedades de transmisión hídrica asociadas a la contaminación microbiológica del agua.

Considerando que la planta descarga 104 250 col/100ml y el río tiene 12000 col/100ml con sus respectivos caudales, se calcula la *concentración total* de CF del río Quinchayacu (12094col/100ml) y se determina que existe una dilución de CF al mezclarse el agua del río y de la planta, pero finalmente el río sigue contaminado.

Caudal

El caudal que ingresa a la planta varía según la hora dependiendo de las actividades de la población aportante de las aguas residuales domésticas a la planta, el caudal no varía en época de lluvia ya que el sistema de alcantarillado es simple es decir las aguas lluvia son transportadas por otro sistema. Por tanto el caudal máximo es a las 10:00 am y otro a las 15:00 pm siendo este 3.28 (L/s), el caudal promedio en el transcurso del día es de 3,00 (L/s) y el caudal mínimo es 2.86 (L/s) esto ocurre en las primeras y últimas horas del día. Mientras que el caudal que se determina en el río es de 2.92 m³/s considerando que este no es correntoso.

CAPITULO III

CÁLCULOS Y

RESULTADOS

3. CÁLCULOS Y RESULTADOS

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación y monitoreo del proceso en la PTAR N° 01 “Barrio Central” por medio de la caracterización del ARUse considera oportuno implementar las siguientes operaciones con el fin de mejorar la descarga.

Para resolver el problema de la basura que ingresa a la planta de tratamiento, que dificulta el ingreso del agua a las operaciones que se dan en este proceso así como el desbordamiento en la cámara de distribución, se hace necesaria la implementación de ***un sistema de rejillas***, éste se localizará entre el pozo de revisión y la cámara de distribución *ver Anexo 1*. El cual está formado por dos rejillas con el propósito que la rejilla grande retenga sólidos de mayor tamaño y la rejilla pequeña retenga sólidos pequeños que pasaron.

Para reducir los coliformes fecales, primero se realiza la *dosificación de cloro (laboratorio)* en la se determina la solución de cloro óptima para el proceso de desinfección en la descargay posteriormente un ***Sistema de desinfección*** que será de mucha utilidad para disminuir el grado de contaminación que descarga la planta hacia el río Quinchayacu. Se determinó que con la solución de 4 ppm de cloro reducen un 100 % la presencia de CF así como la concentración de cloro queda dentro de los parámetros permitidos por la normativa ambiental TULAS (luego de un tiempo de contacto de 30 minutos, agua residual - cloro).

La limpieza de la malezase realiza de forma adecuada con la colaboración de los trabajadores municipales, y se logra la visualización total alrededor de la planta de tratamiento hasta su punto de descarga al río Quinchayacu. (*Ver Anexo 6*)

3.1 CÁLCULOS DE INGENIERÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN.

3.1.1 SISTEMA DE REJILLAS(Ver Anexo 8, 9 y 10)

✓ CONSIDERACIONES DE DISEÑO

La información básica para el diseño convencional de rejillas de limpieza manual se presenta en la *tabla XVII*. Con la que se diseña el canal por el cual será conducida el agua hacia el proceso de tratamiento, a más se contempla la determinación de las pérdidas de carga producidas con el paso del agua a través de una rejilla.

TABLA XVII. Rejillas de limpieza manual

Rejillas de limpieza manual		
Características		Dimensiones
Tamaño de la barra	Espesor (mm)	5 - 20
Separación entre barras (mm)		20 – 50
Pendiente en relación a la vertical (°)		30 – 45
Pérdida de carga admisible (mm)		40
Material		Acero Inoxidable

*Fuente:*Crites, R. Tchobanoglous, G.

Para nuestro diseño implementaremos dos rejillas en serie con el fin de que la primera capture desperdicios sólidos de mayor dimensión y la segunda con un espacio menor entre barras detendrá sólidos de menor dimensión.

✓ **CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE REJILLA GRUESA**

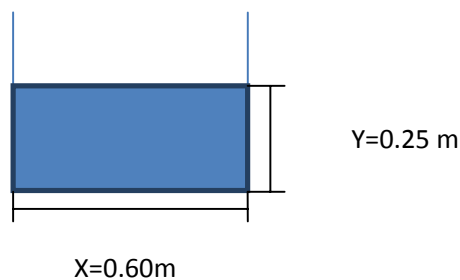
Datos para cálculos	
Barras cuadradas, espesor (s)	18 mm
Inclinación con la vertical	33°
Separación entre barras (e)	30mm
Caudal máximo	3.28 L/s

De acuerdo a la disponibilidad de barras cuadradas para rejillas en el mercado local se encuentra en stock en la empresa NOVACERO. (Ver Anexo 7)

❖ *Cálculo de la velocidad de aproximación del fluido hacia la reja.*

$$v_a = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 3.1.1-1}$$

Área: Es el lado transversal del tanque y es igual a la altura de la lámina de agua residual (Y) en el tanque multiplicado por el ancho del canal (X) donde se midió el caudal de entrada a la planta.



$$A = X \cdot Y$$

Ec. 3.1.1-2

$$A = 0.60m \times 0.25m$$

$$A = 0.15 m^2$$

Datos:

$$Q = 3.28 \text{ lt/s} = 0.00328 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0.15 m^2$$

$$v_a = \frac{Q}{A}$$

$$v_a = \frac{0.00328 \frac{m^3}{s}}{0.15 m^2}$$

$$v_a = 0.022 \frac{m}{s}$$

❖ **Cálculo de la suma de las separaciones entre barras**

$$b = \left(\frac{b_g}{e} - 1 \right) (s + e) + e$$

Ec. 3.1.1-3

Donde: b = ancho del canal (mm)

b_g = suma de las separaciones entre barras (mm)

e = separación entre barras (mm)

s = espesor de las barras (mm)

$$600 = \left(\frac{b_g}{30} - 1 \right) (18 + 30) + 30$$

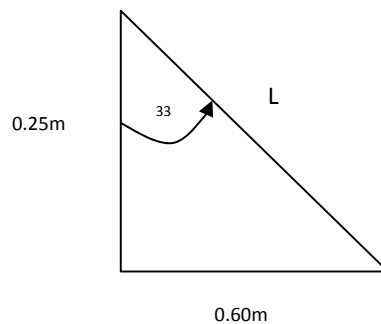
$$570 = \frac{b_g - 30}{30} (48)$$

$$570 = \frac{48b_g - 1440}{30}$$

$$17100 = 48 b_g - 1440$$

$$b_g = 386.25 \text{ mm} = 0.39 \text{ m}$$

❖ *Cálculo de la longitud de la rejilla*



$$L = \frac{\text{ancho del canal}}{\text{Sen ángulo}}$$

Ec. 3.1.1-4

$$L = \frac{0.60}{\text{sen } 33}$$

$$L = 1.1 \text{ m}$$

La longitud de la rejilla es de 1.1 está calculada en función del canal existente (el canal tiene una altura de 1.5 m) con esto se evita desborde de agua y fácil mantenimiento.

❖ *Cálculo del Área Libre (A_L) al paso de agua.*

$$A_L = L \times b_g \quad \text{Ec. 3.1.1-5}$$

$$A_L = 1.1 \text{ m} \times 0.39 \text{ m}$$

$$A_L = 0.43 \text{ m}^2$$

❖ *Cálculo del número de barras*

$$2n + (n - 1) e = b \quad \text{Ec. 3.1.1-6}$$

Donde: b = ancho de canal (cm)

e = separación entre barras (cm)

$$2n + (n - 1) 3 = 60$$

$$2n + 3n - 3 = 60$$

$$5n = 63$$

$$n = 13 \text{ barras}$$

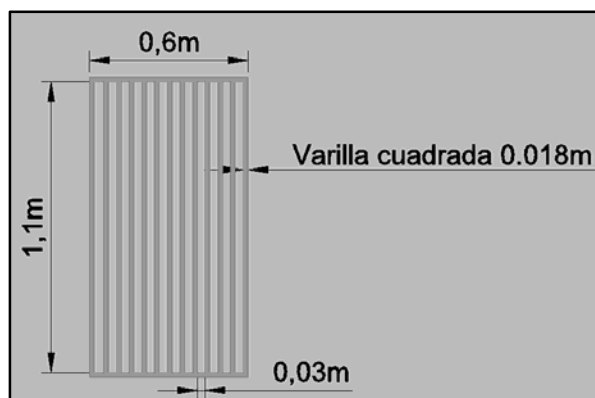


FIGURA 9. Dimensiones de rejilla gruesa

❖ *Cálculo de las pérdidas en rejillas*

$$h = \beta \left(\frac{s}{e}\right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \text{Sen}\theta \quad \text{Ec. 3.1.1-7Kirschmer}$$

Donde: h = pérdida de carga (m)

S = espesor de las barras (m)

e = separación entre las barras (m)

$v^2/2g$ = carga de velocidad antes de la reja (m)

θ = Angulo de inclinación de las barras

β = Factor dependiente de la forma de las barras (2.42)

La sección de las barras tiene influencia en el fenómeno que modela la expresión anterior y se considera a través del factor (β), la *Figura 9* para distintas secciones de barras.

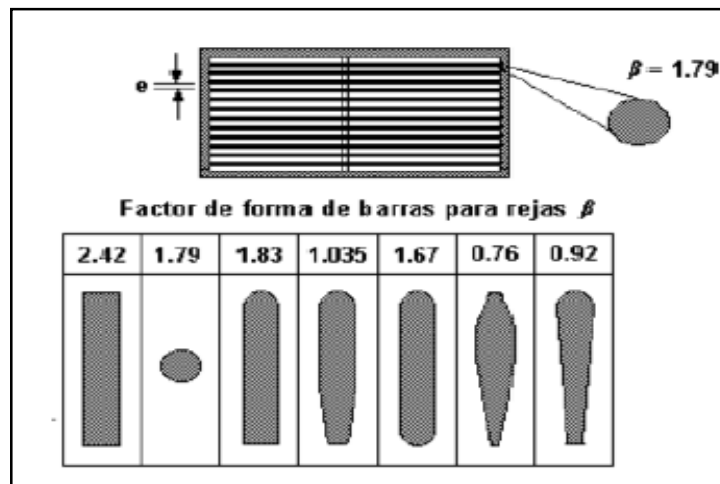


FIGURA 10. Factores de forma β para secciones usuales de barras de rejillas

$$h = 2.42 \left(\frac{0.018}{0.03} \right)^{4/3} \frac{0.022^2}{2 \times 9.8} \text{Sen } 33$$

$$h = 0.000016 \text{ m} = 0.016 \text{ mm}$$

✓ **CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE REJILLA DELGADA**

Para el diseño de rejilla delgada se tiene las siguientes especificaciones y los cálculos se realizan con el mismo procedimiento que para la rejilla gruesa. Los resultados se reflejan en la *Tabla XIX*

Datos para cálculos	
Barras cuadradas, espesor (s)	9 mm
Inclinación con la vertical	33°
Separación entre barras (e)	20mm
Caudal máximo	3.28 L/s

Rejillas con perfil cuadrado que esté disponible en el mercado. (Ver Anexo 7).

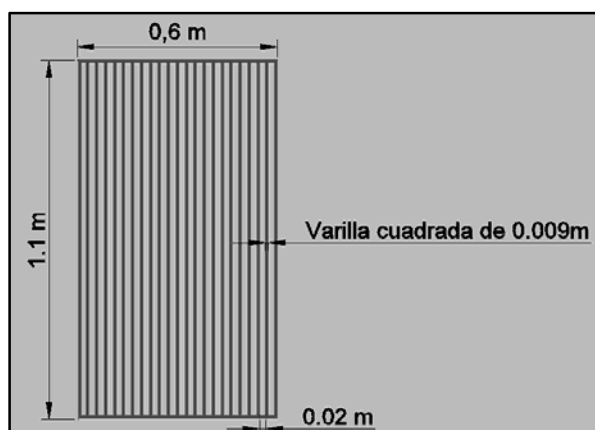


FIGURA 11. Dimensiones de rejilla delgada

3.1.2 SISTEMA DE DESINFECCIÓN.

3.1.2.1 DOSIFICACIÓN DE CLORO (Laboratorio)

- ✓ **Cálculo de la preparación de la solución madre de cloro comercial en 1 litro.** (Ver *Técnica 2.3.1.2.6 Método para la dosificación del cloro*)

Datos:

Cloro comercial granulado HTH

70 % pureza (cloro comercial)

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} \times \frac{100\text{g sol.}}{70 \text{ g sol}} = 1.4286 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Interpretación: Se pesa 1.4286 g de cloro comercial en 1 litro de agua destilada

- ✓ **Cálculo del volumen 1 a diferentes concentraciones.** (Ver *Técnica 2.3.1.2.6*)

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$1000\text{ppm} \times V_1 = 2\text{ppm} \times 100\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{2\text{ppm} \times 100\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ ml}$$

TABLAXVIII. Datos del Cálculo del Volumen 1

Concentración (ppm)	V₁ (ml)
1	0,1
2	0,2
3	0,3
4	0,4
5	0,5

Fuente. Tannia Vargas

Interpretación: Se colocará de 0,1 ml a 0,5ml de solución madre de cloro en 100 ml de agua residual (3 repeticiones). Con la finalidad de encontrar que concentración es la óptima para la desinfección del agua residual (*Ver Anexo 11. Diagrama para la dosificación de cloro*).

✓ **Cálculo de la dosificación de cloro con respecto al Volumen o Capacidad de la Planta.**

A) El volumen que se produce en la planta diariamente es 259 200 L/día (partiendo del caudal promedio medido de manera experimental)

$$3,0 \frac{L}{s} \times \frac{3600 s}{1 h} \times \frac{24 h}{1 día} = 259 200 \frac{L}{día}$$

B) Se obtuvo que la concentración de la solución óptima de cloro es 4ppm. Cálculo para 4ppm = equivale a 0,4 ml de solución madre en 100 ml de ARU. (*Ver tabla XX*).

Transformación a Litros

$$0,4 \text{ ml sol. madre Cl} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 0,0004 \text{ L Sol. Cloro}$$

$$100 \text{ ml ARU} \times \frac{1 \text{ L ARU}}{1000 \text{ ml ARU}} = 0,1 \text{ L de muestra ARU}$$

$$0.0004 \text{ L Sol. Cl} \times \text{X} = 0,1 \text{ L muestra ARU}$$

$$\text{X} = \frac{0,1 \text{ L muestra ARU}}{0.0004 \text{ L Sol. Cl}} = 259 \text{ 200 L ARU}$$

$$\text{X} = 1037 \text{ L Sol. Cloro} = 1.04 \text{ m}^3$$

Interpretación: Se necesita 1037 L de Solución de Cloro diariamente.

C)

$$1 \text{ L agua destilada} \times \text{X} = 1.4286 \text{ g Cloro granulado}$$

$$1037 \text{ L} \times \text{X} = \text{X}$$

$$\text{X} = 1481,46 \text{ g Cloro granulado} = 1,5 \text{ Kg}$$

Interpretación: Se necesita 1,5 kg de Cloro granulado diariamente.

*Por tanto se requiere un tanque de 1m³ para la solución de cloro **diariamente**, 1.5 kg de cloro granulado HTH (70 %).*

3.1.2.2 SISTEMA DE DESINFECCIÓN PARA LA PLANTA N° 01 (Ver Figura 12)

Después de realizar la dosificación de cloro, se consideran los parámetros técnicos medidos en la planta para implementar un sistema automatizado de desinfección en los cuales destacan: Caudal de operación promedio en la planta (*Figura 8*), coliformes fecales por arriba de los límites permisibles (*Tabla XI*), mantenimiento de los niveles adecuados de DBO, DQO, SST, pH, etc. (*Tabla IX y X*). Por tanto se ubicará el nuevo sistema de cloración a la salida del agua residual de la planta de tratamiento. *Ver anexo 12.*

3.1.2.2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR

1. TANQUE DE RETENCIÓN: (Agua residual de descarga) Tanque horizontal fabricado en PRFV, dividido internamente en 6 compartimientos, el cual cuenta con entrada y salida por las tapas laterales para la distribución de flujo. *El tanque de retención no requiere protección porque es de un material reforzado para enterramiento, con tapas de acceso para control.*
2. TANQUE DE PREPARACIÓN: (Preparación de cloro) Tanque vertical de tipo troncocónico fabricado en PRFV. Capacidad 2000 litros.
3. BOMBA DOSIFICADORA: Funcionamiento eléctrico, monofásica a 110 voltios, marca Bluewhite, con un caudal máximo de 389 GPD y presión máxima de 10 psi.
4. AGITADOR: Equipo para la agitación del agua dentro del tanque de preparación, el cual evita que el cloro se sedimente.

5. TUBERÍAS: Tuberías en PVC presión de ½” resistentes a las condiciones de trabajo con el cloro (agente químico corrosivo)
6. Conexión de agua limpia para el llenado del tanque de preparación, el cual tiene un consumo de 30 m³ al mes; la conducción puede ser en tubería de ¾” PVC presión desde el acueducto municipal.
7. Conexión eléctrica para la operación de la bomba dosificadora, la cual requiere 115 voltios – 60 Hz. Instalar un toma corriente con dos puntos de conexión para el agitador y la bomba dosificadora.
8. Caseta para la ubicación de los equipos con un área libre interna de 2.5 m * 2.5 m, altura mínima de 1,80 metros. Esta caseta sirve a la vez para el almacenamiento de los productos químicos y equipos de medición.

3.1.2.2.2 TREN DE TRATAMIENTO

De acuerdo con las características, se propone el siguiente tren de tratamiento para una cloración efectiva del agua:

- a. Un tiempo mínimo de contacto del agua de 30 minutos (agua residual - cloro)
- b. Dosificación de agente desinfectante: este proceso se hace con la adición de un desinfectante (cloro HTH) para la remoción de agentes patógenos presentes en el agua. Éste se hace mediante una bomba dosificadora.
- c. Una dosis continua de cloro de 4 ppm (se debe verificar ya instalado, que no quede residual en el agua que se vierte al río). Esta dosis debe ser constante, por lo cual debe

ser aplicada por medio de una bomba dosificadora de precisión que asegure la misma concentración en la descarga de las aguas residuales.

- d. Para mayor eficiencia en la mezcla se implementan divisiones en el tanque de preparación para lograr que el flujo se agite hidráulicamente en el tanque de cloración.

El cloro es el medio de desinfección más económico, de mayor disponibilidad mundial y resultados en corto tiempo contra la mayoría de los microorganismos que están presentes en una descarga de aguas residuales.

Con las especificaciones dadas en el tren de tratamiento y las especificaciones técnicas de los equipos a instalar, se puede lograr la desinfección en el sistema de tratamiento en el Cantón La Joya de los Sachas. A la vez se proporciona información como: Hoja Técnica del Sistema de cloración. (Anexo 13)

Realizados los cálculos y diseños adecuados se optimiza la planta N^o 01 “Barrio Central” (Ver Anexo 14).

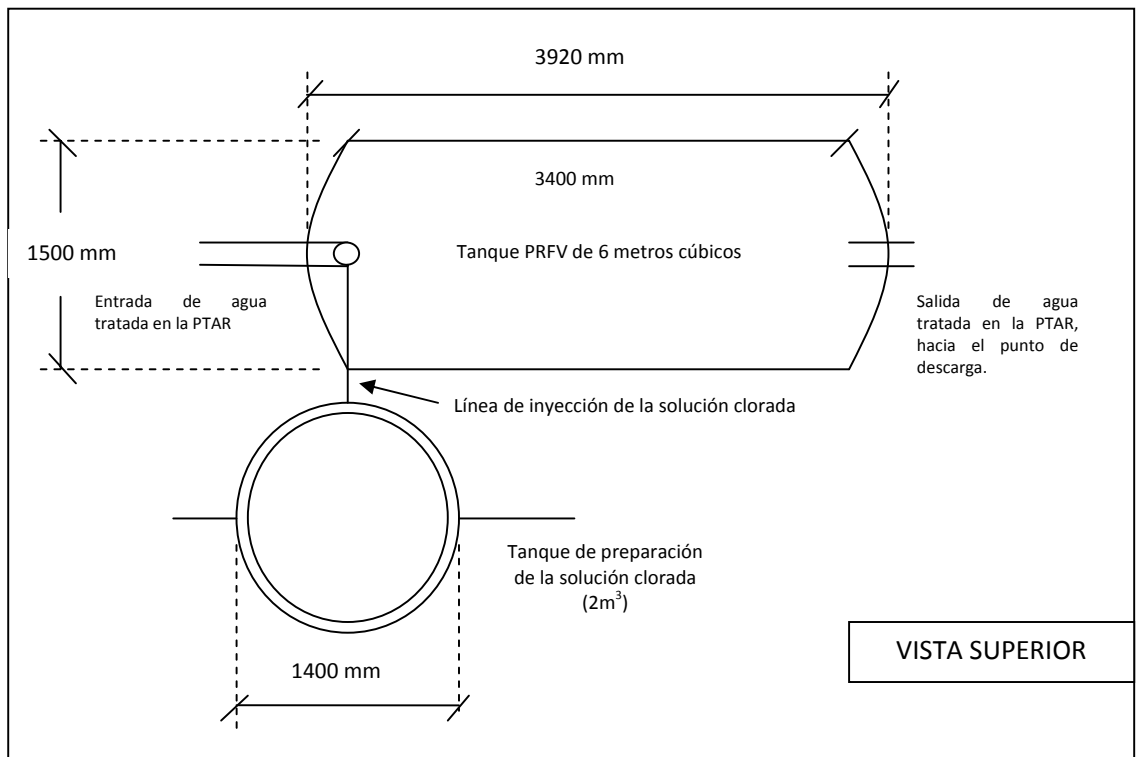
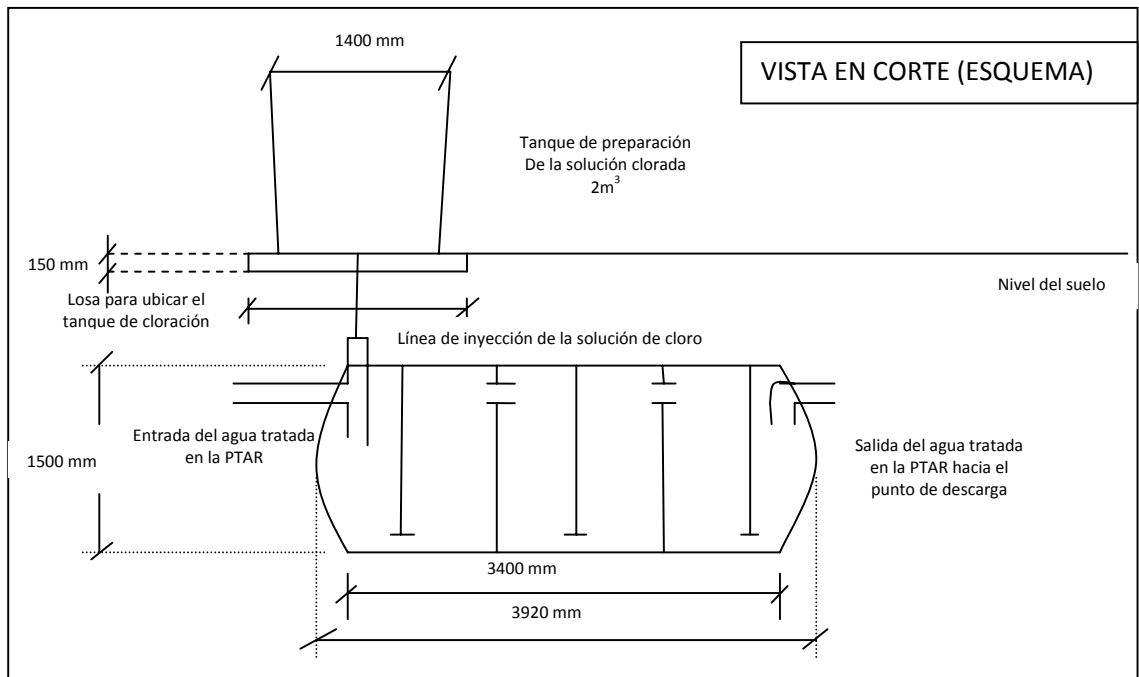


FIGURA 12. Dimensiones del sistema de desinfección

3.2 RESULTADOS

3.2.1 SISTEMA DE REJILLAS

TABLA XIX. Resultados del diseño de rejillas

Especificaciones de diseño	Rejilla Gruesa	Rejilla Delgada
Altura de la lámina de agua (Y)	0.25 m	0.25 m
Ancho del canal (X)	0.60 m	0.60m
Inclinación de rejilla con la vertical	33 ⁰	33 ⁰
Barras cuadradas, espesor (s)	18 mm	9 mm
Separación entre barras (e)	30 mm	20 mm
Longitud de la rejilla (L)	1.1 m	1.1 m
Número de barras	13	16
Velocidad de aproximación (V _a)	0.022 m/s	0.022 m/s
Suma de separaciones entre barras (b _g)	0.39 m	0.42 m
Área libre al paso de agua (A _L)	0.43 m ²	0.46 m ²
Pérdidas de carga	0.016 mm	0.011 mm

Fuente: Tannia Vargas

En la práctica, para el diseño de rejillas se tiene una pérdida de carga menor a 1 mm, por tanto cumple con las especificaciones de diseño, es decir pérdidas hasta 40 mm (ver tabla XVII).

3.2.2 DOSIFICACIÓN DE CLORO (LABORATORIO)

TABLA XX. Resultados de la dosificación de solución de Cloro

PRUEBA 1 (18/08/2011)		
CONCENTRACIÓN DE SOL. MADRE APLICADA A LA MUESTRA (ppm)	DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CLORO (mg/L) (Método Fotométrico)	
	Instante	Después de 30 min
1	0	0
2	0,01	0,01
3	0,36	0
4	1,06	0
5	1,83	0
PRUEBA 2 (19/08/2011)		
1	0	0
2	0	0
3	0	0,01
3,5	0,01	0
4	0,94	0,02
5	1.52	0,03
PRUEBA 3 (20/08/2011)		
2	0	0,06
3	0	0
4	0,46	0
5	1,16	0
6	1,66	0,10
7	2,73	1,64

Fuente: Tannia Vargas

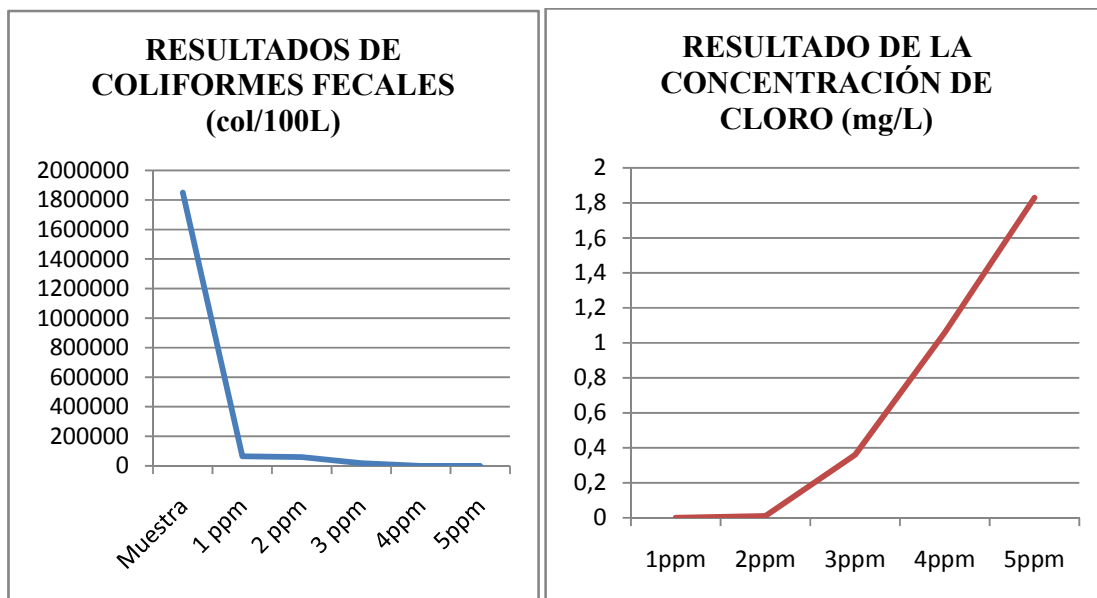
TABLAXXI. Resultados de la determinación de coliformes fecales.

PRUEBA 1 (18/08/2011)		
CONCENTRACIÓN DE SOL. MADRE APLICADA A LA MUESTRA (ppm)	RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES (col/100L)	
	Instante	Después de 30 min
<i>Muestra</i>	<i>1,85 x 10⁶</i>	
1	65 000	73 000
2	60 000	61 000
3	19 000	23 000
4	0	0
5	0	0
PRUEBA 2 (19/08/2011)		
<i>Muestra</i>	<i>870 000</i>	
1	170 000	180 000
2	160 000	160 000
3	150 000	170 000
3,5	120 000	130 000
4	0	0
5	0	0
PRUEBA 3 (20/08/2011)		
<i>Muestra</i>	<i>970 000</i>	
2	210 000	190 000
3	52 000	24 000
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Fuente: Tannia Vargas

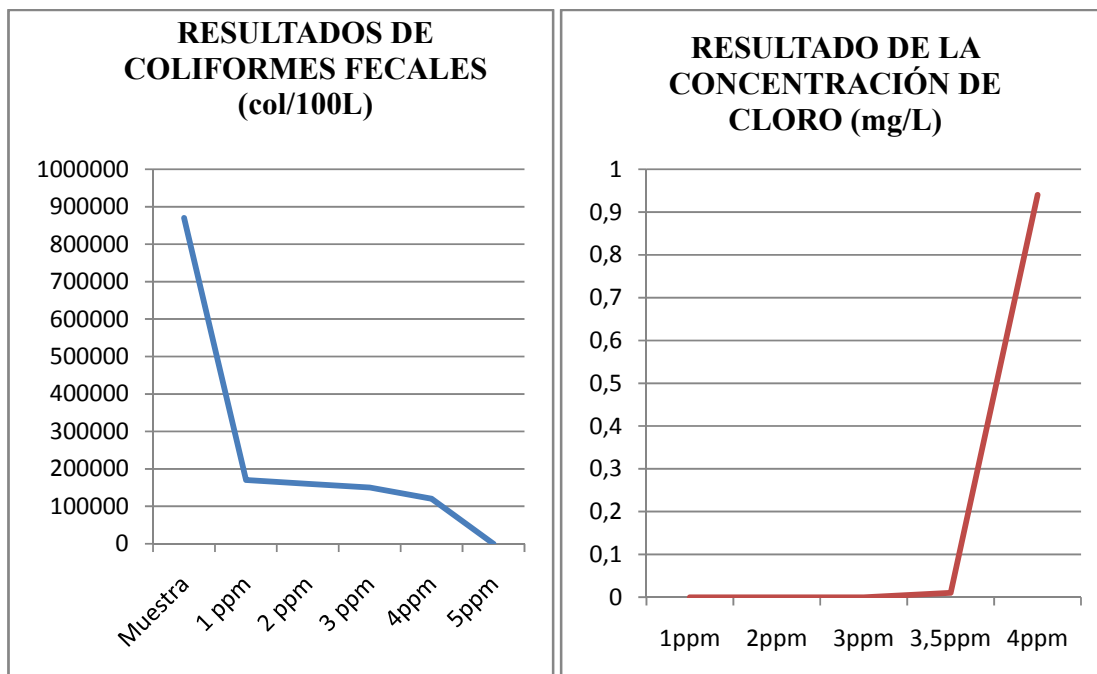
Por tanto la solución de cloro optima para disminuir coliformes fecales es de 4ppm logrando la remoción de coliformes de un 99.99%, y el cloro dentro del rango 0.5 mg/l.

FIGURA13. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 1)



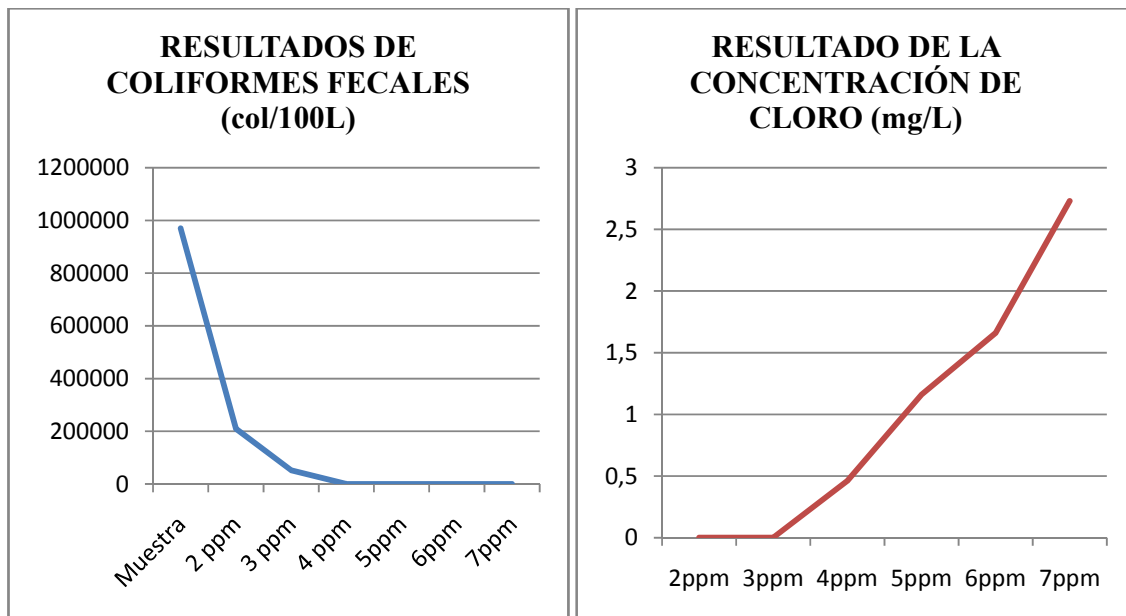
Fuente: Tannia Vargas

FIGURA14. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 2)



Fuente: Tannia Vargas

FIGURA 15. Diagrama comparativo de Coliformes Fecales y Cloro (PRUEBA 3)



Fuente: Tannia Vargas

En la dosificación de cloro se dice que mientras la concentración de cloro aumenta los coliformes fecales disminuyen.

3.3 PROPUESTA ECONÓMICA

3.3.1 SISTEMA DE REJILLAS

ITEM	CANT.	REFERENCIA	TOTAL (dólares)
CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA			
Mano de Obra (dos semanas)	2	Personal municipio	360,00
Cemento (quintales)	10	Selva Alegre	90,00
Palas	2		30,00
Ripio y Arena			80,00
Varillas (12mm Φ) y longitud 12 m.	6	Novacero	180,00
Tapa de drenaje (1.40m*0.70m) 18mm		Varilla cuadrada Novacero	100,00
REJILLAS			
Rejilla delgada (1.1m*0.6m) con varilla de 9mm	1	Varilla cuadrada Novacero	70,00
Rejilla gruesa (1.1m*0.6m) con varilla de 18mm	1	Varilla cuadrada Novacero	85,00
TOTAL			995,00

Fuente: Departamento de Agua Potable y Alcantarillado

Nota: Se manda hacer la rejilla en un taller mecánico.

3.3.2 SISTEMA DE DESIFECCIÓN

Los costos del suministro del sistema de tratamiento de desinfección de las aguas residuales son:

ITEM	CANT.	TOTAL (dólares)
Cloro granulado HTH	Tambores (45 kg)	145,00

Fuente: SPARTAN del Ecuador P.Q. S.A.

Se requiere 1.5 kg de cloro diariamente, por tanto un tambor de 45 kg abastece 30 días.

ITEM	CANT.	REFERENCIA	TOTAL (dólares)
Tanque para enterrar 6 m ³	1	Fibra PR	2900,00
Divisiones adicionales al tanque	5	Fibra PR	650,00
Tanque preparación cloro	1	2m ³	890,00
Bomba dosificadora C 6250	1	Blue white	650,00
Agitador	1		439,50
Accesorios varios para conexión PVC	1		190,00
Instalación	1		1200,00
Transporte de personal	1		850,00
Diseño	1		500,00
TOTAL			8269,00

Fuente: SPARTAN del Ecuador P.Q. S.A.

ITEM (OBRAS CIVILES)	TOTAL (Dólares)
ACOMETIDA: Conexión de agua limpia para el llenado del tanque de preparación (collarines, tubería ¾" PVC etc.)	80,00
Conexión eléctrica para la operación de la bomba dosificadora. Instalación de un toma corriente con dos puntos de conexión para el agitador y la bomba dosificadora	200,00
Caseta para ubicación de equipos con un área libre interna (2.5m x 2.5m), altura mínima de 1,80 m. (bloque, cemento, duratecho, varilla etc.)	500,00
TOTAL	780 ,00
<i>COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE CLORACIÓN</i>	<i>9 194,00</i>

Fuente: Departamento de Agua Potable y Alcantarillado

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS FÍSICOS – QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DE LA ENTRADA Y DESCARGA DE AGUA RESIDUAL.

Se realizó los análisis de agua residual en los parámetros indispensables para poder caracterizar el fluido, en los cuales los límites permisibles están establecidos por la ley ambiental, se ejecutaron en el Laboratorio LABSU ya que el municipio no cuenta con un laboratorio apropiado, algunos análisis no se llevaron a cabo puesto que no eran indispensables como metales, hidrocarburos entre otros de los cuales no existe un registro de resultados en los análisis, ya que el agua residual es doméstica y no industrial.

Con los análisis realizados se logró establecer una composición regular de las aguas que entran y se descargan de la planta, considerando los parámetros bajo los cuales generalmente se establece su calidad: pH, temperatura, DBO₅, DQO, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y coliformes fecales, que se resumen en las *tablas IX, X y XI*. De los enunciados anteriormente CF no se encuentran dentro de los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce.

4.2 MEDICIÓN DEL CAUDAL

Permite tener un registro para poder predecir las variaciones y hacer los controles necesarios sobre si el sistema de tratamiento si está dentro de la capacidad para el que fue

construido. En época de invierno no afecta en el aumento del caudal ya que tiene un sistema simple de alcantarillado (solo aguas residuales domésticas), el sistema de agua lluvia se encuentra ubicada a unos 15 metros del sistema de tratamiento N° 01 en el cantón. Por tanto el caudal máximo es de 3.28 L/s, el caudal promedio es de 3.0 L/s y el caudal mínimo de 2.86 L/s. La variación del caudal en la planta según la población aportante se resume en la *Figura 8*, en la que se interpreta que la variación del caudal durante el día depende de las actividades de la población y de las horas pico de consumo del agua.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE REJILLAS

Según los resultados de los cálculos la rejilla gruesa y delgada tiene 13 y 16 barras respectivamente y las pérdidas a través de las rejillas es mínima 0.016 mm y 0.011mm. El diseño del sistema está basado en el caudal máximo (3.28 L/s) que pasa por la tubería ($\Phi=0.25$ m) al ingreso de la planta, pues así las rejillas no tienen inconveniente para operar con caudales mínimos o máximos, el fin es retener sólidos que ingresan al sistema, además la planta dispone de espacio suficiente (10.95m) para la construcción del sistema de rejillas de las dimensiones calculadas. La longitud de la estructura no tiene un parámetro específico de diseño según la bibliografía pero en la planta el espacio requerido para este fin es de 3.3 m de longitud, una longitud suficiente para la construcción de las rejillas en el modelo de limpieza manual, que se consideró en los *Anexos 8,9, y 10*.

La retención de sólidos no influye en la composición química de las aguas residuales pero si facilita las etapas del proceso subsiguiente, tanto en la cámara de sedimentación como en

la digestión, en el caso de la etapa de sedimentación los sólidos no obstruirán los conductos internos que intercomunican las 3 cámaras existentes por tanto en la etapa de digestión ya no habrá presencia de sólidos, lo que es conveniente para evitar obstrucción en todo el sistema de tratamiento.

4.4 SISTEMA DE DESINFECCIÓN

Para mejorar la calidad del agua residual que se descarga de la planta, primero se realiza *la dosificación de cloro* a nivel de laboratorio, para finalmente implantar un *sistema de cloración automático*, logrando así disminuir la concentración de coliformes fecales.

Dosificación de cloro se realiza con el fin de obtener la concentración de cloro óptima para disminuir concentración de coliformes fecales que están siendo descargados en el río Quinchayacu. El sistema actualmente descarga CF = 104 250 col/100 mly los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce según la Normativa Ambiental (TULAS) es $\leq 3\ 000$ col/100ml. Por tanto se determina en el laboratorio que la concentración de cloro es de 4 ppm *ver tabla XX* (después de un tiempo de contacto ARU – Cloro de 30 min), de esta manera la reducción de CF es de un 99.9% *ver tabla XXI*. Así también hay que considerar que la concentración de cloro que se descarga en el agua residual hacia el río se mantenga dentro de los límites permisibles según la Normativa Ecuatoriana que es < 0.5 mg/L, *ver Tabla XX*. Las *figuras 13,14 y 15* dan a conocer que mientras la concentración de cloro aumenta la cantidad de coliformes fecales disminuye.

De acuerdo al caudal medido en la PTAR en la descarga y con la dosificación de cloro en el laboratorio, se requiere un tanque de 1m^3 para preparar solución de cloro, 1.5 kg de cloro granulado HTH (70 %) diariamente.

Después de haber obtenido la concentración apropiada de cloro (4 ppm) se establece un *sistema automatizado de cloración*, su diseño está cimentado en parámetros técnicos medidos en la planta en los cuales destacan: Caudal de operación máximo en la planta, coliformes fecales por arriba de los límites permisibles, mantenimiento de los niveles adecuados de DBO, DQO, SST, pH, etc. Basados en estos parámetros, las condiciones de la zona donde se ubicará el nuevo sistema de cloración será en la descarga del agua residual de la planta de tratamiento, además se opta por un sistema automatizado por la disponibilidad de los equipos en nuestro país y por los beneficios a largo plazo; no se requiere de un operador de forma permanente (para preparación de la solución de cloro) porque llevaría pago de horas hombre, seguro, horas extras (sábado y domingo), etc. considerando que este sistema de desinfección no puede dejar de operar, así como también se evitaría los errores aleatorios (operador) ya que la dosis de cloro debe ser exacta porque el mal manejo de este químico (cloro) puede causar la muerte de flora y fauna en el río Quinchayacu; en cambio una inversión en un sistema automatizado tiene larga vida con el buen mantenimiento del mismo y solo requeriría la inspección de un operador para verificar su buen funcionamiento. *Figura 12.*

El sistema de desinfección que se ubicará en la planta tendrá el fin de mejorar la calidad del agua del río y posteriormente su uso aguas abajo. Además este sistema está de acuerdo a la

cantidad necesaria de desinfectante y este a la vez está en función del caudal de agua a tratar, la dosis requerida según la calidad del agua y las normas de calidad de agua residual. Las *posibilidades de abastecimiento* del cloro HTH granulado es inmediata ya que la planta no se encuentra ubicada en una zona rural y de difícil acceso. La *capacidad técnica* disponible debe ser considerada, ya que operar instalaciones de cloro requiere personal capacitado (ingenieros químicos, mecánicos, civiles) y competente. Por último, en lo que se refiere a los *costos* de la desinfección es en base de la durabilidad, sencillez de la operación y disponibilidad de los repuestos y suministros.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con el diagnóstico, se establece que el mantenimiento de la planta de tratamiento no se realizó de forma adecuada, siendo el ingreso de sólidos orgánicos los principales causantes de malos olores.
- El caudal medido de forma experimental a la salida del sistema de tratamiento si cumple con las especificaciones de capacidad de diseño, siendo este 3.0 L/seg.
- En la actualidad el agua residual descargada tiene las siguientes características físicas – químicas – biológicas: DBO₅ de 41.53 mg/L; DQO de 85.17 mg/L; pH de 7.43; Sólidos sedimentables de 0.1 mg/L; sólidos suspendidos de 21.08 mg/L; sólidos totales de 337.17 mg/L y temperatura de 26⁰C, los cuales están dentro de los límites permisibles excepto coliformes fecales 104 250 col/100ml.
- Las fases del proceso donde se realizó la optimización es en la entrada (entre el pozo de revisión y la cámara de distribución) y en la descarga del sistema de tratamiento (después del filtrado anaerobio).

- La optimización de la planta de tratamiento de agua residual consistió en la instalación de rejillas para la retención de sólidos así como la instalación de un sistema de desinfección mediante cloración para disminuir coliformes fecales.
- La concentración de cloro óptima para desinfectar el agua residual en la descarga de la PTAR y bajar la concentración de coliformes fecales a los límites permisibles es de 4 ppm, lo que se comprobó realizando simulaciones de laboratorio.
- El costo estimado para la optimización de la Planta de Tratamiento N° 01 del Cantón La Joya de los Sachas es de 10 189 USD.

5.2 RECOMENDACIONES

- El mantenimiento de las rejillas debe ser realizado de forma adecuada y con la periodicidad que se indica en el *Anexo 15*, así se evitará obstrucción por exceso de basura, y en lo posible la municipalidad debe elaborar un plan de gestión de mantenimiento y limpieza de rejillas.
- La disposición final del material retenido debe ser el adecuado, es decir a los residuos orgánicos se dará un tratamiento de compostaje y el nuevo producto será utilizado como fertilizante orgánico en horticultura y/o forestación ya que se obtendrá una materia orgánica estable y libre de patógenos; al resto de basura se dará remoción y disposición al relleno sanitario municipal.
- El sistema de desinfección deberá recibir mantenimiento en forma periódica y adecuada, *ver anexo 13*; logrando así prolongar la vida útil de los equipos y evitar costos de reparación de los mismos.
- Mantener el sistema de tratamiento libre de maleza, realizando limpiezas frecuentes así se evitará el deterioro de la planta.

- La municipalidad debe crear el Departamento de Mantenimiento, para las plantas de tratamiento de agua residual existentes en el cantón, además designar el personal necesario y capacitado para que realicen dicha actividad de forma correcta y periódica sin afectar la salud de los operarios.
- El Departamento de Agua Potable y Alcantarillado deberá asignar personal capacitado para dar seguimiento de la calidad del agua tratada en el sistema de tratamiento controlando el buen funcionamiento del mismo y así mejorar la calidad de agua del río Quinchayacu, así como el Departamento de Ambiente debe crear una ordenanza municipal en la que se controle los límites permisibles de descarga de agua residual hacia un cuerpo de agua dulcedados por el Ministerio del Ambiente.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- 1.- **BROCK., T.**, Biología de los microorganismos., 2a. ed., Barcelona - España., Omega., 1978., Pp. 82
- 2.- **CRITES., R., TCHOBANOGLIOUS., G.**, Tratamiento de aguas residuales., trad. INGLÉS – ESPAÑOL., CAMARGO., M., Bogotá - Colombia., McGraw-Hill., 2000., Pp. 530- 560
3. - **DE SOUZA., M.**, Factores que influncian una digestión anaerobia.,2a. ed., Sao Paulo – Brasil., 1984., Pp. 88 - 94
- 4.- **FAIR., G., GEYER., J., y OKUN., D.**, Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales., trad. INGLÉS – ESPAÑOL., WILEY., J., México D.F. – México.,Ciencia y Técnica., 1996., Pp. 260-269
- 5.- **SOTO., M.**, Determinación de toxicidad y biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales., Barcelona – España., Tecnología del Agua., 1992., Pp. 70- 80

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

6.- BARRAS DE PERFIL CUADRADO

www.novacero.com/ws/novacero/novacero.nsf/paginast/

2011-04-27

7.- DIGESTIÓN ANAEROBIA

www.affairesjs.com/digestion%20anaerobica.htm

2011-04-30

8.- DISEÑO Y CÁLCULO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

[/es.scribd.com/doc/50062336/Diseno-Calculo-Plantas-Tratamiento/](http://es.scribd.com/doc/50062336/Diseno-Calculo-Plantas-Tratamiento/)

2011-05-04

9.- DISPOSICIÓN FINAL DE SÓLIDOS

www.ecopuerto.com/bicentenario/informes/PLANTATRAT.pdf

2011-05-04

10.- NORMAS INEN

www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/1001-1600.pdf

2011-11-24

11.- SISTEMAS DE DESINFECCIÓN

www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=2524

2011-10-11

12.- TANQUE PRFV

http://www.mayper.com.ar/Prod_tanqPRFV_03.php

2011-10-11

ANEXOS

ANEXO 2

MEDICIÓN DEL CAUDAL



(a)



(b)

NOTAS

- a) Caudal planta de tratamiento
- b) Caudal del río Quinchayacu

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Por certificar
Por aprobar
Aprobado

Por eliminar
Para información
Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

REALIZADO POR: Tannia Vargas

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL N° 01 DEL CANTÓN JOYA
DE LOS SACHAS

Lámina
2

Escala

Fecha
2012/01/26

ANEXO 3

TANQUE DE REVISIÓN



(a)



(b)

NOTAS

a)b) Cámara entre el pozo de revisión y la cámara de distribución

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Por certificar	Por eliminar
Por aprobar	Para información
Aprobado	Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

REALIZADO POR: Tannia Vargas

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL N° 01 DEL CANTÓN JOYA
DE LOS SACHAS

Lámina
3

Escala

Fecha
2012/01/26

ANEXO 4

CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN



(a)

(b)

NOTAS

a)b) Acumulación de sólidos

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Por certificar
Por aprobar
Aprobado

Por eliminar
Para información
Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

REALIZADO POR: Tannia Vargas

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL N° 01 DEL CANTÓN JOYA
DE LOS SACHAS

Lámina
4

Escala

Fecha
2012/01/26

ANEXO 5



	<table border="1"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>								

ANEXO 6



	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

ANEXO 7

BARRAS DE PERFIL CUADRADO (NOVACERO)

Barra Cuadrada

DENOMINACIÓN	a mm	PESO		ÁREA cm ²
		Kg/m	Kg/6m	
BC 9	9,00	0,64	3,83	0,81
BC 11	11,00	0,95	5,70	1,21
BC 15	15,00	1,77	10,60	2,25
BC 18	18,00	2,54	15,26	3,24
BC 24.5	24,50	4,72	28,30	6,00

(a)

NOTAS

a) Especificaciones de las Barras de perfil cuadrado

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

**Por certificar
Por aprobar
Aprobado**

**Por eliminar
Para información
Por calificar**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA**

REALIZADO POR: Tannia Vargas

**SISTEMA DE REJILLAS DE LIMPIEZA
MANUAL**

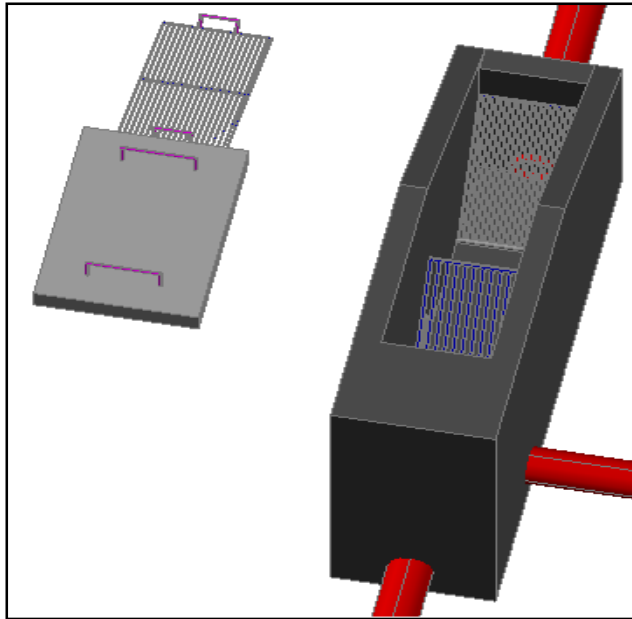
Lámina
7

Escala

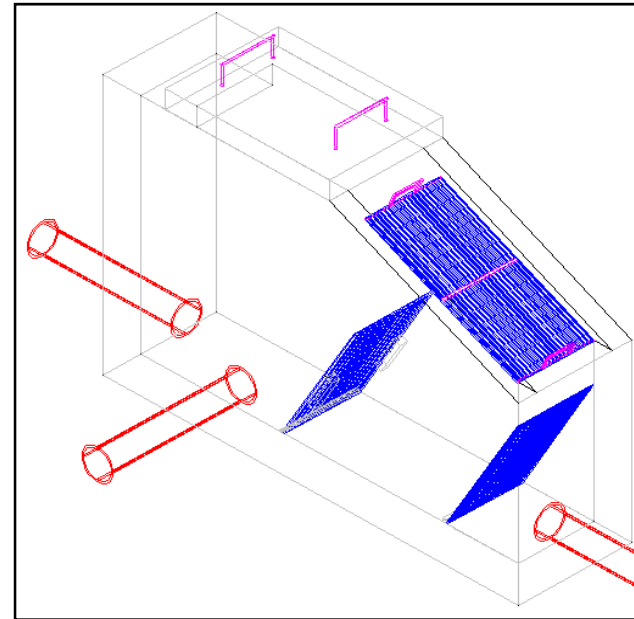
Fecha
2012/01/26

ANEXO 8


SISTEMA DE REJILLAS



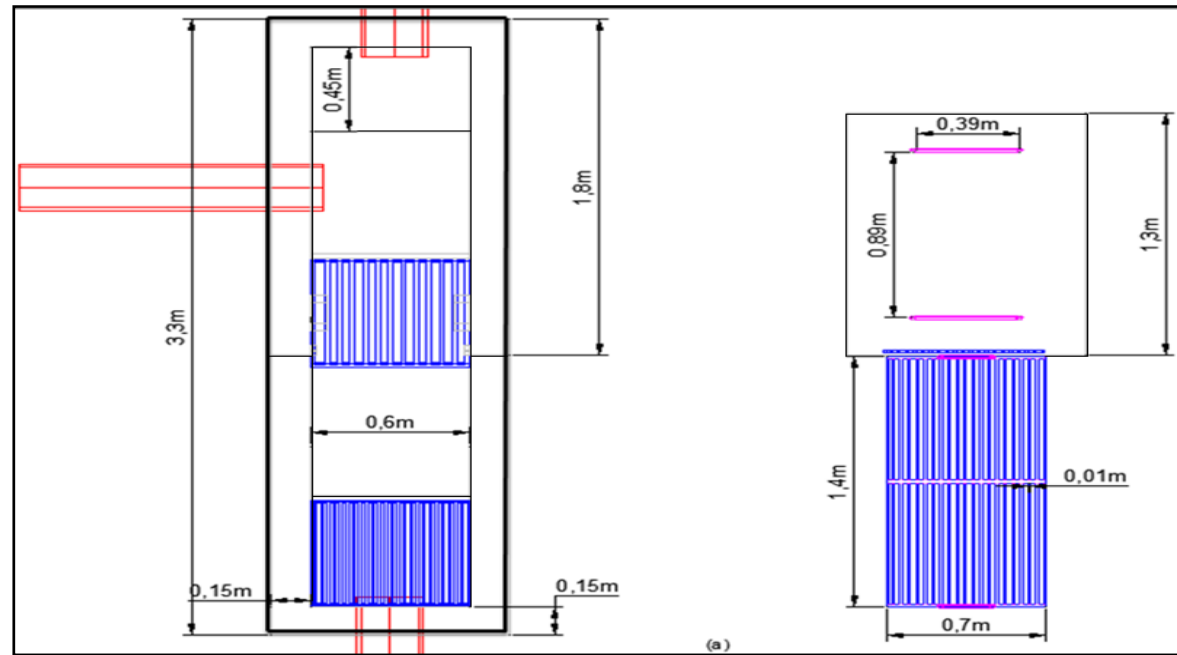
(a)



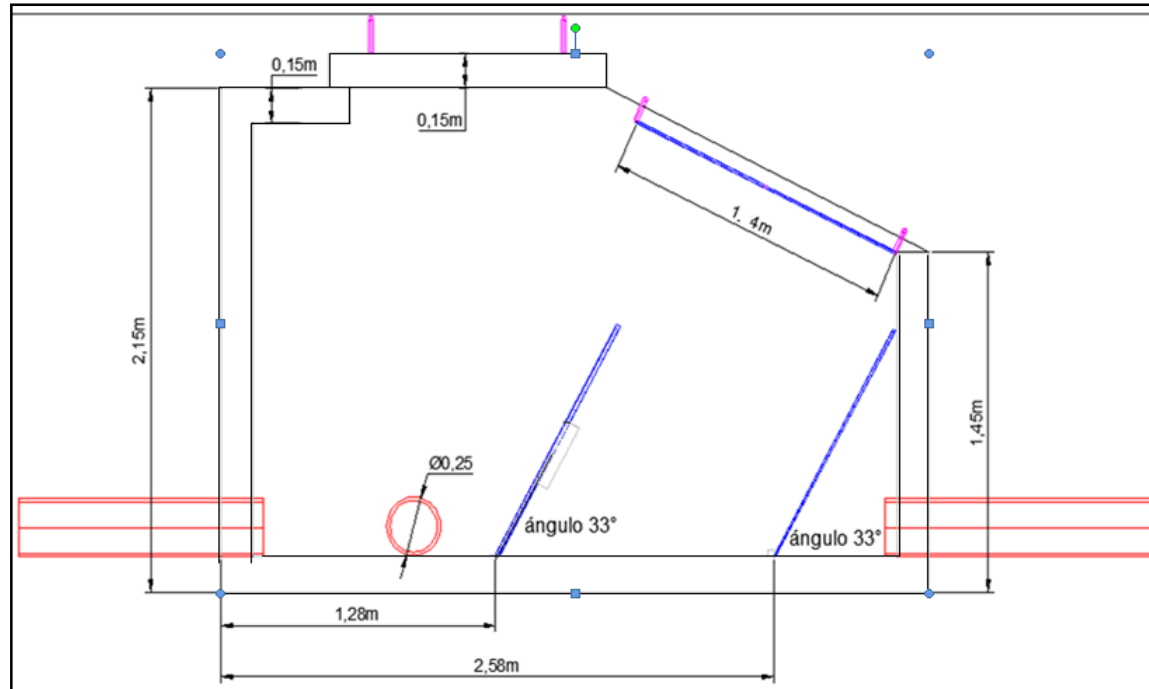
(b)

ANEXO 9

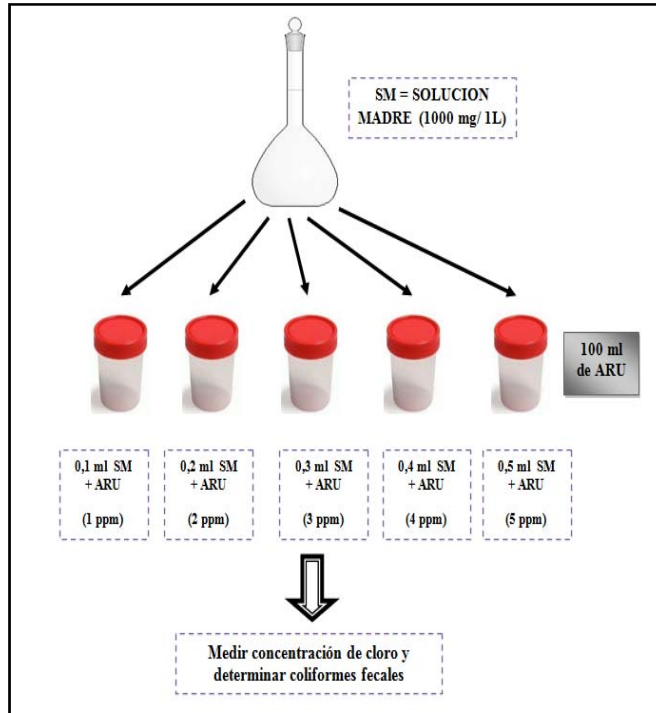


ANEXO 10



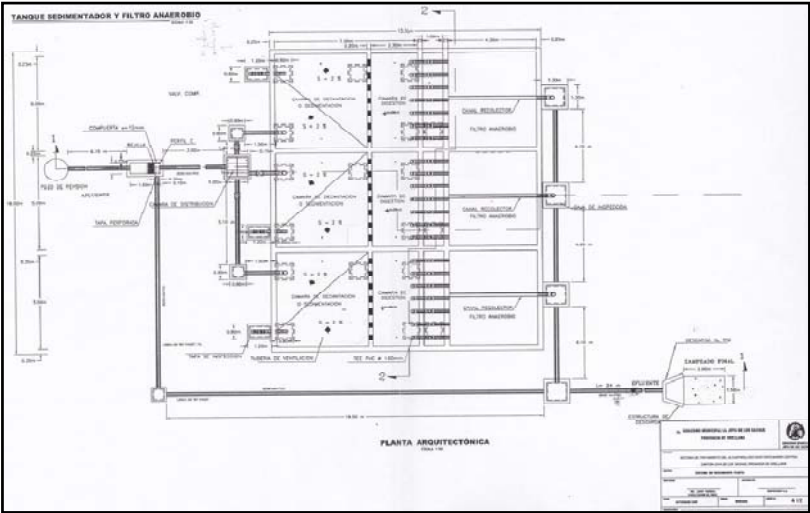
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></div> </div>		

ANEXO 11



	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="width: 15px; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 15px;"></td></tr> <tr><td style="width: 15px; height: 15px;"></td></tr> </table>					
			<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>			
			<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> </table>			

ANEXO 12



ANEXO 13

HOJA TÉCNICA PARA EL SISTEMA DE DESINFECCIÓN EN LA PTAR

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
1.	Para el manejo del cloro, se llena el tanque de preparación con agua limpia (del acueducto) completamente, adicionando la cantidad de cloro definida, agitando bien para que el cloro se disuelva en el agua. El tanque fue calculado para una duración de 48 horas, por lo cual se debe revisar diariamente, en el caso que este en el nivel mínimo.
2.	El sistema de dosificación (bomba dosificadora) debe permanecer encendido siempre, solo debe apagarse cuando se va a realizar el lavado del tanque de preparación. La bomba dosificadora lleva un control de nivel que impide que esta trabaje cuando no hay mezcla de cloro en el tanque de preparación, evitando así que funcione en seco y se quemé el equipo.
3.	El tanque de mezcla y agitación de la solución clorada con el agua residual tratada tiene tabiques divisorios que permiten la mezcla, dando el tiempo de retención requerido para una desinfección del 95% del agua residual.
4.	De acuerdo al tipo de cloro utilizado, si es cloro granular se genera un material precipitado que no es soluble en el agua, el cual debe retirarse del tanque mediante lavados del mismo una vez por mes; el procedimiento de lavado es vaciar el tanque, remover el sedimento del fondo y volver a llenar.
5.	El tanque de retención puede llegar a acumular lodos (materia orgánica oxidada, que precipita), los cuales deben ser extraídos con una frecuencia semestral, mediante la extracción mecánica de los mismos, para disposición en los lechos de secado o punto definido para este fin.
6.	La bomba dosificadora, el suiche control de nivel, el agitador y las conexiones eléctricas deben ser revisadas trimestralmente al ser susceptibles a la oxidación al estar en un ambiente corrosivo (vapores de cloro).

NOTA: La dosis de cloro debe definirse en campo, mediante ensayos que muestren altos niveles de desinfección, sin dejar dosis de cloro residual que llegue a la fuente donde se descarga.

<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de material del equipo
<p>Todos los componentes del sistema son en PRFV o PVC al ser materiales resistentes al contacto con el cloro y las aguas residuales, siendo un material que no sufre oxidación al estar en contacto con el cloro, los ácidos generados por el agua residual, ni con la luz solar que generen cristalización del material. Se analizaron diferentes tipos de sistemas de desinfección como son el ozono y la luz ultravioleta, los cuales fueron descartados por la calidad de agua requerida para una eficiente difusión (luz ultravioleta) y la cantidad de sólidos disueltos (ozono), igualmente los costos de estos equipos (instalación y operación) son mayores a los del cloro, siendo equipos que requieren personal especializado para las reparaciones de los equipos de generación de ozono o ultravioleta.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base de parámetros para su instalación
<p>Los parámetros base del sistema son la caracterización del vertimiento a la salida del sistema de tratamiento, caudal máximo de salida: asegurando que se dé un tiempo de retención de 30 minutos en el tanque de mezcla y agitación; número más probable de coliformes fecales para la definición del tipo de desinfectante (cloro), el tiempo de contacto mínimo (30 minutos) y la cantidad de cloro requerido, ajustándola con los criterios de no dejar residual para la descarga final a la fuente (puede afectar la fauna del río)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de repuestos
<p>En el caso que se requieran los repuestos son fáciles de conseguir, son básicos y disponibles en SPARTAN.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil.
<p>Los tanques de PRFV pueden durar más de 100 años, las tuberías de PVC también pueden durar hasta 100 años, la bomba dosificadora tiene una vida útil de hasta 10 años (haciendo mantenimiento eficiente) y los demás componentes electromecánicos pueden durar los mismos 10 años con cuidado.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación
<p>Para un operario en el caso que se requiera (por cortes de energía eléctrica etc.) En la instalación está contemplada la capacitación del operario para el manejo del sistema de desinfección.</p>

ANEXO 15

PLAN DE MANTENIMIENTO DE REJILLAS

<p>La limpieza de rejillas no requiere de personal especializado pero debe protegerse para así evitar posibles enfermedades, se recomienda el uso de guantes de látex y una mascarilla esta operación se efectúa manualmente.</p> <p>Como existen dos rejillas. La limpieza se debe dar alternándolos. Primero la rejilla grande y luego la rejilla pequeña, para así evitar el paso de residuos sólidos, también se puede disponer de dos rejillas con las mismas dimensiones para así sacar las rejillas sucias y colocar las limpias. (hasta dar la limpieza adecuada con una escobilla)</p> <p>Se debe usar un rastrillo, recogedores metálicos y escobillas para sacar la basura y depositar en los basureros. Además se debe disponer de dos recolectores de sólidos uno para residuos orgánicos y otro para inorgánicos. Donde posteriormente serán depositados para compostaje y relleno sanitario municipal respectivamente.</p>	<p><i>Limpieza cada semana o cada que se dé monitoreo a la planta y haya exceso de sólidos.</i></p>
---	--

ANEXO 16



	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		

ANEXO 17

DESINFECCIÓN



(a)



(b)

NOTAS

- a) Determinación de coliformes fecales
- b) Dosificación cloro

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

Por certificar	Por eliminar
Por aprobar	Para información
Aprobado	Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE ING. QUÍMICA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
RESIDUAL N° 01 DEL CANTÓN JOYA
DE LOS SACHAS

REALIZADO POR: Tannia Vargas


Lámina
17

Escala

Fecha
2012/01/26
117

ANEXO 18

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE ARU (ENTRADA PTAR)

 <p>LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas</p>	<p>VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593) 6- 2881105</p> <p>INFORME DE ENSAYO N°: 49 029</p>	 <p>oae Organismo de Acreditación Ecuatoriana</p> <p>ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003</p>
SPS: 11 - 2 671	Análisis de agua	

Coca, 21 de junio de 2011

DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO MUNICIPIO SACHA.

Atm. Ing. Danny Vargas.
Dirección: Sacha.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Tania Vargas.
Fecha hora de toma de muestra 2 011 05 28 08:00.
Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 011 05 28 11:10.
Fecha del análisis 2 011 05 28 a 2 011 06 21.
Condiciones Ambientales de Análisis .. T. Max. 28,0°C T. Min. 20,5°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
a 48 315 Muestra de Agua residual, Planta tratamiento entrada, Barrio Central.

2.- Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
5	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-08	SM 5220 B 4a; 5220 B 4b	± 8%
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 48 315
Potencial hidrógeno	~	7,41
Sólidos totales	mg/L	383,18
^s Sólidos totales suspendidos	mg/L	104
^s Sólidos sedimentables	mg/L	0,5
Demanda química de oxígeno	mg/L	128,97
^s Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	76,38

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Dr. Fabián Arias Arias,
DIRECTOR TÉCNICO




Dr. Juan Carlos Alvear,
RESPONSABLE CALIDAD



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 1 de 1

ANEXO 19

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE ARU (ENTRADA PTAR)

 Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593) 6- 2881105	 Organismo de Acreditación Ecuatoriano ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 49 031	

Coca, 21 de junio de 2011

DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO MUNICIPIO SACHA.

Atn. Ing. Danny Vargas.
Dirección: Sacha.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Tania Vargas.
Fecha hora de toma de muestra 2 011 05 29 08:15.
Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 011 05 29 11:30.
Fecha del análisis 2 011 05 29 a 2 011 06 21.
Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 28,0°C T. Min. 20,5°C
Código de LabSu Identificación de la muestra.
a 48 344..... Muestra de Agua residual, Planta tratamiento entrada, Barrio Central.

2.- Parámetros y métodos/ referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
5	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-08	SM 5220 B 4a; 5220 B 4b	± 6%
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 48 344
Potencial hidrógeno	~	7,40
Sólidos totales	mg/L	507,76
*Sólidos totales suspendidos	mg/L	64
*Sólidos sedimentables	mg/L	0,5
Demanda química de oxígeno	mg/L	224,21
*Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	70,60

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Dr. Fabián Arias Arias.
DIRECTOR TECNICO




Dr. Juan Yero Alvear.
RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.

Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.



Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE

MC2201-03

Página 1 de 1

ANEXO 20

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE ARU (SALIDA PTAR)

 LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villarquemado S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax:(593) 6- 2881105	 OAE Organismo de Acreditación Ecuatoriana ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 49 036	
SPS: 11 - 2 729	Análisis de agua	

Coca, 21 de junio de 2011

DIRECCION DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO MUNICIPIO SACHA.

Atn. Ing. Danny Vargas.
Dirección: Sacha.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Tania Vargas.
 Fecha hora de toma de muestra 2 011 05 30 07:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 011 05 30 11:35.
 Fecha del análisis 2 011 05 30 a 2 011 06 21.
 Condiciones Ambientales de Análisis... T. Max. 28,0°C T. Min. 20,5°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 48 385 Muestra de Agua residual, Planta tratamiento salida, Barrio Central.

2.- Parámetros y métodos / referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Potencial hidrógeno	~	PEE-LABSU-02	SM 4500-H+ B	± 0,05
2	Sólidos totales	mg/L	PEE-LABSU-49	SM 2540 B	± 10%
3	Sólidos totales suspendidos	mg/L	PEE-LABSU-56	SM 2540 D	~
4	Sólidos sedimentables	mg/L	PEE-LABSU-58	SM 2540 F	~
5	Demanda química de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-08	SM 5220 B 4a; 5220 B 4b	± 8%
6	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	PEE-LABSU-09	SM 5210 B	~
7	Coliformes fecales	Col/100 mL	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 48 385
Potencial hidrógeno	~	7,14
Sólidos totales	mg/L	327,17
^s Sólidos totales suspendidos	mg/L	12
^s Sólidos sedimentables	mg/L	0,1
^d Demanda química de oxígeno	mg/L	87,89
^d Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	41,26
Coliformes fecales	Col/100 mL	46 000

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
 Dr. Fabián Arias Arias.
 DIRECTOR TÉCNICO




 Dr. Juan Mario Alvear.
 RESPONSABLE CALIDAD



Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE.

MC2201-03

Página 1 de 1

ANEXO 21

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL RÍO QUINCHAYACU

 LABSU Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas	VICARIATO APOSTOLICO DE AGUARICO Fray P. de Villanquemade S/N y Av. Labaka E-mail: labsu@andinanet.net Coca, Provincia de Orellana - Ecuador Telefax: (593) 6- 2881105	 OAE Organismo de Acreditación Ecuadoriano ENSAYOS No OAE LE 2C 07-003
	INFORME DE ENSAYO N°: 49 053	
SPS: 11 - 3 765	Análisis de agua	

Coca, 20 de julio de 2011

**DIRECCION DE AGUA POTABLE Y
ALCANTARILLADO MUNICIPIO SACHA.**

Atn. Ing. Danny Vargas.
Dirección: Sacha.

1.- Datos generales:

Recogidas por Srta. Tania Vargas.
 Fecha hora de toma de muestra 2 011 07 18 10:00.
 Fecha hora ingreso al Laboratorio 2 011 07 18 11:00.
 Fecha del análisis 2 011 07 18 a 2 011 07 20.
 Condiciones Ambientales de Análisis.. T. Máx: 26,5°C. T. Mín: 20,0°C
 Código de LabSu Identificación de la muestra.
 a 49 648 Muestra de Agua de Río Quinchayacu

2.- Parámetros y métodos / Referencias:

Ítem	Parámetros	Unidad	PEE-LABSU	Métodos / Norma Referencia	Incertidumbre (K = 2)
1	Coliformes Fecales	Col/100 mL.	PEE-LABSU-43	SM 9222 D	± 5%

3.- Resultados:

Parámetros	Unidad	a 49 648
Coliformes fecales	Col/100 mL.	12 000

4.- Responsables del Informe:

Autorización: 
Dr. Luis Fernando Soto,
 DIRECTOR TÉCNICO




Ing. Armando Moléndez,
 RESPONSABLE CALIDAD

Notas: El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo.
 Prohibida la reproducción total o parcial; por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio.
 MC2201-03

Página 1 de 1