



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingeniería Ambiental

Escuela De Ingeniería Ambiental

TEMA:

“PLAN DE MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL BARRIO LAS AMERICAS, PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA PARA AGUA DE CONSUMO HUMANO”

AUTOR:

Albán Urrutia Glenda Gisela

TUTOR:

Ing. Leo Rodríguez

Puyo, Septiembre del 2012

PASTAZA-ECUADOR

PRESENTACIÓN DEL TEMA:

PLAN DE MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE
DEL BARRIO LAS AMERICAS, PARA CUMPLIR CON LA NORMATIVA PARA
AGUA DE CONSUMO HUMANO”

TRIBUNAL DE TESIS:

ING. EDISON SAMANIEGO GUZMAN
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. DERWIN BIAFARA BANGUERA
MIEMBRO TRIBUNAL

ING. MARCO MASABANDA CAISAGUANO
MIEMBRO TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Mi atento y respetuoso agradecimiento:

A la Universidad Estatal Amazónica y a los docentes que me impartieron en las aulas todos sus conocimientos y mostraron también sus valores permitiendo una formación integral.

A la junta de Agua Potable del barrio las Américas en especial al Señor presidente Pastor Ledesma quien abrió las puertas para realizar esta investigación en la Entidad que acertadamente dirige.

De manera muy especial quiero agradecer a mi tutor de tesis al Ing. Leonardo Rodríguez que con su paciencia, dedicación y arduo conocimiento ha sabido guiarme en la elaboración de este proyecto de investigación y así cumplir con uno de mis sueños más anhelados.

Además agradezco al Ing. Marco Masabanda, Ing. Billy Coronel, Ing. Ricardo Abril que contribuyeron al desarrollo de la presente tesis.

Gisela Albán

DEDICATORIA

Esta tesis dedico con todo mi amor a mi Dios quien me dio la vida y sobre todo ha sido mi fortaleza, mi guía, la fuente de sabiduría y conocimiento, que sin El nada sería posible porque siempre ha estado a mi lado es los momentos más alegres y difíciles de mi vida, su compañía es única y su Amor inigualable, Señor, Te Amo.

A mi padre y mi madre que hicieron todo lo posible para que pueda superarme les agradezco con todo mi corazón porque nunca perdieron la confianza en mí los Amo tanto, tanto, aun siendo la última de sus hijas siempre me han brindado todo el apoyo que necesitaba en los momentos más difíciles de mi vida. A ti madre que mas que madre has sido mi amiga, mi ejemplo de mujer que sacaste fuerzas para que yo pueda superarme, aquí está el fruto de tu esfuerzo y entrega, madre preciosa gracias por creer en mi, TE AMO.

A mi hermano Edgar que aunque no está a mi lado en estos momentos siempre me ha apoyado desde la distancia, gracias por confiar en mí Hermanito, TE AMO.

A mis hermanas Patricia, Janeth, Cristina, Sonia y Geovanny por sus consejos, apoyo a nunca rendirme, por su fortaleza y por su amor que me han demostrado son los mejores hermanos que Dios me ha bendecido, ustedes y mis padres son mi fuerza a seguir adelante.

A una de las más grandes personas que Dios ha puesto en mi camino para que con sus palabras de aliento me motivaran a no renunciar a mis sueños, a mi amiga y hermana Ricarda Landázuri gracias por creer siempre en mi te quiero amiga. Eres única siempre has estado a mi lado compartiendo los momentos más alegres y felices en todo este periodo.

Y por último a mis dos Marujitas Dalila y Doris que son un regalo de Dios las quiero con todo mi corazón amigas, gracias por llegar a mi vida y compartir momentos agradables y tristes, gracias por sus consejos, ánimo, amistad y sobre todo por su confianza que me han sabido brindar nunca las olvidaré.

Gisela Albán

RESPONSABILIDAD

Yo, Glenda Gisela Albán Urrutia con cédula de identidad N° 160048951-0 soy responsable de la presente tesis de grado, manifiesto que el tema es inédito y de mi propia autoría, la revisión bibliográfica se encuentran con su respectiva cita y asiento bibliográfico, la información complementaria se encuentra incluida en anexos.

Es todo lo que puedo decir en honor a la verdad.

Glenda Gisela Albán Urrutia
EGRESADA DE ING. AMBIENTAL

INDICE DE TABLAS

Tabla 1,	Enfermedades transmitidas por el agua.	28
Tabla 2,	Grado de tratamiento.....	35
Tabla 3,	Requisitos para agua potable.....	38
Tabla 4,	Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional	39
Tabla 5,	Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección	39
Tabla 6,	Coordenadas geográficas de la zona de estudio	42
Tabla 7,	Resultados del tiempo descarga y caudal	48
Tabla 8,	Resultados de los análisis realizados de la turbiedad a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.....	49
Tabla 9,	Resultados de los análisis realizados de los Sólidos Totales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua	50
Tabla 10,	Resultados de los análisis realizados de los Demanda Bioquímica de Oxígeno a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.	52
Tabla 11,	Resultados de los análisis realizados de los Coliformes Totales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua	53
Tabla 12,	Resultados de los análisis realizados de los Coliformes Fecales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.....	54
Tabla 13,	Diámetro de la grava.....	61
Tabla 14,	Matriz de indicadores, medios de verificación y responsables del Plan de Manejo.	64
Tabla 15,	Ingresos y egresos semestral	65
Tabla 16,	Costos de implementación del Plan de Manejo.....	65
Tabla 17,	Cronograma de actividades para la ejecución del diseño propuesto	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1,	Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y TULAS	49
Gráfico 2,	Gráfico comparativo de los Sólidos Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).....	51
Gráfico 3,	Gráfico comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la Texto Unificado de Legislación Ambiental (2012)	52

Gráfico 4, Gráfico comparativo de los Coliformes Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).	54
Gráfico 5, Gráfico comparativo de los Coliformes Fecales con respecto a la norma INEN (2012).....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1, Ubicación de la planta de tratamiento.....	41
Figura 2, Diagrama de la metodología de investigación	47
Figura 3, Fisura del tanque sedimentador.....	57
Figura 4, Sedimentador convencional de flujo horizontal	60
Figura 5, Filtro lento de flujo descendente	61

INDICE GENERAL

PRESENTACIÓN DEL TEMA:	2
AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA	4
RESPONSABILIDAD	5
INDICE DE TABLAS	6
INDICE GENERAL	7
1. INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS.....	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Hipótesis General	11
Hipótesis Específicas.....	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. El Agua.....	12
2.2. Características del agua.....	12
2.2.1. Características físicas	13
2.2.2. Características químicas	17
2.2.3. Características bacteriológicas	19

2.3.	Clasificación de las aguas	21
2.3.1.	Según las propiedades para el consumo.....	21
2.3.2.	Según su procedimiento.....	22
2.4.	Calidad de agua.....	23
2.5.	Contaminación del agua	24
2.5.1.	Contaminación bacteriológica y viral.....	24
2.5.2.	Eutrofización	25
2.6.	Enfermedades transmitidas por el agua.....	27
2.7.	Selección del tipo de tratamiento del agua	29
2.8.	Procesos para el tratamiento del agua.....	29
2.8.1.	Aireación	29
2.8.2.	Sedimentación	31
2.8.3.	Floración	31
2.8.4.	Ablandamiento.....	32
2.8.5.	Coagulación.....	32
2.8.6.	Floculación.....	33
2.8.7.	Filtración	33
2.8.8.	Desinfección	34
2.9.	Plantas de agua potable	34
2.10.	Redes de Distribución	35
2.10.1.	Tipos de redes.....	36
2.11.	Marco legal referente a la calidad de agua	37
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1.	Localización y duración de la investigación	41
3.2.	Condiciones meteorológicas	42
3.3.	Materiales y equipos	42
3.4.	Factores de Estudio	43
3.5.	Diseño de Muestreo y Análisis estadístico.....	44
3.6.	Parámetros a caracterizar	44
3.7.	Manejo del estudio.....	45
3.8.	Formulación de la propuesta (plan de manejo).....	46
3.9.	Análisis Económico.....	46
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1.	Calculo del caudal.....	48
4.2.	Diagnóstico microbiológico y físico-químico del agua	48
4.2.1.	Turbiedad.....	48

4.2.2.	Sólidos Totales	50
4.2.3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	51
4.2.4.	Coliformes Totales.....	53
4.2.5.	Coliformes Fecales.....	54
4.3.	Diagnóstico de operación de la planta de tratamiento de agua potable.	56
4.3.1.	Proceso de cloración inadecuado	56
4.3.2.	Falta de mantenimiento de la planta de tratamiento.	57
4.3.3.	Ausencia de condiciones de seguridad.	58
4.3.4.	Ineficiencia en procesos de tratamiento	58
5.	PLAN DE MANEJO PROPUESTO	59
5.1.	Actividades.....	59
5.1.1.	Redimensionamiento de la etapa de sedimentación	59
5.1.2.	Diseño de filtros lentos de flujo descendentes	60
5.2.	Cloración del agua tratada en la planta al final del tratamiento.....	62
5.3.	Aplicación de condiciones de seguridad en las instalaciones del sistema de tratamiento.	62
5.4.	Programa de vigilancia, control de la calidad del proceso y capacitación	63
5.5.	Indicadores, medios de verificación y responsables.....	64
5.6.	Análisis económico y Presupuesto.....	65
5.7.	Cronograma para la implementación del diseño de la planta	67
6.	CONCLUSIONES	68
7.	RECOMENDACIONES	69
8.	RESUMEN	70
9.	SUMMARY	71
	BIBLIOGRAFÍA	72
	ANEXO	76

1. INTRODUCCIÓN

Como agua potable se puede determinar un agua tratada libre de contaminantes que sea apta para consumo humano, para esto el tratamiento y desinfección es esencial para evitar el contagio por microorganismos, ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo, entre otras.

Existen diferentes tipos de tratamientos que necesita el agua, depende en gran medida de la composición y calidad. Su tratamiento se basa fundamentalmente en dos procesos: eliminación física de partículas sólidas, principalmente minerales, materia orgánica y desinfección química para eliminar los microorganismos existentes.

Pero incluso cuando se produce el tratamiento del agua, se tiene que controlar la calidad del agua tratada en los diferentes procesos del sistema, para evitar la transmisión de enfermedades como: el cólera, la esquistosomiasis, diarreas disentería, tifoidea y Hepatitis A, entre otras siendo las principales víctimas los niños. Para realizar el control y determinar la calidad del agua que está consumiendo la población se debe realizar análisis físico-químico, microbiológico y bacteriológico.

Es por esto que se plantea esta investigación para realizar un estudio del funcionamiento de la Planta del barrio las Américas y poder determinar en qué condiciones se encuentra el agua que está consumiendo la población del barrio, a fin de proponer medidas que contribuyan a mantener una calidad de agua que se encuentre dentro de los parámetros establecidos por la normativa Ecuatoriana de agua para consumo humano, evitando de esta manera se presenten enfermedades por el consumo de agua contaminada.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar un estudio del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua del Barrio las Américas, a fin de proponer medidas que contribuyan a mantener una calidad de agua apta para consumo humano.

Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del funcionamiento de los diferentes componentes del sistema de la planta de agua potable
- Realizar una caracterización microbiológica y físico-química del agua potable.
- Proponer un plan de manejo que mejore la eficiencia del sistema de la planta de agua potable.

Hipótesis General

- La planta de tratamiento del barrio las Américas cumple con las condiciones requeridas para la obtención de agua apta para consumo humano.

Hipótesis Específicas

- Los diferentes componentes del sistema de la planta de agua potable tienen un óptimo funcionamiento que garantice la calidad de agua para consumo humano.
- Los parámetros microbiológicos y físico-químicos del agua obtenida en la planta de tratamiento superaran los límites establecidos por las normas vigentes.
- Existe un plan de manejo que asegure una eficiencia óptima en la remoción de contaminantes en el sistema de la planta de agua potable.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Agua

El agua es una sustancia incolora, inodora, e insípida, fundamental para la vida y presente en la mayoría de los componentes que integran la Tierra. Este compuesto, según su fórmula, está constituido por dos átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (H₂O). Puede hallarse en diferentes estados: líquido, es el agua de lluvia, que se encuentra en los ríos, mares, lagos, etc.; solido, es decir, en forma de hielo; y gaseoso vapor de agua.

Según Jácome, (2010) y la Comisión Nacional de agua de México, es el líquido más abundante de la corteza terrestre, el 97% del volumen de agua que existe en nuestro planeta es agua salada y está contenida en los océanos y mares; mientras que apenas el 3% es agua dulce o de baja salinidad.

Del volumen total del agua, estimado en unos 38 millones de kilómetros cúbicos poco más del 75% está concentrado en los casquetes polares, nieves y glaciares; el 21 % está almacenado en el subsuelo, y el 4% restante corresponde a los cuerpos y cursos de agua superficial (lagos, ríos).

El agua es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano. El ser humano no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. El cuerpo humano tiene un 75 % de agua al nacer y cerca del 60 % en la edad adulta. Aproximadamente el 60 % de este agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular). El resto (agua extracelular) es la que circula en la sangre y baña los tejidos.

Según SENAGUA, señala que el agua es indispensable para la alimentación de los ecuatorianos, tanto en riego para los cultivos como para dar de beber a los animales domésticos. Por lo tanto, el agua nos permite asegurar nuestra soberanía alimentaria.

2.2. Características del agua

Los parámetros del agua son características físicas, químicas, biológicas y radiológicas que permiten detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua, la razón principal de este problema es su estructura molecular que es dipolar, con una constante dieléctrica muy alta superior a cualquier otro líquido. Algunos de estos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua o discreta, PNUMA, 2006.

El agua contiene diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Desde el momento que se condensa en forma de lluvia, el agua disuelve los componentes químicos de sus alrededores, corre sobre la superficie del suelo y se filtra a través del mismo, alterando las características tanto físicas, químicas y biológicas del agua.

2.2.1. Características físicas

Los índices y parámetros que miden las características físicas comprenden, primeramente los aspectos externos que sirven de indicadores del nivel de contaminación que existe en el agua, como son color, olor, sabor, nivel de turbiedad, entre otras. El agua destinada para consumo humano no debe presentar ni color, ni olor, ni materias en suspensión que produzca turbiedad o aspecto desagradable.

2.2.1.1. Color

Según Jorge Orellana, (2055), establece que el color del agua se debe a la presencia de minerales como hierro y manganeso, materia orgánica y residuos coloridos de las industrias. Las pruebas se llevan a cabo por comparación con un conjunto estándar de concentraciones de una sustancia química que produce un color similar al que presenta el agua. Se expresa como color real y la unidad de medida es unidades de color.

Según la OMS, establece que el color en el agua puede deberse a la presencia de materia orgánica, por ejemplo sustancias húmedas, metales como el hierro y el manganeso, o residuales industriales fuertemente coloreadas. Se recomienda que el agua sea incolora.

Normalmente el color se mide en laboratorio por comparación de un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto, Cl_2Co y Cloroplatinato de potasio, Cl_6PtK_2 y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt, las aguas superficiales pueden alcanzar, varios centenares de ppm de Pt. La eliminación suele hacerse por coagulación- floculación con posterior filtración (disminuyendo a menos de 5 ppm) o la absorción con carbón activado.

El Texto Unificado de legislación Ambiental, establece el límite Máximo Permisible de 20 unidades de color verdadero (UCV), para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

2.2.1.2. Turbiedad

Según Martínez, P (2006) define como la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos. Además la turbiedad es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión que puede contener agentes patógenos adheridos a las partículas en suspensión.

La APHA (1995) define como turbidez a la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.

La OMS, establece que los niveles elevados de turbiedad pueden proteger a los microorganismos contra los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de las bacterias y ejercer una demanda significativa de cloro. Por lo tanto, en todos los procesos en los que se utilice la desinfección, la turbiedad siempre debe ser baja.

La turbidez se mide en NTU o UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

2.2.1.3. Olor y sabor

Los sabores y olores se deben a la presencia de sustancias químicas volátiles y a la materia orgánica en descomposición. Las mediciones de los mismos se hacen con base en la dilución necesaria para reducirlos a un nivel apenas detectable por observación humana.

La OMS, indica que el sabor del agua se debe principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener un origen en la contaminación industrial. Las alteraciones del sabor normal del agua de un establecimiento público pueden constituir un indicio de cambios en la calidad de fuente de agua natural o de deficiencias en el proceso de tratamiento.

Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registros, ni unidades de medida. Tienen un interés evidente en las aguas potables destinadas al consumo humano, PNUMA, 2006.

2.2.1.4. Temperatura

Según Burrenechea, A 2008 determina a la temperatura como uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

La temperatura se mide en grados centígrados (°C) y la Norma Ecuatoriana (TULAS) estable el Límite Máximo Permissible de Condición natural + 0-3 grados.

2.2.1.5. Sólidos totales disueltos

Los sólidos disueltos son una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen puede ser múltiple tanto en las aguas subterráneas como en la superficial. Pueden ser los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales, afectando negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

Según la norma INEN, (2010) define a los sólidos totales disueltos como la fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos. La unidad

de medida es miligramos por litro (mg/L) y la norma INEN establece los límites máximos permisibles de 1000 mg/l.

Los sólidos totales disueltos son Indicadores de la calidad de sales y sólidos disueltos en una muestra de agua y que existe una relación directa entre los sólidos disueltos totales y la conductividad, ya que ambos miden los compuestos iónicos disueltos.

Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria La Norma de calidad ambiental para agua de consumo humano establece los límites máximos permisibles de 500 mg/l.

2.2.1.6. Sólidos en suspensión

Según Martínez, P (2006) señala que los sólidos en suspensión se separan por filtración y decantación. Son sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1ppm, las superficiales pueden tener mucho más dependiendo del origen y forma de captación.

Según CEPIS, (1998) define como sólidos constituidos por sólidos sedimentales, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, cuyo tamaño de partícula no pase del filtro estándar de fibra de vidrio.

2.2.1.7. Sólidos totales

Es la suma de sólidos, sólidos disueltos y en suspensión. Es la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. El valor de los sólidos incluye tanto material disuelto (residuo filtrable) y no disuelto (suspendido), Según Martínez, P (2006).

Cuando el agua presenta cantidades grandes de sólidos totales en una muestra de agua, puede concluirse que los procesos de tratamiento del agua estén fallando. Puede ser que los sólidos no se estén descomponiendo de forma adecuada, permitiendo así el paso de sólidos, luego del proceso de tratamiento de la planta de agua.

2.2.2. Características químicas

Pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor

2.2.2.1. PH

El pH es el potencial de hidrógeno, es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH^-), la sustancia es ácida, GESTA AGUA, 2005.

La OMS recomienda que es necesario conocer el pH del agua porque cuanto más alcalina sea mayor será el tiempo de contacto necesario o mayor será la concentración de cloro libre residual al final del tiempo de contacto necesaria para una desinfección adecuada (0,4–0,5 mg/l a pH 6–8, que aumenta a 0,6 mg/l a pH 8–9; la cloración puede ser ineficaz si el pH es superior a 9).

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Según Vargas, L 2008 indica que el Ph no tiene efectos directos sobre la salud, pero sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9.

Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua.

Las guías canadienses han establecido el rango de pH 6,5 a 8,5 para el agua potable.

2.2.2.2. Dureza

Según Rodríguez R, 2010 define a la dureza como la concentración de todos los cationes metálicos presentes (iones de calcio, estroncio, bario y magnesio, en forma de carbonatos o bicarbonatos) y se expresa en equivalentes de carbonato de calcio y constituye un parámetro muy significativo en la calidad de agua. Esta cantidad de sales afecta la capacidad de formación de espuma de detergentes en el contacto con agua y representa una serie de problemas de incrustación en equipos industrial y doméstico, además de resultar nociva para el consumo humano.

Las normas INEN, definen a la dureza como a cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.

2.2.2.3. Alcalinidad

Según PNUMA, define a la alcalinidad como una medida de la capacidad para neutralizar ácidos. Contribuyen a la alcalinidad los iones bicarbonato, CO_3H^- , carbonato, $\text{CO}_3=$ y oxhidrilo, OH^- , pero también los fosfatos y ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir CO_2 en el vapor, que es una fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden provocar espumas, o provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas.

Se mide por titulación con una solución valorada de un álcalino un ácido según sea el caso y estos dependen de la concentración de los iones hidroxilos (OH^-), carbonato ($\text{CO}_3=$) y bicarbonato (CO_3H^-).

Cuando la alcalinidad es menor de 10 ppm es recomendada para el uso doméstico. Se corrige por descarbonatación con cal; tratamiento con ácido o desmineralización por intercambio iónico.

2.2.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Según Medrano, W (2001) manifiesta que la Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua y se utiliza para determinar los requisitos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas. Se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta.

La unidad de medida es de miligramos por litro (mg/L) y los límites máximos permisibles que establece la Norma de calidad ambiental para agua de consumo humano (TULAS) es de 2 mg/l.

2.2.3. Características bacteriológicas

Las aguas poseen en su constitución una gran variedad de elementos biológicos desde los microorganismos hasta los peces.

El origen de los microorganismos puede ser natural, es decir constituyen su hábitat natural, pero también provenir de contaminación por vertidos cloacales y/o industriales, como también por arrastre de los existentes en el suelo por acción de la lluvia.

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica. De la misma manera los crustáceos se incrementan y por lo tanto los peces de idéntica manera.

2.2.3.1. Coliformes totales

Según Romero, J (2008) determina que los organismos patógenos que pueden existir en las aguas son, generalmente pocos difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los Coliformes como organismo indicador de contaminación o, en

otras palabras, como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.

Las bacterias Coliformes son bacilos gram-negativos, aerobios y facultativos anaerobios, no formadores de esporas, que fermentan la lactosa con producción de gas.

Según Donaires, F (2000), define que los Coliformes son bacterias de origen entérico que normalmente son capaces de fermentar la lactosa con producción de gas. Sin embargo este comportamiento dista mucho de ser indiscutible. Existen Coliformes que no acumulan gas e incluso no fermentan la lactosa.

Los géneros de enterobacterias incluidos en el grupo de Coliformes a efectos de análisis de aguas son: Salmonella, Vibrio, Citrobacter, Klebsiella y enterobacter.

Para la calidad del agua se miden los Coliformes totales y Fecales con la referencia del Número Más Probable (NMP).

Según Díaz C, García D, y Solís C, (2003), establecen que en aguas tratadas, los Coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución.

2.2.3.2. Coliformes fecales

Según SEMARNAT, (2010) define que los Coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichiacoli* y se transmiten por medio de los excrementos. La *Escherichia* es una bacteria que se encuentra normalmente en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden incluso ocasionar la muerte.

Formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias (que por tener forma similar se denominan genéricamente Coliformes fecales) se transmiten, entre otras vías, a través de las excretas y comúnmente por la ingestión o el contacto con agua contaminada.

Los Coliformes fecales son un subgrupo de los Coliformes totales, capaz de fermentar la lactosa a 44.5°C. Aproximadamente el 95% del grupo de los Coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichiacoli* y ciertas especies de *Klebsiella*. Ya que los Coliformes fecales se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. Otro de los aspectos negativos del uso de los Coliformes totales como indicador es el hecho de que algunos Coliformes son capaces de multiplicarse en el agua (Madigan, M 1997).

Según Díaz C, (2003), indica que la capacidad de reproducción de los Coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros son autóctonos de aguas con residuos vegetales, como hojas en descomposición. También pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable. Por estas razones y por la existencia de bacterias que responden a la definición de Coliformes que no son de origen fecal y que incluso pueden ser lactosa-negativas (apareciendo como positivas si se aplica la prueba de B-galactosidasa), el grupo de los Coliformes totales tiene actualmente poca utilidad como indicador de contaminación fecal.

2.3. Clasificación de las aguas

Las aguas la podemos clasificar según las propiedades para el consumo y según su procedimiento.

2.3.1. Según las propiedades para el consumo.

2.3.1.1. Agua potable

Según las normas INEN, definen al agua potable como el agua apta para consumo doméstico, agradable a los sentidos, libre de microorganismos patógenos y de elementos y sustancias tóxicas en concentraciones que puedan ocasionar daños fisiológicos a los consumidores.

EL Texto Unificado de Legislación Ambiental (tulas), la determina como al agua que ha sido tratada con el objetivo de hacerla apta para el consumo humano, teniendo en cuenta todos sus usos domésticos.

2.3.1.2. Agua no potable

Tomando en consideración el concepto que establece la Norma INEN para agua potable, se puede definir aquella que no es apta para consumo doméstico, ni agradable a los sentidos, con presencia de microorganismos patógenos y de elementos y sustancias tóxicas en concentraciones que ocasionan daños fisiológicos a los consumidores, encontrándose por encima de los límites máximos permisibles que establecen las normas.

2.3.2. Según su procedimiento

2.3.2.1. Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

2.3.2.2. Aguas Manantiales

Los manantiales nacientes son fuentes naturales de agua que brotan de la tierra o entre las rocas. Puede ser permanente o temporal. Se origina en la filtración de agua, de lluvia o de nieve, que penetra en un área y emerge en otra de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable.

2.3.2.3. Agua Superficial

El agua superficial es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Estas masas de agua sobre la superficie de la tierra, forman

ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas.

Las aguas superficiales pueden estar fluyendo constantemente como los ríos o estar en reposo como los lagos y lagunas. El escurrimiento se da sobre la tierra debido a la gravedad y a la inclinación del terreno. Así cuando el agua cae del cielo (o se precipita, por ejemplo en forma de lluvia) la que no se infiltra, escurre en la dirección de la pendiente (hacia abajo) hasta que llega a los ríos y lagos.

2.3.2.4. Agua Subterránea

Según el TULAS, define como agua subterránea a toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica). Estas presentan normalmente, pero, en la mayoría de los casos, un grado de contaminación menor que las superficiales pero deben tener un tratamiento previo antes de ser apta para el consumo humano. Agua Atmosférica

Es el agua que se encuentra en la atmósfera debido a la acción de los rayos solares que la evaporan de los océanos, lagos, ríos, lagos y suelo y que comúnmente es denominada humedad atmosférica. Puede encontrarse condensada, como es el caso de la neblina y las nubes, o en forma de precipitaciones, como la garúa, la lluvia, el granizo, etc

2.4. Calidad de agua

Según SENA, (2008) define la calidad de agua como el conjunto de características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas propias del agua y son fijados por las normas nacionales e internacionales.

Estas aguas se ven afectadas por sustancias disueltas o suspendidas en ella, contiene ciertas sustancias químicas que pueden ser perjudicial para ciertos usos industriales o idóneos para otros, también es reservorio de microorganismos patógenos causantes de enfermedades y en tal situación no es apta para el consumo humano, por lo que es necesario tratarla para que sea adecuada para su uso.

Según Orellana, J (2005), el agua debe evaluarse en su calidad ensayando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Es necesario que los ensayos que evalúan dichos parámetros de calidad, deben tener aceptación universal a fin de que sean posibles las comparaciones con los estándares de calidad, además los componentes a controlarse para la evaluación de la contaminación del agua deben ser los que pueden tener repercusiones directas en la salud pública

Es importante conocer los requisitos de calidad de agua dependiendo de los usos que se den a la misma, a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos de ser necesario. Esta calidad se ajusta según los estándares físicos, químicos, y biológicos que fija el usuario

2.5. Contaminación del agua

La contaminación del agua es la alteración de las propiedades físico- químicas y biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre deteriorando su bienestar o su medio ambiente.

2.5.1. Contaminación bacteriológica y viral

La contaminación bacteriológica y viral son las más importantes que presentan en las aguas potables y las más significativas en cuanto a número de epidemias causadas. La mayor parte de la contaminación bacteriana causante de infecciones, está asociada a la contaminación fecal del agua.

Las principales fuentes de contaminación son las descargas de excretas o heces fecales de animales o el hombre.

Para eliminar las bacterias o virus presentes en el agua se puede aplicar los siguientes tratamientos:

- **Filtración**, remueve la mayor parte de las bacterias y virus patógenos
- **Cloración del agua tratada**, destruye los patógenos remanentes

2.5.1.1. Control de la calidad bacteriológica y viral

Según la Organización Mundial de la Salud, el agua potable debe estar libre de bacterias indicadores de contaminación fecal, es por esto que es importante que de manera regular se examinen muestras para detectar indicadores de contaminación fecal. El primer indicador bacteriano es el del grupo de organismos Coliformes, aunque no son exclusivamente de origen fecal, ellos están siempre presentes en gran número en las heces del hombre y de animales sangre caliente, por lo que puede ser detectados aun después de considerable dilución.

Para controlar la calidad bacteriológica y viral se debe realizar inspecciones y muestreos del agua, para su respectivo análisis bacteriológico.

2.5.2. Eutrofización

Según Sarmiento, L (2009), define a la eutrofización como el aumento de compuestos químicos (de nitrógeno y de fósforo) que se encuentran naturalmente en todos los cuerpos de agua y en los suelos. Se los llama nutrientes, fertilizantes, estimulan el crecimiento de la vegetación acuática, tanto la microscópica como la visible.

La Eutrofización es el incremento de la carga de nutrientes que recibe un cuerpo de agua, por encima de su capacidad de eliminarlos y causando efectos negativos al aparecer grandes cantidades de materia orgánica cuya descomposición microbiana ocasiona un descenso en los niveles de oxígeno. La eutrofización se produce en muchas masas de agua como resultado de los vertidos agrícolas, urbanos e industriales.

2.5.2.1. Causas

La principal causa antropogénica de procesos de eutrofización es la contaminación química. Las formas más importantes desde este punto de vista son:

- La contaminación agropecuaria, sobre todo la contaminación difusa de los suelos y de los acuíferos con fertilizantes inorgánicos de origen industrial o extractivo; o por excrementos animales, a causa de una producción masiva de ganado, aves, peces, etc.
- Las contaminaciones forestales, por abandono en los ríos de residuos forestales y restos del aprovechamiento maderero, lo que aumenta la materia orgánica disuelta, favoreciendo la proliferación de flora eutrófica como berros y lenteja de agua, que a su vez remansa la corriente y disminuye el espejo del agua.
- La contaminación atmosférica por óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx). Éstos reaccionan con el agua atmosférica para formar ion nitrato (NO₃⁻) e ion sulfato (SO₄²⁻) que una vez que alcanzan el suelo forman sales solubles.
- La contaminación urbana. Los efluentes urbanos, si no hay depuración o ésta es sólo parcial, aportan nutrientes en dos formas: residuos orgánicos, que enriquecen en elementos previamente limitantes el ecosistema; residuos inorgánicos como el fosfato, empleado como emulgente en la fabricación de detergentes, (WIKIPEDIA).

Los aportes de nutrientes (principalmente compuestos de nitrógeno y fósforo) desde fuentes puntuales como: desagües, desechos agroindustriales, acuiculturas, criaderos fuentes no puntuales: lavado de suelos de áreas ganaderas, de agricultura con uso de fertilizantes.

El aumento de del estado trófico de un sistema puede ser el resultado de aportes externos e internos. La carga extrema se genera a partir de materiales arrastrados por la acción de la precipitación y la erosión de la cuenca (Esteves 1988). A ello se suman el vertido de efluentes industriales y domésticos y el uso de fertilizantes en la explotación agrícola, (UNEP-IETC2001).

2.5.2.2. Problemas

Las principales manifestaciones de dicho fenómeno son, adicionalmente, la coloración verde-grisácea del agua, la producción de malos olores y la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto.

La proliferación de vegetación implica diversos efectos negativos, tanto ambientales como económicos; es decir, se incrementa la materia orgánica en descomposición, aumentando la sedimentación y la turbiedad de las aguas; la descomposición de la maleza remueve el oxígeno disuelto del agua haciendo difícil, y a veces hace imposible, la vida acuática y, además, se pierde la calidad para uso recreativo, turístico y doméstico; se provoca asimismo el atascamiento de motores, lo que afecta la navegación de barcos y se incrementan los costos de potabilización, (CICEANA 2006).

2.6. Enfermedades transmitidas por el agua

El número de muertes anuales, directamente relacionadas con el consumo de agua no potable, en el mundo se eleva a tres millones según la OMS, (1996).

Alrededor del 80 por ciento de todas las enfermedades y más de una tercera parte de todas las muertes en los países en desarrollo están relacionadas con el agua. Cada ocho segundos muere un niño por una enfermedad relacionada con el agua. Cada año, más de cinco millones de personas fallecen por dolencias vinculadas a su consumo, la falta de higiene en el hogar o defectos en la canalización. Y la diarrea, originada en un 30 por ciento de los casos por el agua causando una grave deshidratación y malnutrición, mata cada año a casi 3 millones de niños menores de cinco años, lo que representa la cuarta parte de muertes en este grupo de edad.

La OMS calcula que la morbilidad (número de casos) y mortalidad (número de muertes) derivadas de las enfermedades más graves asociadas al agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento garantizando su potabilidad y adecuada canalización. Los patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomeilitis, hepatitis y salmonelosis. Se transmiten al beber agua infectada, comer pescado y marisco contaminado, bañarse, nadar o vadear en aguas contaminadas o por insectos y caracoles acuáticos.

Según la OMS, La esquistomiasis mata cada año a unas 20.000 personas. Se contrae al lavarse o bañarse en ríos, lagos o canales infectados. Un gusano denominado esquistosoma penetra por la piel, llega a la sangre y se instala en los vasos sanguíneos de los intestinos o la vejiga causando, por ejemplo, un tipo de

cáncer de vejiga que es la principal causa de muerte para los hombres menores de 44 años en Egipto.

Unos 200 millones de personas de Asia, Africa y Latinoamérica sufren giardiasis, una infección intestinal que se transmite sobre todo por el consumo de agua contaminada por heces. Causa diarrea, dolores abdominales y pérdida de peso. Cada año se registran unos 500.000 nuevos casos, la mayoría en niños.

En la actualidad, el cólera, el tifus y la disentería son raros en los países industrializados. No así en los países en vías de desarrollo, donde cada año se registran unos 16 millones de casos de cólera y 120.000 defunciones por esta enfermedad. Un 80 por ciento de los casos y muertes por cólera se registran en Asia. También tiene una alta incidencia en Africa y Latinoamérica.

Según Sánchez, (1997) casi la mitad de la población de los países en desarrollo padece enfermedades transmitidas por el agua. Este grupo comprende enfermedades gastroentéricas tales como la giardiasis, la hepatitis A y los rotavirus, así como las enfermedades epidémicas clásicas que se transmiten por el agua: Cólera, Disentería y Fiebre Tifoidea. Entre las enfermedades transmitidas por el agua, el grupo de las enfermedades diarreicas es la causa principal de mortalidad y morbilidad infantil en los países en desarrollo según la OPS, (1996). Se calcula que del total de defunciones mundiales vinculadas con la diarrea, más del 90% ocurren en niños de menos de cinco años de edad y son causadas por enfermedades que no son el Cólera. (OPS, 1996)

Tabla 1: Enfermedades transmitidas por el agua

ENFERMEDADES	ORGANISMOS CAUSANTES	RUTA DE TRANSMISIÓN
Cólera	Vibrio cholerae, incluido el biotipo El Tor	hombre-heces-agua y alimentos-hombre
Tifoidea, paratifoidea	Salmonella typhi Salmonella paratyphi: A,B,C,	hombre-heces-agua y alimentos-hombre
Disentería Bacilar	Shigella	hombre-heces (<u>moscas</u>) alimentos- (<u>agua</u>)-hombre
Disentería Amibiana	Entamoeba histolytica	hombre-heces-(<u>moscas</u>) alimentos- (<u>agua</u>)-hombre
Hepatitis Infecciosa	Virus de la hepatitis A	hombre-heces-(<u>agua</u>)-alimentos-

		hombre
Enfermedades Diarreicas	Shigella, salmonella, Escherichia coli, parásitos, virus	hombre-heces-(moscas) alimentos- hombre

Fuente: OMS. La desinfección del agua. Oficina Regional Europea, 1996

Existen también otras enfermedades en las que el agua, aunque no sea la vía principal de transmisión en gran escala, localmente puede tener un significado especial. Este es el caso de la ascariasis y la criptosporidiosis, y en circunstancias favorables la buena calidad del agua puede ser incluso un factor contribuyente al control de la leptospirosis, la cisticercosis, la esquistosomiasis y la hidatidosis. Debido a la importancia del agua como vía de transmisión de estas enfermedades, la desinfección de esta para consumo humano constituye una de las medidas más efectivas para controlar la incidencia. (Witt y Reiff, 1993)

2.7. Selección del tipo de tratamiento del agua

Para seleccionar el tipo de tratamiento de los sistemas de potabilización se debe establecerse según el tipo de agua cruda captada: superficial o subterránea.

En el caso de aguas superficiales, usualmente el tratamiento debe enfocar prioritariamente los aspectos físicos tales como turbiedad, color, sabor y olor y a garantizar la eliminación de agentes patógenos microbianos hasta el lugar de consumo, (ENOHSA 2008).

La clasificación de las tecnologías de tratamiento para las aguas superficiales se realiza en función del tipo de filtración: rápida o lenta.

2.8. Procesos para el tratamiento del agua

En general dependiente del tipo de fuente, se recomienda considerar los siguientes procesos de tratamientos:

2.8.1. Aireación

La aeración se utiliza como un proceso destinado a mejorar el sabor, eliminar olores, oxidación de metales, optimizar el proceso de tratamiento o remover trazas de sustancias volátiles que el agua contiene.

Según Orellana, J (2005) establece que la aireación es la técnica que se utiliza para tratamientos de aguas que exige una fuente de oxígeno, conocida comúnmente como purificación biológica aeróbica del agua. El agua es traída para ponerla en contacto con las gotitas de aire o rociando el aire se trae en contacto con agua por medio de instalaciones de la aireación. El aire es presionado a través de la superficie del agua, este burbujea y el agua se provee de oxígeno.

En la aireación debe ponerse en contacto el agua cruda con el aire, con el propósito de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella, la aireación se recomienda en los siguientes casos:

- Si el agua contiene gases en exceso:
 - Sulfuro de hidrógenos (H₂S): que da un sabor muy desagradable y se elimina fácilmente por una simple aireación atmosférica Oxígeno: cuando el agua se encuentra sobresaturada y su desprendimiento puede crear problemas en al funcionamiento de los decantadores (tendencia de los flocos a elevarse a la superficie) y de los filtros, que sufren un falso atascamiento por desgasificación en el seno de la masa filtrante.
- Si el agua presenta un defecto de oxígeno, con al aireación se consigue entonces:
 - La oxidación de los iones ferroso y manganoso.
 - La nitrificación del amoníaco en ciertas condiciones.
 - Transferir oxígeno al agua y aumentar con ello el oxígeno disuelto.
 - Disminuir la concentración de dióxido de carbono (CO₂).
 - Remover el metano (CH₄).
 - Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).
 - Remover compuestos orgánicos volátiles (COV).

Para el tratamiento de agua para consumo humano la aireación puede llevarse a cabo de varias maneras. Dos formas importantes son mediante aireadores por cascada o aireadores burbujeadores. En los primeros, el agua es dispersada a través del aire en

finas cortinas o gotas. En los segundos el agua es mezclada con aire dispersado por burbujeo.

2.8.2. Sedimentación

Se entiende por sedimentación la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido.

Según Maldonado, V (2000) establece que la remoción de partículas en suspensión en el agua puede conseguirse por sedimentación o filtración. De allí que ambos procesos se consideren como complementarios. La sedimentación remueve las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana a la del agua o que han sido resuspendidas y, por lo tanto, no pudieron ser removidas en el proceso anterior.

La sedimentación es, en esencia, un fenómeno netamente físico y constituye uno de los procesos utilizados en el tratamiento del agua para conseguir su clarificación. Está relacionada exclusivamente con las propiedades de caída de las partículas en el agua. Cuando se produce sedimentación de una suspensión de partículas, el resultado final será siempre un fluido clarificado y una suspensión más concentrada. A menudo se utilizan para designar la sedimentación los términos de clarificación y espesamiento. Se habla de clarificación cuando hay un especial interés en el fluido clarificado, y de espesamiento cuando el interés está puesto en la suspensión concentrada.

Las partículas en suspensión sedimentan en diferente forma, dependiendo de las características de las partículas, así como de su concentración. Es así que podemos referirnos a la sedimentación de partículas discretas, sedimentación de partículas floculentas y sedimentación de partículas por caída libre e interferida.

2.8.3. Floración

Según Romas, G (1997) establece que la fluorización del agua potable consiste en la adición de manera limitada y controlada de iones de flúor en el sistema de agua potable público, con el objetivo de reducir el riesgo de caries dental. Este tratamiento no afecta al color, el gusto o el olor del agua. Un agua puede ser fluorada naturalmente o puede fluorarse mediante la adición de flúor.

Además la fluoruración del agua es el ajuste ascendente premeditado del oligoelemento natural fluor,- (en la forma iónica de fluoruro) empleando pautas

desarrolladas por la investigación médica y científica, con el propósito de promover la salud pública a través de la prevención del deterioro dental. El fluoruro está presente en cantidades pequeñas, pero en cantidades muy variadas en prácticamente todos los suelos, suministros de agua, plantas y animales y es por esto que es un constituyente de toda dieta. En los mamíferos las concentraciones más elevadas se encuentran en los dientes y huesos.

2.8.4. Ablandamiento

Según ENOHSA, (2008) determina que el ablandamiento consiste en la remoción de compuestos de calcio y magnesio que se encuentran en solución en el agua. Estos compuestos provocan dureza.

El objeto del ablandamiento es eliminar las sales que producen la dureza a fin de reducirla a valores que permitan el control de la formación de incrustaciones, reducir la corrosión y mejorar la calidad del agua para diversos usos.

Los métodos de ablandamiento normalmente utilizados son:

- Utilización de cal-soda.
- Intercambio iónico.

2.8.5. Coagulación

Según Pérez F y Urrea M, (2008) denominan a la coagulación como el proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua, para potenciar la etapa de decantación o espesado en la que esas partículas deben separarse del agua.

La desestabilización se consigue neutralizando sus cargas eléctricas, con lo que dejan de actuar las fuerzas de repulsión, su potencial Zeta se anula y los coloides tienden a agregarse por acción de masas a agregarse por acción de masas.

Normalmente, las partículas a coagular proceden: del suelo, por arrastre de minerales en disolución, de descomposición de materia orgánica natural en los cursos de agua y de vertidos domésticos e industriales.

El objetivo de la coagulación como proceso previo a la decantación es cambiar las propiedades de los elementos insolubles de modo que sean más fácilmente de los elementos insolubles, de modo que sean más fácilmente separables. Como es mucho más sencillo separar partículas grandes y pesadas que partículas ligeras y de poca superficie específica, el proceso de coagulación tenderá a agrupar partículas pequeñas en otras mayores, y por tanto más sólidas (flóculos).

Además Restrepo, H (2009) señala que la coagulación puede entenderse como la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancias químicas que son los coagulantes. Esta operación se efectúa en unidades y tanques de mezcla rápida, en los cuales el agua se somete a agitación muy intensa para formar una solución homogénea de los coagulantes con el agua en el menor tiempo posible.

La Secretaría de Saneamiento Ambiental, termina que esta aglomeración de partículas coloidales sean ($<0,001$ mm) y dispersas ($0,001$ mm a $0,01$ mm) en coágulos visibles, con la adición de un coagulante.

2.8.6. Floculación

Según Perez F y Urrea M, (2008) determinan a los floculantes (o coadyuvantes de coagulación) como productos que favorecen el proceso de formación del floculo, actuando de puente o unión para captar mecánicamente las partículas en suspensión.

La diferencia básica entre coagulante y floculante reside en que el coagulante anula las fuerzas repulsivas entre las partículas coloidales, iniciando la formación de microflóculos, en cambio el floculante engloba estos microflóculos aumentando su tamaño y densidad de modo que sedimenten más fácil y rápidamente.

El empleo de los floculantes permite tratar mayores caudales de agua, además de mejorar la floculación cuando ésta es difícil por cambios de calidad, bajas temperaturas, etc.

2.8.7. Filtración

Según la SSA, (1992) determina a la filtración como un proceso físicoquímico utilizado para separar impurezas suspendidas y coloidales del agua, mediante su paso a través

de un medio granular, siendo el más común la arena. Los materiales retenidos pueden ser flóculos, microorganismos y precipitados de calcio, hierro y manganeso, entre otros.

Básicamente se distinguen dos tipos de filtros: los lentos, de baja carga superficial; y, los rápidos, de alta carga superficial. El trabajo de los filtros a gravedad o presión depende, en gran parte, de la mayor o menor eficacia de los procesos preparatorios.

Existen además las unidades patentadas para filtración, cuyas características de diseño y constructivas son particulares de cada fabricante. El empleo de estas unidades podrá ser autorizado por la SAPYSB, una vez que haya comprobado sus ventajas a base de las especificaciones de los fabricantes.

2.8.8. Desinfección

La etapa final del proceso de tratamiento de aguas potables siempre es la desinfección. En algunos casos en las plantas muy sencillas, ésta es la única etapa del proceso. Hay tres tipos básicos de desinfección: Tratamientos físicos, tratamientos químicos y radiación (Romero, 2008).

a) Tratamientos físicos: Son los menos utilizados, Dentro de este tipo de tratamientos se puede incluir la aplicación de calor pero además de ser costoso, deja mal sabor ya que elimina el oxígeno disuelto y las sales presentes en el agua. Otro de los procesos que se utilizan es el dejar pasar el tiempo, para que los gérmenes fecales disminuyan su concentración al ser el agua retenida en ambiente hostil.

b) Tratamientos químicos: Los agentes químicos desinfectantes más utilizados son el cloro, carbón activado y el ozono.

2.9. Plantas de agua potable

El objetivo de la potabilización es garantizar al consumidor que el tipo de agua captada, alcance la calidad indicada en la legislación para un determinado uso.

Debido a esto es que es de suma importancia realizar un tratamiento de potabilización al agua antes del consumo humano para evitar que sea una fuente de contaminación.

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas, según el grado de tratamiento que deben incluir para su potabilización, así lo plantea Romero, J (2008) en los 3 grupos siguientes:

- TIPO A1: Tratamiento físico simple y desinfección
- TIPO A2: Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección
- TIPO A3: Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección.

Para AWWA, (2007) los procesos unitarios que corresponde a cada grado de tratamiento serán los siguientes:

Tabla 2, Grado de tratamiento

GRADO DE TRATAMIENTO	COMPOSICION DEL TRATAMIENTO	DESCRIPCION
TIPO 1	Tratamiento físico simple - Desinfección	Filtración rápida _ Desinfección
TIPO 2	Tratamiento físico normal - Tratamiento químico - Desinfección	Precloración -Coagulación/floculación - Decantación - Filtración - Desinfección
TIPO 3	Tratamiento físico y Químico intensos - Afino - Desinfección	Cloración Coagulación/floculación - Decantación - Filtración - Absorción carbón activado - Desinfección

Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.

Debido a que hay tres tipos de grado de tratamiento para el agua potable, se procederá a explicar sobre el Tipo 3, ya que de cierta forma en él se incluyen los procedimientos de tipo 1 y 2.

2.10. Redes de Distribución

La red de abastecimiento de agua potable es un sistema de obras de ingeniería, concatenadas que permiten llevar hasta la vivienda de los habitantes de una ciudad, pueblo o área rural relativamente densa, el agua potable.

La Organización Panamericana de La Salud establece los siguientes criterios para el diseño de redes de distribución:

- La red de distribución se deberá diseñar para el caudal máximo horario.
- Identificar las zonas a servir y de expansión de la población.
- Realizar el levantamiento topográfico incluyendo detalles sobre la ubicación de construcciones domiciliarias, públicas, comerciales e industriales; así también anchos de vías, áreas de equipamiento y áreas de inestabilidad geológica y otros peligros potenciales.
- Considerar el tipo de terreno y las características de la capa de rodadura en calles y en vías de acceso.
- Para el análisis hidráulico del sistema de distribución se podrá utilizar el método de Hardy Cross, seccionamiento o cualquier otro método racional.
- Para el cálculo hidráulico de las tuberías se utilizará fórmulas racionales.
- El diámetro a utilizarse será aquel que asegure el caudal y presión adecuada en cualquier punto de la red.
- En todos los casos las tuberías de agua potable deben ir por encima del alcantarillado de aguas negras a una distancia de 1,00 m horizontalmente y 0,30 m verticalmente.
- La velocidad mínima en ningún caso será menor de 0,3 m/s y deberá garantizar la auto limpieza del sistema.
- El número de válvulas será el mínimo que permita una adecuada sectorización y garantice el buen funcionamiento de la red.

2.10.1. Tipos de redes

El diseño hidráulico podrá realizarse como redes abiertas, cerradas y combinadas. Los cálculos deben realizarse tomando en cuenta los diámetros internos reales de las tuberías.

Redes abiertas: El Dimensionamiento de las redes abiertas o ramificadas se realizará de acuerdo con los siguientes criterios:

- Se admitirá que la distribución del caudal sea uniforme a lo largo de la longitud de cada tramo.
- La pérdida de carga en el ramal será determinada para un caudal igual al que se verifica en su extremo.
- Cuando por las características de la población se produzca algún gasto significativo en la longitud de la tubería, éste deberá ser considerado como un nudo más. Se recomienda el uso de un caudal mínimo de 0,10 lps para el diseño de los ramales.

Según la formas que en que se asocian las redes se clasifican en ramificadas, malladas o mixtas.

Redes cerradas: El flujo de agua a través de ellas estará controlado por dos condiciones:

- El flujo total que llega a un nudo es igual al que sale.
- La pérdida de carga entre dos puntos a lo largo de cualquier camino, es siempre la misma.

Estas condiciones junto con las relaciones de flujo y pérdida de carga, nos dan sistemas de ecuaciones, los cuales pueden ser resueltos por cualquiera de los métodos matemáticos de balanceo.

Redes Ramificadas: Una red ramificada intuitivamente se puede reconocer por su forma estructural de árbol. Las propiedades topológicas de una red ramificada son:

No posee mallas

- Dos nudos cualesquiera sólo pueden estar conectados por un único trayecto
- A cada nudo sólo le incide una línea, o lo que es lo mismo sólo le aporta caudal una línea.

Redes Malladas: Se caracterizan por la existencia de mallas básicas, y cualquier par de puntos de la red puede ser unido por al menos dos trayectorias distintas.

Redes Ramificadas: Se puede determinar el caudal y su sentido de circulación por la simple aplicación de la ecuación de continuidad. Sólo posee un punto o nudo de alimentación que se conoce como nudo de cabecera. Es decir, el agua sólo tiene un camino para llegar de un nudo a otro, (Díaz L 2009)

2.11. Marco legal referente a la calidad de agua

La protección de la salud pública, la calidad de las aguas naturales y el control de las descargas de contaminantes al ambiente, es tema de consideración en la mayoría de

los países para el desarrollo de normativas y regulaciones. Estas normativas consideran los niveles máximos aceptables de diversos parámetros físicos, químicos, biológicos, y radiológicos entre otros.

La Nueva Constitución reconoce al agua como un derecho humano fundamental, es decir que todos los ecuatorianos debemos disponer de agua segura, en cantidad suficiente para nuestras necesidades básicas como bebida, alimentación, aseo personal, lavado de ropas, vivamos en el campo o la ciudad y tengamos o no dinero (SENAGUA, Art. 3 y 12)

Para el establecimiento de parámetros de calidad de agua se aplicarán las siguientes normas técnicas:

- a) Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), donde establece Normas Técnicas de Agua Potable, la Norma NTE INEN 1108:2010, Agua Potable. Requisitos, numeral 5, 5.1, 5.1.1 y 5.2 en el cual establecen requisitos específicos y microbiológicos que el agua debe cumplir como se señalan a continuación:

Tabla 3, Requisitos para agua potable.

Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible
Turbidez	UTN	5
Sólidos Totales Disueltos	Mg/l	1000
Coliformes Totales *	NMP/100 ml	<2**
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<2**

* En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95% de las muestras, tomadas durante cualquier período de 12 meses.

** "<2" significa que en el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.

Fuente: Norma NTE INEN 1108:2010

- b) Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 1 que son Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, numeral 4.1.1.2 Tabla 1, donde se determina límites máximos permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional y el numeral 4.1.1.3 Tabla 2 límites máximos

permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección.

Se utilizarán las dos tablas y se realizará una comparación de los parámetros, ya que establecen límites permisibles diferentes para agua que únicamente requieren tratamiento convencional con la que requieren desinfección.

Los límites que deben cumplir tanto la tabla 1 y 2 para agua de consumo humano se señalan a continuación:

Tabla 4, *límites máximos permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.*

TABLA 1			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Turbiedad		UTN	100

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS)

Tabla 5, *límites máximos permisibles para agua de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren desinfección.*

TABLA 2			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Turbiedad		UTN	10

*Nota: *Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.*

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS)

Esta norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional y determina o establece:

- a)** Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b)** Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c)** Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece unas directrices para la calidad del agua potable donde establece parámetros microbiológicos para el agua dependiendo del uso, que son el punto de referencia internacional para el establecimiento de estándares y seguridad del agua potable. En estas directrices se basa la elaboración de normas de calidad de agua de la mayoría de los países de América Latina.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y duración de la investigación

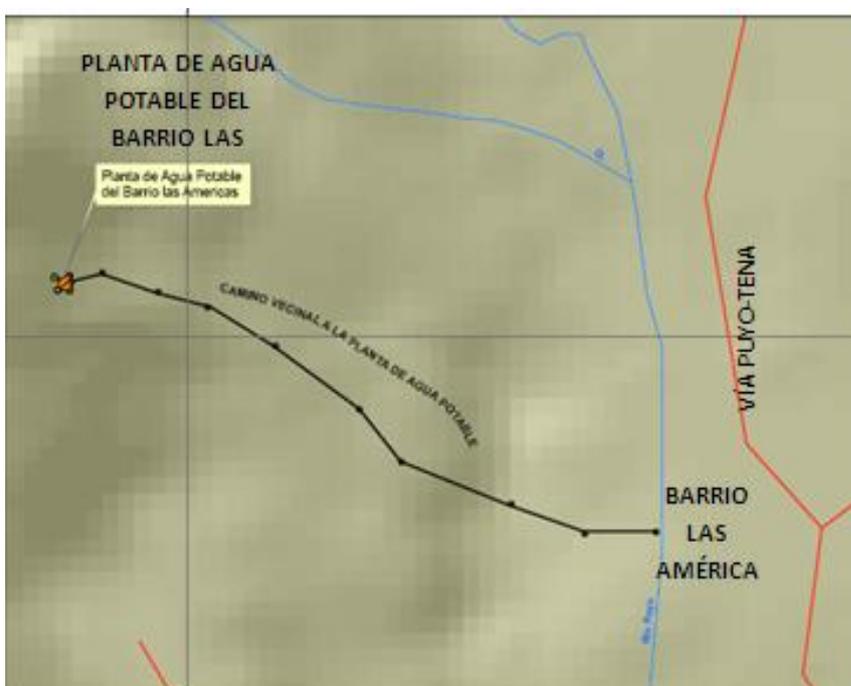
La investigación se realizó en la planta de agua potable del barrio las Américas, la misma que se encuentra ubicada a la altura del km 4 vía Puyo-Tena, a 2 km aproximadamente de la carretera principal, perteneciente a la parroquia Puyo, provincia de Pastaza.

Su administración está dirigida por el Sr. Pastor Valverde Presidente de la junta de agua potable del barrio.

Sus límites son los siguientes:

- Al norte con la parroquia Fátima.
- Al sur la urbanización la Palestina y barrio obrero, ciudadela del chofer y la Universidad Estatal Amazónica.
- Al este los caseríos Santa Martha y San Rafael.
- Al oeste con el río Puyo.

Figura 1, Ubicación de la planta de tratamiento.



Elaborado por: La Autora

En la Tabla 5, se presentan las coordenadas geográficas de la zona de estudio.

Tabla 6, coordenadas geográficas de la zona de estudio

COORDENADAS UTM 18 M		
PUNTO	COOR X	COOR Y
1	164627	9840170
2	164728	9840203
3	164906	9840142
4	165063	9840093
5	165280	9839969
6	165547	9839766
7	165681	9839597
8	166032	9839463
9	166266	9839368
10	166493	9839373

Elaborado por: La Autora

La investigación se inició desde el mes Julio 2011 y se concluyó en el mes de Junio del 2012 aproximadamente.

3.2. Condiciones meteorológicas

La zona posee un clima cálido húmedo, con una altitud entre 501 y 2300 msnm, una temperatura promedio anual de 18.4 ° a 24°C, la pluviosidad promedio es de 2000 a 4000 mm. Anuales, INAMI Estación Meteorológica Puyo, (2010).

La planta de tratamiento se encuentra ubicada en una zona montañosa, alrededor de la planta existen árboles frutales, maderables, además carece de una cubierta protectora o techo en los sistemas de tratamiento, ocasionando que durante periodos de lluvia y vientos se deposite aguas lluvias, hojas, basuras; afectante a la calidad de agua y eficiencia de tratamiento de la misma.

3.3. Materiales y equipos

Los equipos que se utilizó tanto para la toma de datos y muestras fueron los siguientes:

Diagnóstico de la planta:

- Cámara fotográfica
- GPS
- Libreta de apuntes

Trabajo en la planta:

- Cámara fotográfica
- Flexómetro para las mediciones de las dimensiones de los tanques.

Muestreo y toma de muestras de aguas:

- Cámara fotográfica
- Frascos de Ambar de 1 litro
- COOLER y/ o fundas de refrigerantes

Determinación del flujo del agua:

- Recipiente (balde)
- Cronómetro
- Cámara fotográfica

3.4. Factores de Estudio

Para la investigación se estableció los siguientes factores de estudios:

- Caudal: permitió conocer el volumen de agua que ingresa en unidad de tiempo.
- Calidad de agua, conforme a los siguientes parámetros:
 1. Sólidos totales
 2. Turbidez
 3. DBO5
 4. Coliformes totales
 5. Coliformes fecales

3.5. Diseño de Muestreo y Análisis estadístico

Estudio comprendió la caracterización físico químico y bacteriológico del agua en tres puntos de muestreo:

Debido a que existen dos tomas que captan a la planta de tratamiento de agua potable, se realizó el muestreo por separado el punto uno, el punto dos y punto 3..

Punto 1: Este punto de muestreo corresponde a la descarga de la toma de captación del río Puyo, antes que la descarga ingrese al tanque de tratamiento.

Punto 2: El segundo punto de muestreo corresponde a la descarga de la toma de captación del río Apangora, antes que la descarga ingrese al tanque de tratamiento, ya que era necesario determinar con que características ingresa el agua antes del tratamiento.

Punto 3: Este punto de muestreo se realizó a la salida del tanque de tratamiento, para determinar las características del agua luego del proceso de purificación y de esta manera comprobar si el método de purificación del agua es eficiente o no.

En cada uno de los puntos mencionados se tomó una muestra compuesta por 10 submuestras.

En cada muestra determinó los parámetros citados en el punto 3.6 Los valores obtenidos en cada análisis se comparó mediante métodos de estadística descriptiva entre sí y los parámetros establecidos en la normativa ambiental (Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1108:2010 Agua Potable. Requisitos y Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo1, 4.2.20 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico, TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional).

3.6. Parámetros a caracterizar

Los parámetros que se caracterizaron en cada uno de los puntos considerados en el estudio fueron los siguientes:

- Caudal

- Sólidos totales disueltos suspendidos
- Turbidez
- DBO₅
- Coliformes totales
- Coliformes fecales

3.7. Manejo del estudio

Medición del Caudal de descarga: se midió en volumen de agua que pasa en una unidad de tiempo que se descarga en el tanque de tratamiento de agua del río Puyo y del río Pangora por separado.

El método que se aplicó es el Método de aforo volumétrico y cronómetro que se utiliza principalmente a los caudales de canales o conductos pequeños, para este método utilizó un recipiente de 20 litros que permitió medir el volumen y el tiempo de llenado razonables.

El Proceso de medición del caudal es el siguiente:

1. Se registró el tiempo que tomó en llenar un volumen determinado de agua en el recipiente y se ingresó la siguiente ecuación:

$$2. \text{ Caudal (Litros/Segundo)} = Q = \frac{V}{t} \frac{\text{Volumen del cubo (litros)}}{\text{Tiempo de llenado (Segundo)}}$$

Dónde:

Q: Caudal (L/S)

V: Volumen del cubo (L)

T: Tiempo de llenado (S)

3. Las mediciones se realizaron en los periodos de 6:30 am, 12:00 pm y 17:00 pm, durante 7 días.

La técnica de muestreo de aguas que se aplicó son muestras compuestas que consiste en tomar varias muestras en distintos momentos y se colocó en el mismo recipiente, el número de submuestras a tomadas fue de 10. Para esto se determinó los

puntos de muestreo explicados en el punto 3.5 a la entrada y salida del sistema de tratamiento de agua, las muestras se tomaron con un periodo de 14 días, obteniendo una muestra cada 7 días, para que los resultados sean confiables.

El Proceso de toma de muestras compuestas es el siguiente:

1. Se tomó la muestra y se determinó el tiempo en que se cogió la siguiente muestra que serán cada 15 minutos.
2. Se colocó la muestra de 2 litros en un recipiente marcado de acuerdo a los tiempos y puntos de muestreo, previamente rotulado.
3. Finalmente se obtuvo una muestra compuesta tomada en un tiempo determinado de 2 horas, las cuales se colocó en un COOLER y fueron llevadas por transporte terrestre al laboratorio de la Facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad Técnica de Chimborazo, para su respectivo análisis.

Análisis de la calidad de agua: Las muestras fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería ambiental de la Universidad Técnica de Chimborazo en Riobamba, en donde se analizaron los parámetros mencionados utilizando la metodología seleccionada por el laboratorio.

3.8. Formulación de la propuesta (plan de manejo)

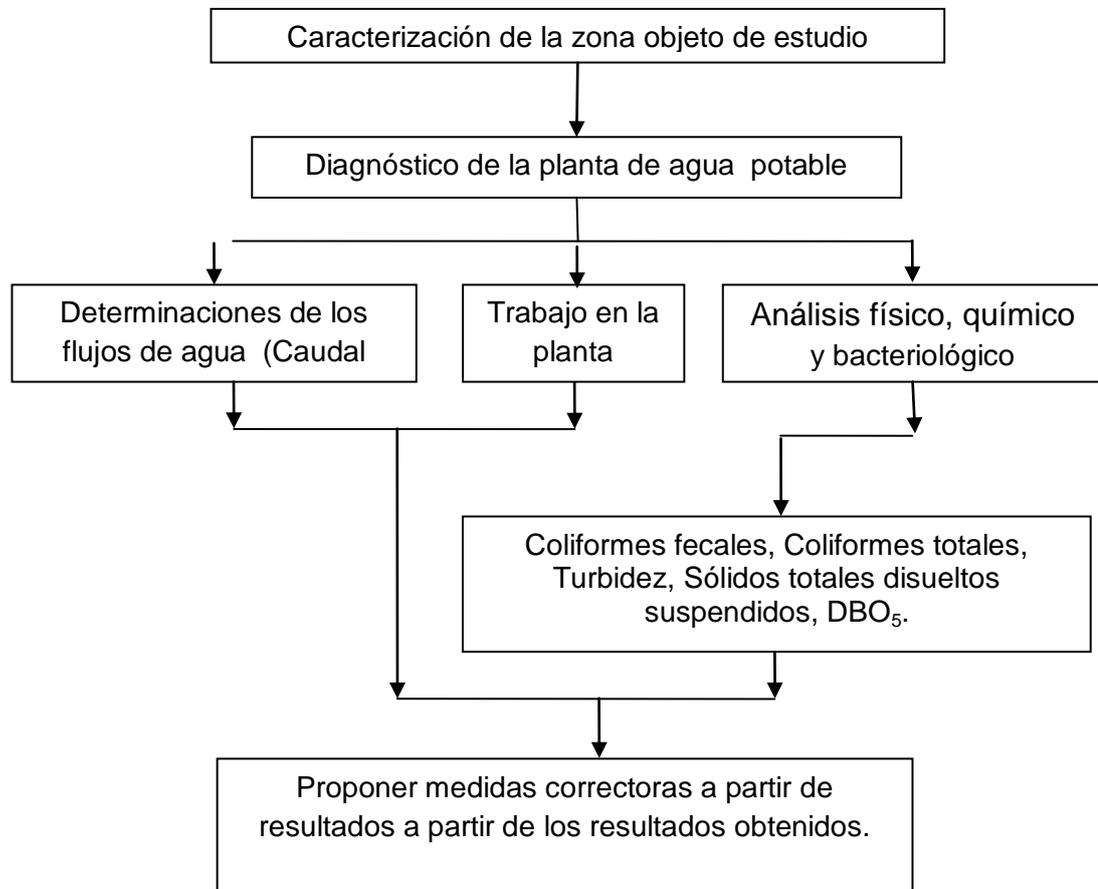
La formulación del Plan de Manejo se realizó a partir de los resultados obtenidos de los análisis de aguas, ya que a partir ello se determinó que el sistema de tratamiento actual de la planta de agua potable no está cumpliendo con su función de remover las partículas presentes en el agua. Además se incluyo todas las observaciones de las inspecciones de campo donde se determinaron las condiciones en las que se encuentran las instalaciones de la planta.

3.9. Análisis Económico

Se realizó un análisis de costos respecto a la operación de la planta y beneficios a obtenerse mediante la implementación del plan de manejo.

En la figura 2, se resume la metodología que se empleó para la realización de la presente investigación:

Figura 2, Diagrama de la metodología de investigación.



Elaborado por: La Autora.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente literal se ofrecen los resultados obtenidos de los estudios realizados así como el análisis y discusión de los mismos. Además de las propuestas realizadas para solucionar los problemas detectados durante el proceso de evaluación.

4.1. Cálculo del caudal

Los resultados obtenidos del tiempo de llenado del cubo en cada punto de muestreo (Punto1, Punto2 y Punto 3) durante los 7 días de mediciones o muestreo, se muestran en anexo 5 donde tenemos los valores promedios que se representan en la siguiente tabla:

Tabla 7, Resultados del tiempo descarga y caudal.

	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de tratamiento	Unidad
Tiempo promedio	6.9	4.1	3.2	Segundos
Volumen	20	20	20	L
Caudal	2.90	4.87	6.25	L/S

Elaborado por: La Autora.

Caudal Total de entrada (río Puyo y río Apangora):

4.2. Diagnóstico microbiológico y físico-químico del agua.

Como resultado del análisis de aguas realizado, se describen a continuación los valores obtenidos en los diferentes parámetros analizados y sus efectos sobre la calidad de agua que consume la población.

1. Turbiedad
2. Sólidos Totales
3. DBO₅
4. Coliformes Totales
5. Coliformes Fecales

4.2.1. Turbiedad

En la Tabla 5, se ofrece un resumen de los análisis realizados a las muestras tomadas al agua de alimentación a la planta (Punto 1 y Punto 2) y la salida del tratamiento (punto 3) analizados en los laboratorios de la Universidad Técnica de Chimborazo en

Riobamba. En el Anexo 5 aparece una información más ampliada sobre las características de éstos análisis.

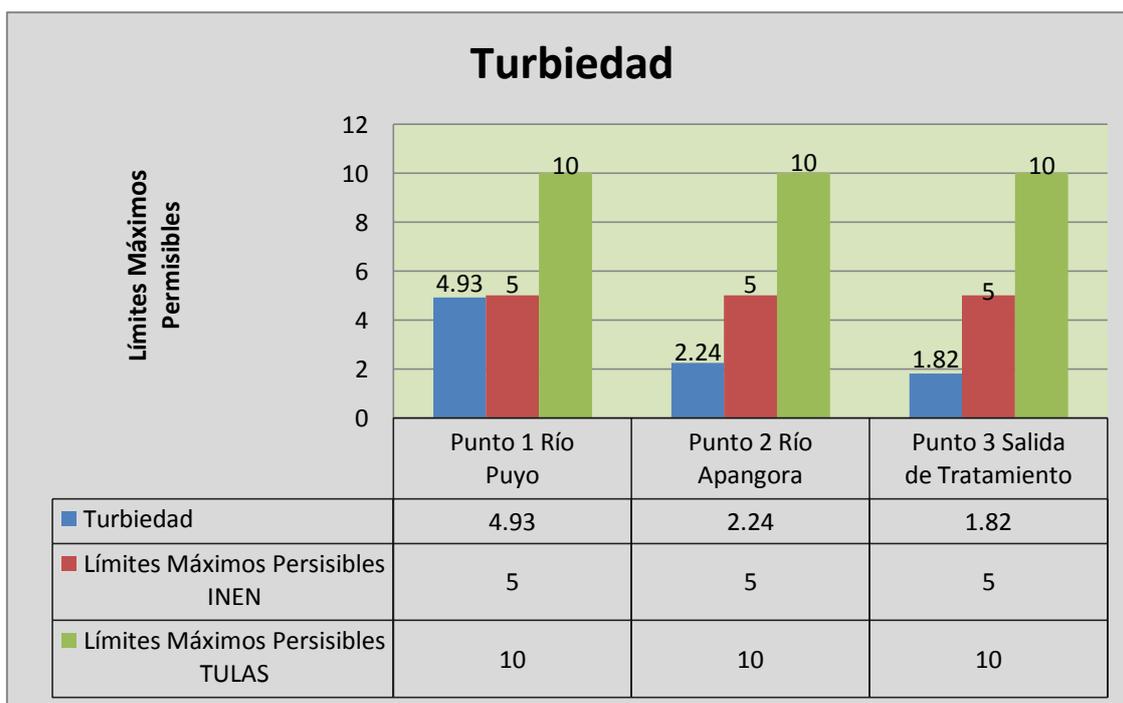
Tabla 8, *Resultados de los análisis realizados de la turbiedad a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.*

	TURBIEDAD			Unidades
	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de Tratamiento	
	0.08	1.77	0.8	
9.79	2.71	2.85	UTN	
Promedio	4.93	2.24	1.82	UTN
Límites Máximos Permisibles INEN	5	5	5	UTN
Límites Máximos Permisibles TULAS	10	10	10	UTN
Eficiencia de remoción			44,05%	

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Anexo 1 y Norma NTE INEN 1108:2010. Límites Máximos Permisibles.

Gráfico 1, *Gráfico comparativo de la turbiedad con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).*



Elaborado por: La Autora.

Al observar el gráfico se puede determinar que en cuanto al parámetro de turbiedad la planta opera satisfactoriamente, ya que a la salida de la misma se registra un valor de 1,82 UTN y de acuerdo a las normas INEN se establece un valor límite máximo de 5 UTN y de acuerdo a la Texto Unificado de Legislación Ambiental TULAS un valor límite máximo de 10 UTN para agua potable. Sin embargo si se observa los valores de turbiedad a la entrada en el Punto 1 se puede apreciar que éstos son superiores a los de la salida lo que con valor promedio de 4.93 UTN determinando que el agua del río Puyo posee una mayor turbidez.

Pese a que los parámetros se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles la eficiencia de de remoción de la Turbiedad es de 44.05% que es muy bajo es sistema de la planta.

4.2.2. Sólidos Totales

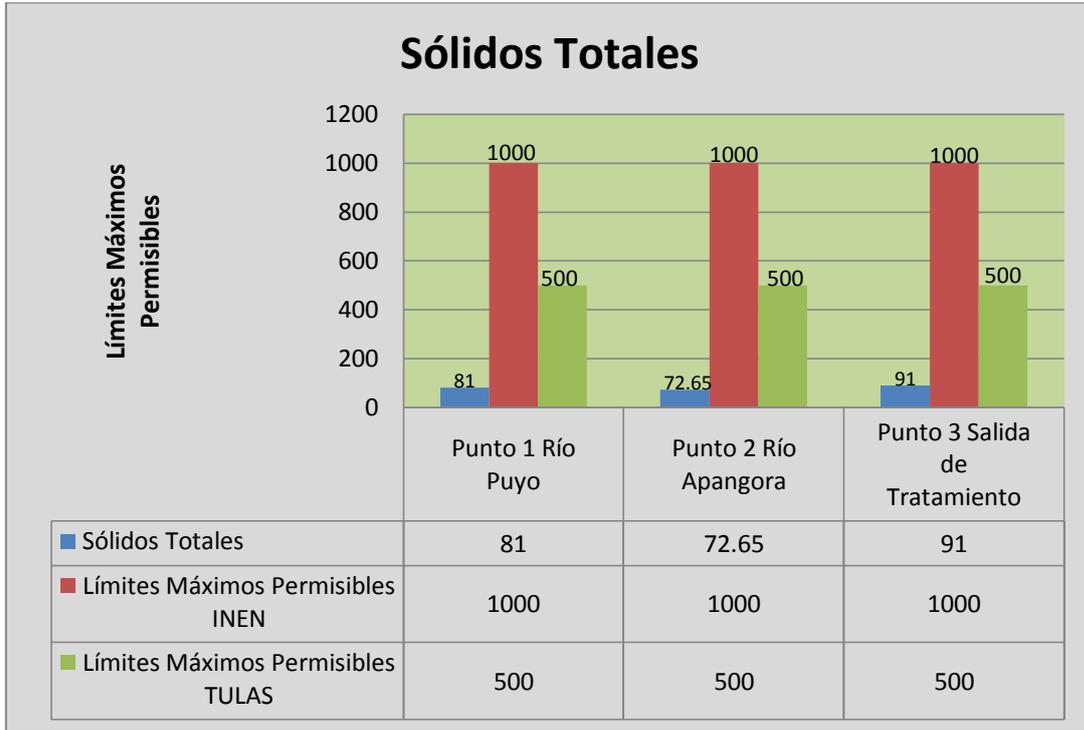
Tabla 9, *Resultados de los análisis realizados de los Sólidos Totales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.*

	Sólidos Totales			
	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de Tratamiento	Unidades
	80.00	142.00	72.00	mg/L
82.00	3.30	110.00	mg/L	
Promedio	81.00	72.65	91.00	mg/L
Límites Máximos Permisibles INEN	1000	1000	1000	mg/L
Límites Máximos Permisibles TULAS	500	500	500	mg/L
Eficiencia de remoción				

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Anexo 1 y Norma NTE INEN 1108:2010. Límites Máximos Permisibles.

Gráfico 2, Gráfico comparativo de los Sólidos Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).



Elaborado por: La Autora.

En cuanto a los Sólidos Totales se puede observar que la planta no opera satisfactoriamente, ya que a la salida de la misma se registra un valor de 91 mg/l y de acuerdo a las normas INEN se establece un valor límite máximo de 1000 mg/l y de acuerdo a la Texto Unificado de Legislación Ambiental TULAS un valor límite máximo de 500 mg/l para agua potable, pese a estos resultados se puede manifestar que la Planta de Tratamiento de Agua, no siempre disminuye la concentración de sólidos Totales que ingresa a la misma, sucediendo todo lo contrario ingresa un cantidad menor de 82 mg/l y de 72.65 mg/l y sale una concentración de 91 mg/l, aunque estos valores se encuentran por debajo de los LMP no debe aumentar la concentración de sólidos en el sistema de tratamiento.

4.2.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

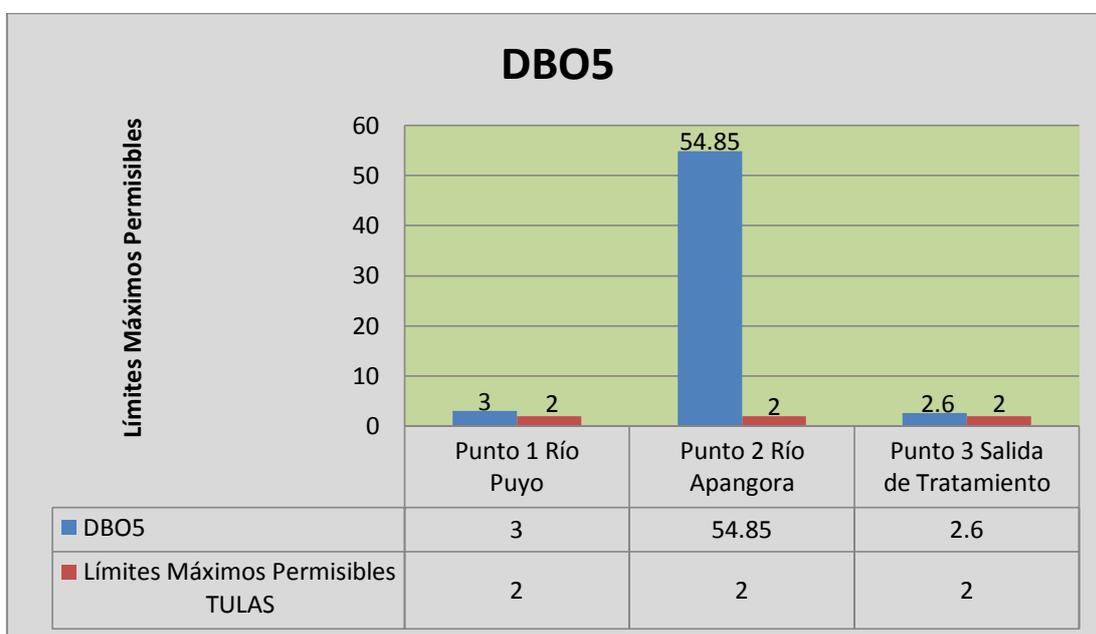
Tabla 10, Resultados de los análisis realizados de los Demanda Bioquímica de Oxígeno a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.

	Demanda Bioquímica de Oxígeno			
	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de Tratamiento	Unidades
		2.90	3.70	1.10
	3.10	106.00	4.10	mg/L
Promedio	3	54.85	2.60	mg/L
Límites Máximos Permisibles TULAS	2	2	2	mg/L
Eficiencia de remoción			92.64%	

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Anexo 1. Límites Máximos Permisibles.

Gráfico 3, Gráfico comparativo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno con respecto a la Texto Unificado de Legislación Ambiental (2012).



Elaborado por: La Autora.

Los análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Punto 1 y P 2 se puede determinar que sus valores superan los límites Máximos Permisibles que establece la normativa (TULAS) para agua de consumo humano de 2 mg/L. Cabe recalcar que el Punto 2 (Río Apangora) presenta un valor promedio de 54.85 mg/L, el mismo que sobrepasa a los resultados de las muestras tomadas en los otros puntos. Este valor deriva de los resultados correspondientes al segundo día de muestreo en el cual la DBO en dicho punto alcanza un valor de 106mg/L. En ese día, el valor de la DBO a la

salida del sistema de tratamiento (Punto 3) sobrepasó los LMP para agua de consumo humano con un valor de 4.1 mg/L. En base a estos resultados se puede manifestar que la Planta de Tratamiento de Agua Potable, no siempre disminuye la concentración de DBO₅ que ingresa a la misma por debajo de los LMP de 2 mg/l. En relación a los resultados se determinó una eficiencia de remoción de la DBO₅ de 92.64%, lo cual indica que la capacidad de la planta para remover materia orgánica que influye en el parámetro es aceptable, sin llegar a un nivel óptimo

4.2.4. Coliformes Totales

Tabla 11, Resultados de los análisis realizados de los Coliformes Totales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.

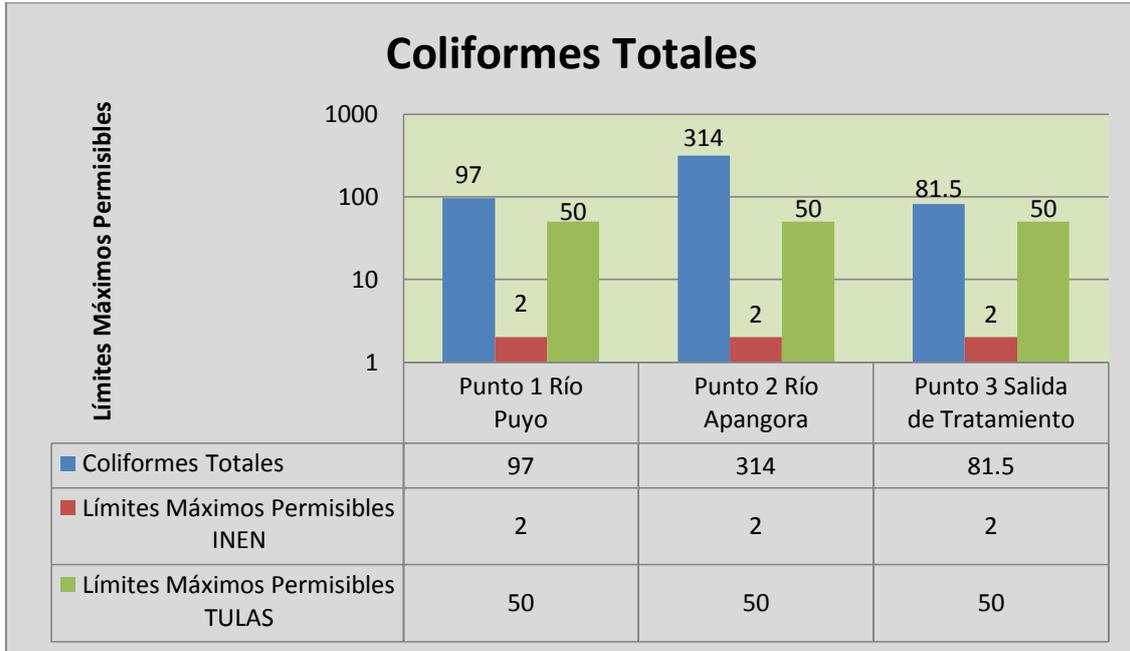
	COLIFORMES TOTALES			
	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de Tratamiento	Unidades
	53.0	68.0	39.0	nmp/100ml
141.0	560.0	124.0	nmp/100ml	
Promedio	97.0	314.0	81.5	nmp/100ml
Límites Máximos Permisibles INEN	2	2	2	nmp/100ml
Límites Máximos Permisibles TULAS	50	50	50	nmp/100ml
Eficiencia de remoción			64,91 %	

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Anexo 1 y Norma NTE INEN 1108:2010. Límites Máximos Permisibles.

Los análisis de los Coliformes Totales en el Punto 1, Punto 2 y Punto 3 se puede determinar que sus valores superan los Límites Máximos Permisibles que establece la norma INEN de 2 nmp/100ml y el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) de 50 nmp/100ml para agua de consumo humano.

Gráfico 4, Gráfico comparativo de los Coliformes Totales con respecto a la norma INEN y TULAS (2012).



Elaborado por: La Autora.

Es indispensable indicar que el Punto 2 presenta un mayor valor de 314 nmp/100ml que los otros dos puntos mencionados anteriormente; de esta manera podemos deducir que en el río Apangora presenta una alta contaminación de Coliformes Totales con relación al río Puyo.

Aunque la planta de tratamiento esta removiendo una cantidad de Coliformes totales a la salida del tratamiento, esta supera con un valor de 81,5 nmp/100ml a los límites máximos permisibles que establece la normativa, tanto a las normas INEN como al TULAS; identificando de esta manera que existen fallas permanentes en el sistema de tratamiento. Con estos resultados podemos decir que el agua no se encuentra apta para consumo humano, además la eficiencia de remoción es de 64.91%.

4.2.5. Coliformes Fecales

Tabla 12, Resultados de los análisis realizados de los Coliformes Fecales a la entrada y salida del tratamiento de la planta de agua.

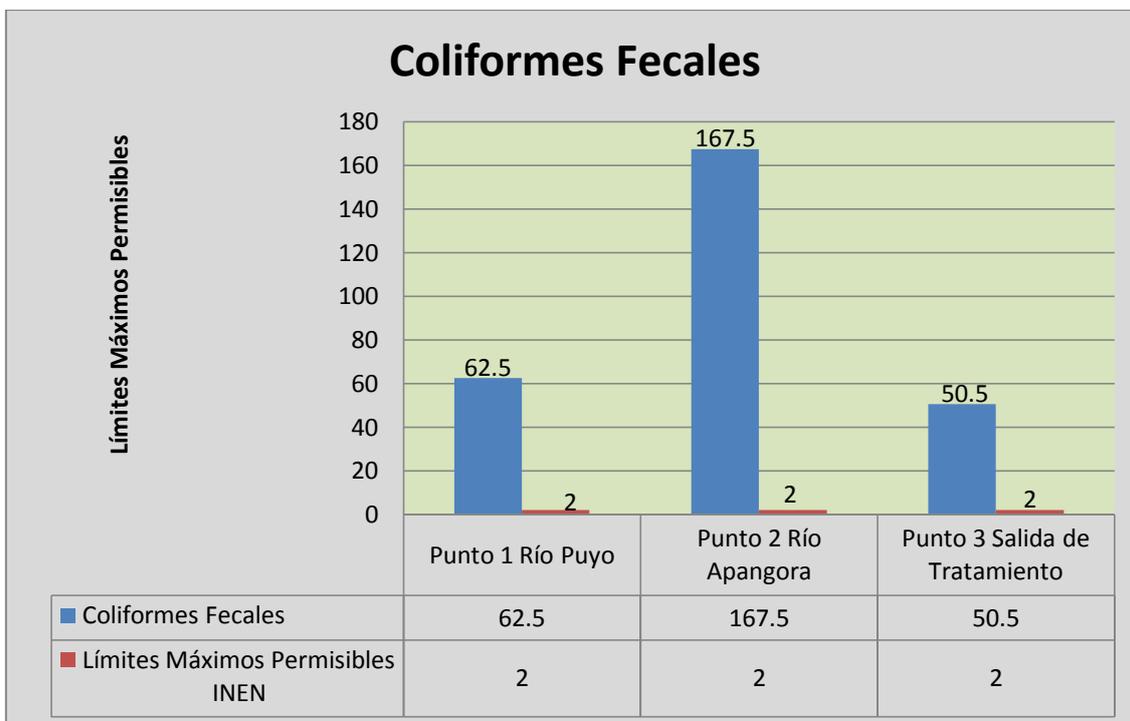
	COLIFORMES FECALES			Unidades
	Punto 1 Río Puyo	Punto 2 Río Apangora	Punto 3 Salida de Tratamiento	
	25.0	35.0	12.0	nmp/100ml
	100.0	300.0	89.0	nmp/100ml

Promedio	62.5	167.5	50.5	nmp/100ml
Límites Máximos Permisibles INEN	2	2	2	nmp/100ml
Eficiencia de remoción			60,53%	

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Norma NTE INEN 1108:2010. Límites Máximos Permisibles.

Gráfico 5, Gráfico comparativo de los Coliformes Fecales con respecto a la norma INEN (2012).



Elaborado por: La Autora.

Los análisis de los Coliformes Totales en el Punto 1, Punto 2 y Punto 3 se puede determinar que sus valores superan los Límites Máximos Permisibles que establece la norma INEN de 2 nmp/100ml y el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) de 50 nmp/100ml para agua de consumo humano.

En cuanto a la remoción de los Coliformes Fecales el Punto 1, Punto 2 y Punto 3 se puede determinar que sus valores superan los límites Máximos Permisibles que establece la norma INEN de 2 nmp/100ml para agua de consumo humano.

Es necesario mencionar que el Punto 2 presenta un incremento en el valor de 167,5 nmp/100ml que los otros dos puntos mencionados anteriormente; de esta manera se puede aseverar que en el río Apangora hay una alta presencia de Coliformes Fecales con relación al río Puyo, por tanto indica que aquí existe una contaminación mayor por materia orgánica fecal.

Aunque la planta de tratamiento esta removiendo una cantidad de Coliformes Fecales a la salida del tratamiento, esta supera con un valor de 50,5 nmp/100ml a los Límites Máximos Permisibles que establece la Norma INEN de 2 nmp/100ml; identificando de esta manera que existe una alta contaminación del agua por materia fecal, ya que esta no está siendo lo suficientemente tratada y desinfectada como para destruir a los diferentes organismos patógenos presentes en la misma, ya que presenta una eficiencia de remoción baja de 60.53%. Es preocupante que con estas concentraciones de Coliformes fecales en el agua la población este consumiendo.

4.3. Diagnóstico de operación de la planta de tratamiento de agua potable.

En base los resultados del diagnóstico realizado del área de estudio, se pudo determinar las deficiencias que presenta la planta de tratamiento y sus efectos sobre la calidad de agua que consume la población, que se describen a continuación:

1. Proceso de cloración inadecuado.
2. Falta de mantenimiento de la planta de tratamiento.
3. Ausencia de condiciones de seguridad.
4. Ineficiencia en procesos de tratamiento

4.3.1. Proceso de cloración inadecuado

Actualmente se está clorando con cloro en grano a la entrada del sistema de tratamiento, por los resultados obtenidos en los análisis de aguas de Coliformes Fecales y Coliformes Totales que podemos ver en la tabla 9 y 10, que está disminuyendo la presencia de organismos en una cierta cantidad en el agua, pero estos valores sobrepasa los Límites Máximos Permisibles que establece la norma, por lo tanto el proceso de cloración no es el adecuado, ya que no se está eliminando todos los organismos patógenos presentes en el agua. Según Romero, M (2008), establece que la etapa de desinfección es siempre al final del proceso de tratamiento del agua y no a la entrada del mismo, además la frecuencia con que se aplica el cloración no es lo correcto, toda vez que el cloro debe inyectarse permanentemente para que todos los microorganismos presentes sea eliminados.

La planta de agua potable cuenta con las condiciones adecuadas para realizar la desinfección con cloro gas antes de ser distribuida a la población; pero éste no se le realiza por falta de control.

4.3.2. Falta de mantenimiento de la planta de tratamiento.

El tipo de proceso que se aplica en la planta de agua es tratamiento físico simple que consiste en una desinfección, filtración rápida y sedimentación, de esta manera permitiendo que su mantenimiento y limpieza sencilla, a pesar de ello no se puede asegurar que ésta planta realice ésta actividad adecuadamente, ya que se observo algunas anomalías que se presentan a continuación:

- Se pudo detectar fisuras en el tanque de tratamiento observando fugas de agua en una manera descontrolada con un caudal perdido de agua de 1.6 L/S, además estas fisuras

Figura 3. Fisura del tanque sedimentador.



- En la base del tanque de sedimentación se observó la presencia de gravilla.
- Falta de mantenimiento del material de remoción, ya que en la base del tanque hay la presencia de arcillas.
- Falta de control del flujo del caudal, debido a que en épocas de lluvia el caudal del agua en el tanque rebosa.
- En el tanque de estabilización de caudal existe una acumulación excesiva de sedimentos, que afectan a la calidad de agua de la planta.

4.3.3. Ausencia de condiciones de seguridad.

Los elementos a señalar relacionados con éste aspecto se resumen en lo siguiente:

- El acceso a la planta es libre, pues a pesar de existir una cerca perimetral de alambre de púa, la puerta de entrada no cuenta con seguridad alguna que impida el paso a personas ajenas.
- El tanque donde se trata el agua están en la misma situación, no está protegido y las personas que tiene ganadería por los alrededores de la planta pasan por los extremo del tanque de tratamiento sin ningún impedimento.
- No existe letreros de señalización que indique que se prohíba el paso a personas ajenas.

4.3.4. Ineficiencia en procesos de tratamiento

Las dimensiones con las que fue diseñado el tanque sedimentador exceden lo necesario para operar eficientemente, ocupando un área de 47.35 m². Además, este sistema físico cumple solo el proceso de sedimentación, sin filtración. Las dimensiones del tanque son los siguientes:

- Largo del sedimentador: 17.87 m
- Ancho del sedimentador: 2.65 m
- Profundidad del Sedimentador: 1 m
- Espesor de la pared del sedimentador: 0.18 m
- El volumen del sedimentador: 47.35 m³

Pese a estas dimensiones tanto de área como volumen del tanque sedimentador no está siendo eficiente, ya que en base a los resultados obtenidos de los análisis de agua podemos ver no se está removiendo los sedimentos presentes en el agua de una manera adecuada. Afectando la calidad de agua que se está brindando a la población del barrio las Américas, puesto que no se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la normativa para agua de consumo humano, por ende el sistema de tratamiento debe ser rediseñado para alcanzar a los estándares requeridos.

5. PLAN DE MANEJO PROPUESTO

5.1. Actividades

A continuación se plantean las propuestas para solucionar los problemas detectados en el sistema de tratamiento de la planta de agua potable durante el proceso de análisis y evaluación.

5.1.1. Redimensionamiento de la etapa de sedimentación

Esta propuesta consistirá en lograr que la etapa de sedimentación disponga del área, longitud, anchura y profundidad necesario para garantizar que éste proceso se verifique exitosamente. Dado que el tanque sedimentador es el único proceso físico de que posee la planta de agua para la precipitación de las partículas presentes, y que las dimensiones actuales del sedimentador son muy grandes, además la eficiencia de remoción de las partículas es de 64.91%, siendo baja y existiendo fisuras que llegan hasta la base del mismo.

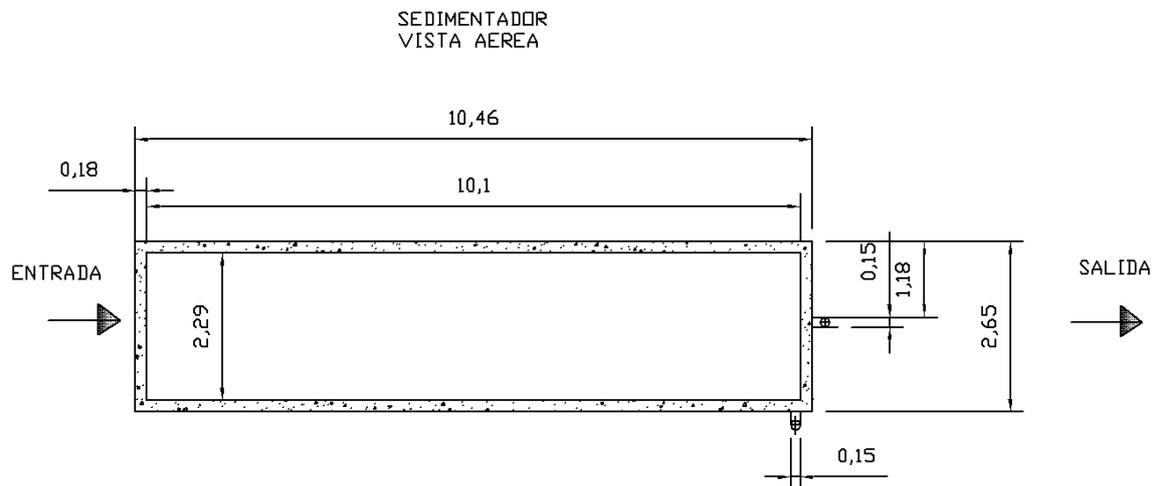
Se propone reconstruir el tanque sedimentador simple de forma rectangular y al mismo tiempo agregar un proceso físico que es un filtro lento descendente que se explicara más adelante, para tener una mejor remoción de los sedimentos y disminuir la concentración materia orgánica presentes en el agua.

Es por esto que se propone primeramente la reconstrucción del sedimentador con un nuevo dimensionamiento para una población futura de 1628 habitantes con un crecimiento poblacional de 3.4% y un periodo de crecimiento poblacional de 25 años en el barrio las Américas, tomando en cuenta que la población actual es de 706 habitantes según el censo poblacional 2010, para un consumo máximo día de 4.56 L/S, se presenta a continuación las dimensiones del sedimentador:

- Largo del sedimentador: 10.46 m²
- Ancho del sedimentador: 2.29 m
- Profundidad del Sedimentador: 1.10 m
- Angulo de inclinación 10%

- El volumen del sedimentador: 23.106 m³
- Área del Sedimentador: 23.11 m²

Figura 4, sedimentador convencional de flujo horizontal



Elaborado por: La Autora.

En el anexo 7 se encuentra los plano completos de sedimentador con sus respectivas dimensiones, tuberías entrada y salida de agua, las válvulas.

5.1.2. Diseño de filtros lentos de flujo descendentes

Es un proceso físico químico clave en este sistema de tratamiento, ya que cumple un doble objetivo: de remover impurezas y desarrollar una actividad biológica que garantice la remoción de materia orgánica y de agentes patógenos, como la retención microorganismos Coliformes fecales y totales. El proceso de purificación del agua es biológico, y se produce fundamentalmente en una capa de lodo biológico que se forma en la superficie de la arena.

Este proceso consistirá de un tanque que contiene una capa sobre nadante de agua cruda, un lecho de arena filtrante, un sistema de drenaje para recolección del agua tratada, y un juego de dispositivos para regulación y control del filtro.

Las dimensiones del tanque de filtración serán las siguientes:

- Profundidad: 2.55 m
- Ancho: 2.29 m

- Largo: 6 m
- Velocidad de filtración: 0,2 m/h

EL lecho filtrante constituirá una capa de 1 m de arena con un tamaño efectivo de 1.5 a 0.35 mm, apoyada sobre una capa de grava de 35 cm con las siguientes características:

Tabla 13, *Diámetro de la grava.*

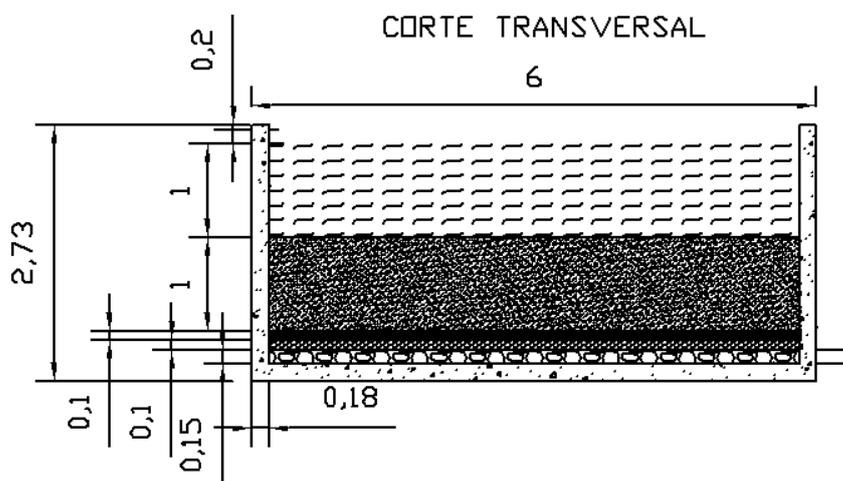
Capa N°	Diámetro mm	Espesor m
1	1,4	0,1
2	5,6	0,1
3	23	0,15

Fuente, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

La capa de agua sobre nadante tendrá una altura de 1 m y se dejará un borde de 0,2 m en la caja del filtro.

El sistema de drenaje estará constituido por tubos perforados de PVC de 3 pulgadas; el espaciamiento entre laterales será de 1 m; el diámetro de los orificios será de 4 mm la permitirá la entrada del caudal correspondiente al caudal de servicio de cada lateral; el espaciamiento entre los orificios será entre 0,1 m. Las tuberías irán incorporadas dentro de una capa de grava de 0,15 m de espesor, con partículas de 25 mm a 50 mm de diámetro. En el anexo 8 se encuentra el plano completo del filtro, con sus dimensiones, sistema de drenaje, válvulas, con su vista área y transversal.

Figura 5, Filtro lento de flujo descendente.



Elaborado por: La Autora.

Se deberá cambiar cada 6 meses el material filtrante tanto la arena como la grava, para garantizar la eficiencia del mismo.

5.2. Cloración del agua tratada en la planta al final del tratamiento

Tomando en cuenta que en la planta de agua potable no se realiza el proceso de cloración al final del proceso tratamiento, si no al inicio del sistema con cloro en grano, a pesar de que ésta cuenta con las instalaciones necesarias para realizar el proceso de desinfección al final del proceso.

Según los resultados obtenidos en el análisis de agua existe una alta presencia de Coliformes fecales como totales es necesario usar el hipoclorito de sodio ya que este presenta una mayor concentración de cloro para eliminar los organismos presentes en la misma, para ello se calculó el volumen de hipoclorito de sodio que se aplica: 0,49 mg/día, para un caudal de agua de 347, 76 l/día.

Calculo de hipoclorito de calcio

1) Calculo del volumen de agua consumirse.

$$V_{agua} = QMD \frac{L}{S} * 86400 S$$

$$V_{agua} = 347,76 L/día$$

2) Volumen de cloro (consumo del consumo de cloro):

$$V_{CL} = \frac{(V_{\square} \text{ agua} * 1ppm)}{0,70} g/día$$

$$V_{CL} = \frac{(350,78 \frac{L}{día} * 1g/L)}{0,70}$$

$$V_{CL} = 0,49 g/día$$

Por esta razón se recomendará que se efectúe el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio en la instalado en la planta y así eliminar los agentes patógenos que puedan causar daños a la salud.

5.3. Aplicación de condiciones de seguridad en las instalaciones del sistema de tratamiento.

Como el acceso a la planta es libre y no cuenta con cerramiento adecuado, para mejorar estas condiciones de seguridad se propone construir un cerramiento de cemento en toda el área del sistema de tratamiento de la planta y además construir

una puerta de metal que tendrá e respectivo candado, para evitar que las personas particulares ingresen a la planta de agua y hagan uso del agua del tanque de sedimentación como lo hacen actualmente, alterando de esta manera la calidad de agua de la misma.

También se plantea ubicar letreros con la respectiva señalización que indique que se prohíba el paso a personas ajenas y los nombres de los diferentes procesos de tratamiento que posee la planta de agua.

5.4. Programa de vigilancia, control de la calidad del proceso y capacitación

La Junta de agua potable que es organismo responsable de la vigilancia y es quien deberá realizar periódicamente análisis e inspecciones sanitarias de los sistemas de abastecimiento de agua potable del barrio las Américas y evaluar los peligros microbiológicos, las sustancias químicas que alteran la calidad de la misma. Se deberá llevar analizar las muestras de agua a un laboratorio para un análisis bacteriológico para controlar la calidad de la misma y a través de ese control proteger a los consumidores.

También es indispensable realizar programas de educación a la comunidad y de atención primaria de Salud, para lograr que la población tome conciencia no solo de su derecho al abastecimiento de agua seguro sino también de su responsabilidad de usar y mantener en forma correcta e inteligente su sistema de abastecimiento.

Se debe realizar la capacitación al personal técnico que trabaja en la planta por lo menos una vez al año, ya que es imprescindible que el mismo este bien instruido por que es el encargado de dar manejo, mantenimiento, proteger, inspeccionar los abastecimientos con el fin de detectar una posible contaminación del agua por actividades humanas o animales cerca a la fuente abastecimiento, de fugas de agua, controlar el correcto funcionamiento de la planta, etc.

5.5. Indicadores, medios de verificación y responsables

Tabla 14, Matriz de indicadores, medios de verificación y responsables del Plan de Manejo.

MEDIDAS AMBIENTALES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACION	Responsables
Redimensionamiento de la etapa de sedimentación	Eficiencia en la remoción de partículas de al menos un 80%	Informe de análisis de laboratorio e interpretación de resultados	Junta de agua potable
Diseño del filtro lento de flujo descendente	Disminución de la concentración de materia orgánica y partículas sedimentables en un 500 ml/L	Informe de análisis de laboratorio e interpretación de resultados	Junta de agua potable
Cloración del agua tratada en la planta al final del tratamiento	Disminución de la materia orgánica (Coliformes fecales y totales) en un < 2 nmp/100ml.	Informe de análisis de laboratorio e interpretación de resultados	Junta de agua potable
Aplicación condiciones de seguridad en las instalaciones del sistema de tratamiento (puerta y cerramiento)	Disminución en la alteración de la calidad de agua por personas que particulares que ingresan a la planta	Informe, análisis de laboratorio e interpretación de resultados	Junta de agua potable
Programa de vigilancia, control de la calidad del proceso y capacitación	Taller de manejo y mantenimiento de las de agua potable. a los trabajadores de la planta.	Registro de firmas	Junta de agua potable y gobierno autónomo descentralizado de municipal de Pastaza
Programa de vigilancia, control de la calidad del proceso y capacitación	Capacitación del uso y mantener en forma correcta e inteligente su sistema de abastecimiento de agua a la población.	Registro de firmas	Junta de agua potable y gobierno autónomo descentralizado de municipal de Pastaza
Programa de vigilancia, control de la calidad del proceso y capacitación	Capacitación de atención primaria al a Salud.	Registro de firmas	Junta de agua potable y ministerio de salud publica

5.6. Análisis económico y Presupuesto

Para el análisis se tomó en cuenta los ingresos y egresos económicos que posee la junta de agua potable del barrio las América que obtiene a partir de la tarifa que se cobra de 3 dólares por 20m³ de agua y 15 centavos de dólar de excedente adicional a los 20m³ de agua a los usuarios de este servicio del barrio las Américas.

Tabla 15, Ingresos y egresos semestral

Análisis Semestral de costos de la Junta de Agua Potable de las Américas			
Fecha	Ingresos	Egresos	Saldo
Julio	1968.65	1449.2	519.45
Agosto	2583.31	1112.59	1470.72
Septiembre	1606.69	1180.76	425.93
Octubre	1995.15	2398.51	-403.36
Noviembre	1251.5	1339.88	-88.38
Diciembre	1775.36	1809.65	-34.29
Total	11180.66	9290.59	1890.07

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Junta de Agua potable del Barrio las Américas.

Tabla 16, Costos de implementación del Plan de Manejo

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES Y PRECIOS					
Infraestructura y Equipamientos					
Rubro	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario*	P. Total
1	Arreglo de tubería de ingreso de agua	glb	1.00	136.00	136.00
2	Derrocamiento a mano estructura existente	m ³	3.00	45.73	137.19
3	Muro de H.S. f'c=210 kg/cm2 con encofrado h=3m	m ³	7.61	252.48	1,921.37
4	Hierro estructural fy=4200 kg/cm2	Kg	570.00	2.41	1,373.70
5	Enlucido vertical (paleteado)mortero 1:3	m ²	84.56	9.21	778.80
6	Tubería PVC de 75 mm perforada	ml	17.50	4.50	78.75
7	Arena clasificada para filtros	m ³	13.74	84.72	1,164.05
8	Grava clasificada para filtros	m ³	4.81	78.02	375.28
9	Tubería PVC D=110 mm 1.25 MPA unión Z	ml	5.00	12.36	61.80
10	Hipoclorito de calcio al 65% de cloro	kg	200	2.60	520
				SUBTOTAL	6586.94
Capacitación, Vigilancia y Control de Calidad					
	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario*	P. Total
1	Taller de manejo y mantenimiento de las de agua potable a los trabajadores de la planta.	Dólares	2	200	400
2	Capacitación del uso y mantener en forma correcta e inteligente su sistema de abastecimiento de agua a la población.	Dólares	1	200	200
3	Capacitación de atención primaria al a Salud.	Dólares	1	200	200
				SUBTOTAL	800
				TOTAL	7386.94

Elaborado por: La Autora.

Fuente: Valores de precios unitarios considerados por el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial De Pastaza

Los valores correspondientes a la implementación del proyecto se financiarán con recursos propios que posee la Junta de Agua Potable del Barrio las Américas.

5.7. Cronograma para la implementación del diseño de la planta

Tabla 17, Cronograma de actividades para la ejecución del diseño propuesto.

Actividades	Meses																							
	1				2				3				4				5				6			
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Presentación del proyecto	■	■	■	■																				
Aprobación del proyecto				■																				
Socialización del proyecto					■																			
Licitación del proyecto					■	■	■	■																
Construcción del sistema de tratamiento de agua potable-									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Fiscalización del proyecto									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Finalización de la obra																							■	■
Operación de la planta de agua																								■
Evaluación de la eficiencia de la planta																								■

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de la presente investigación se arriba a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la caracterización físico-química y bacteriológica realizada, el agua tratada en la planta, permitió conocer que aquella no presenta condiciones para el consumo humano, ya que los parámetros como Coliformes totales, Coliformes fecales y DBO₅ superan a los límites máximos permisibles que establece la Normativa.
- El proceso de cloración realizado en la planta no cumple con su propósito (remoción de microorganismos) ya que no se lo efectúa al final del proceso de tratamiento del agua.
- El componente de la planta destinado a sedimentación no cumple con los requerimientos de diseño. El tanque se encuentra deteriorado y presenta fisuras que no garantiza la efectividad de la misma. Además, las dimensiones con las que fue diseñado el tanque sedimentador exceden lo necesario para operar eficientemente.
- Se formuló un Plan de Manejo consistente en la construcción de un tanque de sedimentador convencional de flujo horizontal que disponga del área, longitud, anchura y profundidad necesario para garantizar que éste proceso se verifique exitosamente; un filtro lento de flujo descendente donde removerá impurezas y desarrollará una actividad biológica que garantice la remoción de materia orgánica y de agentes patógenos y realizar el proceso de desinfección al final del proceso con hipoclorito de calcio.

7. RECOMENDACIONES

- Implementar el sistema de tratamiento propuesto y las acciones recomendadas en este trabajo, a fin de dotar a la población del barrio las Américas un agua potable de alta calidad que garantice beber un líquido seguro libre de microorganismos patógenos.
- La Universidad Estatal Amazónica, como consumidor y beneficiario de esta red de agua, debería impulsar y realizar nuevos estudios y/o proyectos en convenio con la Junta de Agua Potable del barrio Las Américas para el mejoramiento de la calidad de la misma, así como análisis de aguas y otras medidas que contribuyan a la aplicación del Programa de Vigilancia y Control de Calidad y actividades de capacitación, todas ellas establecidas en el Plan de Manejo Propuesto.

8. RESUMEN

La presente tesis se realizó con el objetivo de realizar un estudio del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua del Barrio las Américas, a fin de proponer medidas que contribuyan a mantener una calidad de agua apta para consumo humano, en el cual se realizó un diagnóstico de la situación actual de los diferentes componentes del sistema de la planta, la caracterización microbiológica y físico-química del agua y la propuesta de un plan de manejo que mejore la eficiencia del sistema de la planta.

Para la caracterización del agua se tomaron muestras compuestas de agua de 3 puntos de muestreo obteniendo en cada muestra 10 submuestras cada 15 minutos en un tiempo de 2 horas, durante 14 días, logrando una muestra cada 7 días para que los resultados sean confiables, estas muestras fueron colocadas en cooler y analizadas en un laboratorio, donde se caracterizaron los siguientes parámetros: sólidos totales, turbidez, DBO₅, Coliformes totales y Coliformes fecales para determinar la calidad del agua. Los valores obtenidos en cada análisis se compararon mediante métodos de estadística descriptiva entre sí y los parámetros establecidos en la normativa ambiental INEN y el TULAS para agua de consumo humano, donde se determinó que en los parámetros de sólidos totales y turbidez se encuentra por debajo de los límites permisibles, pero en los parámetros DBO₅, Coliformes totales y Coliformes fecales se encuentra por encima de los límites máximos permisibles que establece la normativa, por lo tanto se puede determinar que el sistema de tratamiento de la planta no es eficiente en un 44.05% para Turbidez, un 92,64 % DBO₅, un 64,91 % para Coliformes totales y un 60,53% para Coliformes fecales, además que no existe una adecuada remoción de los mismos y el diseño de la etapa como el caso específico del sedimentador no se adecuan a las necesidades del proceso.

Para esto se propone un plan de manejo que consiste en la construcción de un tanque de sedimentación convencional de flujo horizontal que disponga del área, longitud, anchura y profundidad necesario para garantizar que éste proceso de sedimentación de las partículas exitosamente, para una población futura de 1628 habitantes con un crecimiento poblacional de 3.4% y un periodo de crecimiento poblacional de 25 años, para un consumo máximo día de 4.56 L/s; un filtro lento de flujo descendente que remueva impurezas y desarrolle una actividad biológica que garantice la remoción de materia orgánica y de agentes patógenos, además se propone realizar el proceso de desinfección al final del proceso con hipoclorito de calcio.

9. SUMMARY

This thesis was carried out with the objective of carrying out a study of the functioning of the water treatment plant of Barrio las Américas, with the goal of proposing measures that contribute to maintaining the quality of water apt for human consumption, in which a diagnostic of the current situation of the different components of the system of the plant, the microbiological and physical-chemical characterization of the water was carried out, and the proposal of a plan of management that improves the efficiency of the system of the plant.

For the characterization of the water, samples were taken composed of water from 3 points of sampling, obtaining in each sample 10 subsamples each 15 minutes during a time of 2 hours, during 14 days, achieving a sample each 7 days so that the results are trustworthy. These samples were placed in a cooler and analyzed in a laboratory, where the following parameters were characterized to determine the quality of the water: total solids, turbidity, DB05, total coliforms, and fecal coliforms. The values obtained in each analysis were compared to each other through methods of descriptive statistics, and were compared to the parameters established in the environmental normative INEN and the TULAS for water for human consumption, where it was determined that in the parameters of total solids and turbidity were found to be below the permitted limits, but in the parameters DB05, total coliforms and fecal coliforms it was found to be above the maximum permitted limits, which shows that the system of treatment in the plant is not efficient in 44.05% for turbidity, 92.64% for DB05, 64.91% for total coliforms and 60.53% for fecal coliforms. It also shows that no adequate method for the removal of those contaminants mentioned exists, and the design of the process in this specific case of the settler is not adequate to the needs of the process.

For this a plan of management is proposed that consists of the construction of a conventional tank of sedimentation of horizontal flow that has the available area, longitude, width and depth necessary to guarantee that this process of sedimentation of the particle will be successful for a future population of 1628 inhabitants with a population growth of 3.4% and a population growth period of 25 years, for a maximum daily consumption of 4.56L/s. It should have a filter of slow descending flow that removes impurities and develops a biological activity that guarantees the removal of organic material and pathogenic agents. It is also proposed to carry out the process of disinfection at the end of the process with calcium hypochlorite.

BIBLIOGRAFÍA

- AWWA, 2007, Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. Cover design, book layout & production. [online] Disponible en. www.melanieschiff.com/books.html.
- American Water Works Association, 2002, Calidad y tratamiento del agua. [1era Edición]. Editorial McGraw-Hill. España.
- Calderón C, 2002, Institut Municipal de Salut Pública. Ajuntament de Barcelona. Actualmente en Pfizer Global Research&Development. España.
- American Public Health Association (APHA), 1995, Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 21o Edición. USA.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 1998, Norma Oficial Mexicana. Análisis de agua- Determinación de sólidos. [Normas]. México.
- CICEANA, 2006, Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América. CICEANA, A. C. México.
- Donaires F, 2000, Recurso Hídrico, desde una perspectiva sostenible, calidad de agua. [Módulo II]. Perú: Tema 2.
- Diaz C, Garcia D. y Solis C, 2003, Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas. Indicadores de contaminación fecal en aguas. [Capítulo 20]. México: Revista HIDRORED.
- Díaz L, 2009, Simulación de redes de distribución de agua. Parte I: Redes Ramificadas Área Mecánica de Fluidos. Departamento Tecnología. Universitat Jaume [Manual de Prácticas de Fundamentos de la Mecánica de Fluidos]. España.
- ENOHSA, 2008. Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento. Selección del sistema de tratamiento. [Capítulo VII]. Argentina.
- GESTA AGUA, 2005, Grupo de Estudio Técnico Ambiental. Parámetros Organolépticos. [Estudio]. Perú.
- Jacome D, 2010, Proyecto de inversión “Planta Purificadora de agua Esmeralda. [Tesis]. Mexico. Pag. 44
- Madigan, M.; Martinku J. y Parker J, 1997, “biología de los microorganismos”. Prentice hall. Madrid. Octava edición. 986 págs.
- Maldonado V, 2000, Sedimentación. [Capitulo 7] Venezuela.

- Martínez P, 2006, Calidad y Normatividad del agua para consumo humano. Calidad del agua es calidad de vida. México. 103 Pag.
- Medrano W, 2011, Evaluación de la calidad de aguas residuales de la Planta de tratamiento de alba rancho (semapa) con fines de riego. [Tesis de Maestría]. Bolivia: UMSS.
- NTE INEN, 2010, Instituto Ecuatoriano de Normalización, Norma Técnica Ecuatoriana, 1108 Agua Potable. Requisitos. Libro VI, Anexo I. Ecuador.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2004, Parámetros de calidad de agua para el consumo humano.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), 1996, La desinfección del agua. [Volumen 2]. Oficina Regional Europea.
- Orellana J, 2005, Características del Agua Potable. [Unidad Temática N° 3]. Ingeniería Sanitaria. Universidad Técnica Nacional Facultad Regional Rosario. Argentina.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS), 1996, Calidad del agua tratable en América Latina. Washington: ILSI Press.
- Organización Panamericana de Salud (OPS), 2005, Guía para el Diseño de Redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua. Perú.
- Organización Mundial De La Salud (OMS), 2004, Guías para la calidad del agua potable [Volumen 1]. Ginebra: Tercera Edición.
- Orellana, J 2005, Tratamiento de las Aguas, Ingeniería Sanitaria- UTN – FRRO [Unidad Temática N° 6]. Argentina.
- Pérez F y Urrea M, (2008), Potabilización de Aguas, Coagulación y floculación. Universidad Politécnica de Cartagena. [Capítulo 3, Tema 6]. Colombia.
- Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Calidad del Agua y Normatividad del Agua para Consumo Humano 2006, [Online], Disponible en: (<http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap5.pd>).
- Restrepo Hernán, 2009, Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una Planta de tratamiento de agua potable. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Minas. Colombia.

- Romero J, 2008, Tratamiento de Aguas Residuales. Edición Segunda. Escuela Colombiana de Ingeniería; Manejo del Agua, Calidad del Agua. Colombia.
- Rodriguez R, 2010, La Dureza del Agua. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe. Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental. Argentina.
- Romero J, 2008, Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Ed. Escuela Colombiana de Ingenierías. Colombia.
- Romero M, 2008, Tratamientos utilizados en potabilización de agua. [Boletín Electrónico No. 08]. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Sarmiento, L 2009, Conceptos sobre Eutrofización para docentes del área cordillerana. Laboratorio de Ecología Acuática - Facultad de Cs. Naturales. Observatorio del Agua – Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad Nacional de la Patagonia SJB. Argentina.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2000, Coliformes fecales y totales. [Diccionario]. México.
- Sánchez, N 1997. Enfermedades de transmisión hídrica. La Habana. Cuba.
- Secretaria nacional del Agua (SENAGUA), Como se trata el Agua en la Nueva Constitución. [Art. 281]. Ecuador.
- , La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental (SSA), 1992, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI, Anexo 1 que son Normas de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Ecuador.
- Thomas, G 1997, la fluoruración del agua un manual para operadores de planta de agua. [Manual]. Chile.
- UNEP-IETC, 2001. Planeamiento e gerenciamiento de lagos e reservatorios: uma abordagem integrada ao problema da eutrofizacao. IETC techical Publication Series 11. Sao Pablo. Brasil.
- Vargas L, 2004 tratamientos de agua para consumo humano, Plantas de filtración rápida, Aspectos Físicoquímicos de la Calidad Del Agua [Capitulo 1, Tomo 2]. Perú.

- VeoliaEnvironnement, 2006, Tratamiento de agua. Tecnologías .Decantación. [online] Disponible en. www.globe.veoliaenvironnement.com/globe/es/medio-ambiente/desarrollo-sostenible/agua/tratamiento-agua.
- Witt, V. y Reiff, F 1993. Desinfección del Agua a Nivel Casero en Zonas Urbanas Marginales y Rurales. Washington, D.C.
- WIKIPEDIA, 2012 Eutrofización. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Eutrofiza>, Causas de_la_eutrofizaci.n, 20 de Julio 2012. Ecuador.

ANEXO

Anexo 1. Norma INEN El Agua. Límites Máximos Permisibles para agua Potable.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Coliformes Totales	nmp/100 ml		<2*
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		<2*
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Turbiedad		UTN	5

Fuente: Norma NTE INEN 1108:2010

Anexo: 2 TULAS. Límites Máximos Permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Turbiedad		UTN	100

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), Libro VI, Anexo 1.

Anexo: 3 TULAS. Límites Máximos Permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permisible
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Turbiedad		UTN	10

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Libro VI, Anexo 1.

Anexo: 4 Los resultados del tiempo de llenado en los puntos de muestro del caudal (Punto1, Punto2 y Punto 3) durante los 7 días de mediciones o muestreo.

AFORO DE CAUDAL						
Punto 1 río Puyo	Punto 2 río Apangora	Punto 3 Salida de tratamiento	Hora	Unidad	Fecha	Día
19.49	7.06	2	06:30	segundos	28/11/2011	Lunes
12.35	5.01	2.05	12:30	segundos	28/11/2011	Lunes
8.02	3.09	3	17:00	segundos	28/11/2011	Lunes
5.83	4.5	3.61	06:30	segundos	29/11/2011	Martes
5.4	3.9	3.45	12:00	segundos	29/11/2011	Martes
6.36	2.66	3.35	17:00	segundos	29/11/2011	Martes
8.02	4.23	0	06:30	segundos	30/11/2011	Miércoles
6.57	4.97	10	12:00	segundos	30/11/2011	Miércoles
5.04	5.36	3.62	17:00	segundos	30/11/2011	Miércoles
5.77	4.21	3.49	06:30	segundos	01/12/2011	Jueves
6.67	3.97	3.32	12:00	segundos	01/12/2011	Jueves
6.11	3.65	3.05	17:00	segundos	01/12/2011	Jueves
5.02	4.05	3.1	06:30	segundos	02/12/2011	Viernes
4.04	3.89	2.77	17:00	segundos	02/12/2011	Viernes
5.24	3.06	3.31	17:00	segundos	02/12/2011	Viernes
7.5	4.1	3.32	06:30	segundos	03/12/2011	Sábado
6.12	3.46	2.9	12:00	segundos	03/12/2011	Sábado
5.56	4.22	3.08	17:00	segundos	03/12/2011	Sábado
6.89	3.67	2.66	06:30	segundos	04/12/2011	Domingo
4.12	3.54	3.03	12:00	segundos	04/12/2011	Domingo
4.78	3.81	2.97	17:00	segundos	04/12/2011	Domingo
6.9	4.1	3.2	Tiempo promedio			
2.90	4.87	6.17	Caudal Promedio			

Anexo: 5 Informe de los Resultados de los análisis de laboratorio del agua de planta de agua potable del barrio las Americas.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Gisela Albán **INFORME N°:** 072 – 11
EMPRESA: Universidad Estatal Amazónica. **N° SE:** 072 – 11
DIRECCIÓN: Pichincha y Cuenca (Puyo) **FECHA DE RECEPCIÓN:** 21 – 10 – 11
TELÉFONO: 084737740 **FECHA DE INFORME:** 29 – 10 – 11

NÚMERO DE MUESTRAS: 3 **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA – 586-11 M1 Agua
 MA – 587-11 M2 Agua
 MA – 588-11 M3 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 586 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0,08	21-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	80	21-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	2,90	21-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	53	21-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	25	21-10-11

MA – 587 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	1,77	21-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	142	21-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	3,70	21-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	68	21-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	35	21-10-11

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
 -Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.





MA - 588 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	0,80	21-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	76	21-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	1,10	21-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	39	21-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	12	21-10-11

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Ing. Benito Mendoza T.
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.

Ing. Benito Mendoza T
TÉCNICO DEL L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Srta. Gisela Albán **INFORME N°:** 073 – 11
EMPRESA: Universidad Estatal Amazónica. **N° SE:** 073 – 11
DIRECCIÓN: Pichincha y Cuenca (Puyo) **FECHA DE RECEPCIÓN:** 28 – 10 – 11
TELÉFONO: 084737740 **FECHA DE INFORME:** 07 – 11 – 11

NÚMERO DE MUESTRAS: 3 **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA – 589-11 M1 Agua
MA – 590-11 M2 Agua
MA – 591-11 M3 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 589 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	9,79	28-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	82	28-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	3,10	28-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	141	28-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	100	28-10-11

MA – 590 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	2,71	28-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	3,30	28-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	106	28-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	560	28-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	300	28-10-11

En el caso.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 2

L.S.A. Campus Máster Edison Riera Km 1 ½ vía a Guano Bloque Administrativo.

FMC2101-01





MA - 591 - 11

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	FECHA DE ANÁLISIS
Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	2,85	28-10-11
Sólidos Totales	mg/l	PE-LSA-04	110	28-10-11
DBO ₅	mg/l	STANDARD METHODS 5210 B.	4,10	28-10-11
Coliformes Totales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	124	28-10-11
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	STANDARD METHODS 9221 C	89	28-10-11

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Ing. Benito Mendoza T.
Dr. Juan Carlos Lara R.
Dr. Jinsop Mario Ruiz B.



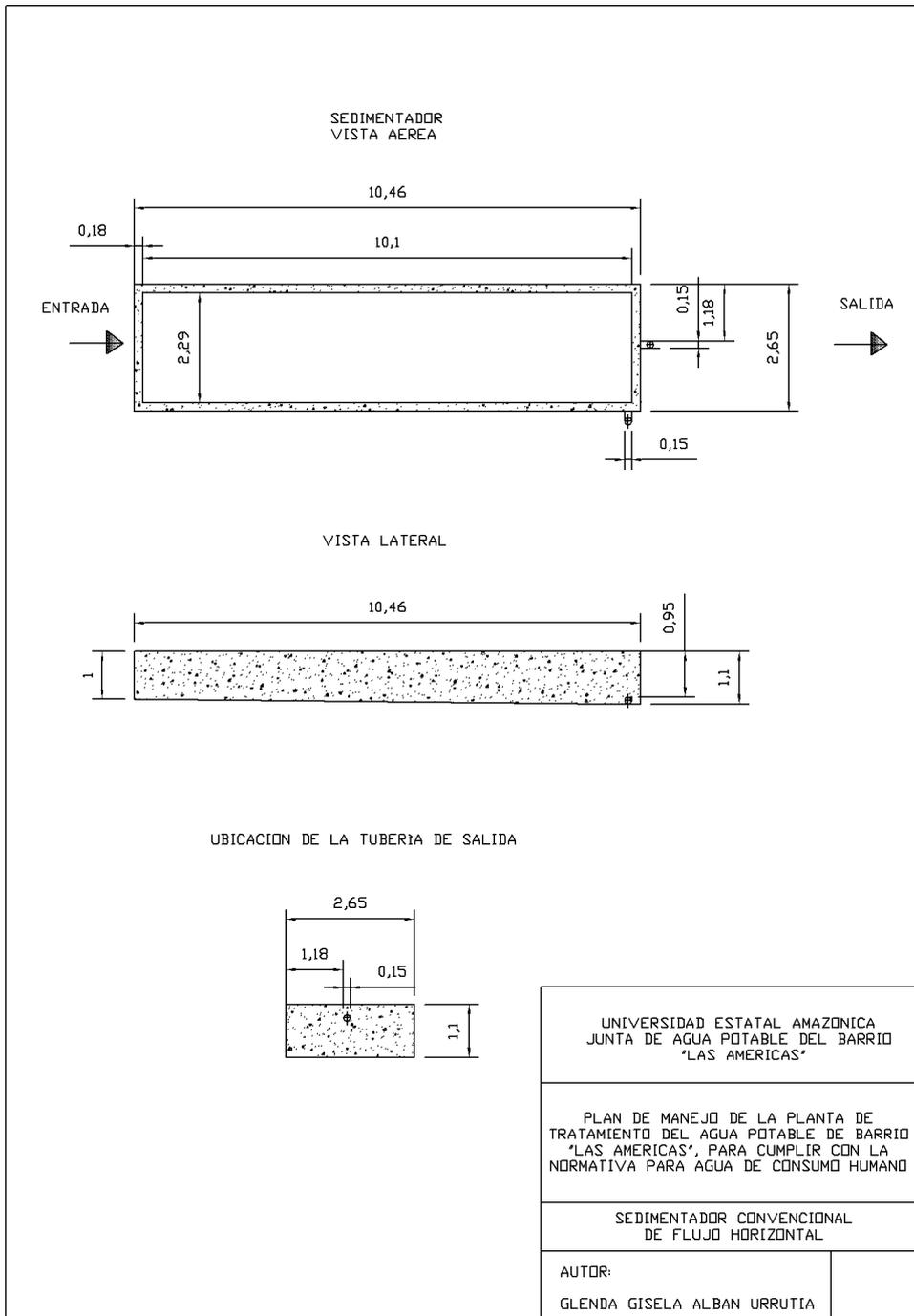
Ing. Benito Mendoza T.
TÉCNICO DEL L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

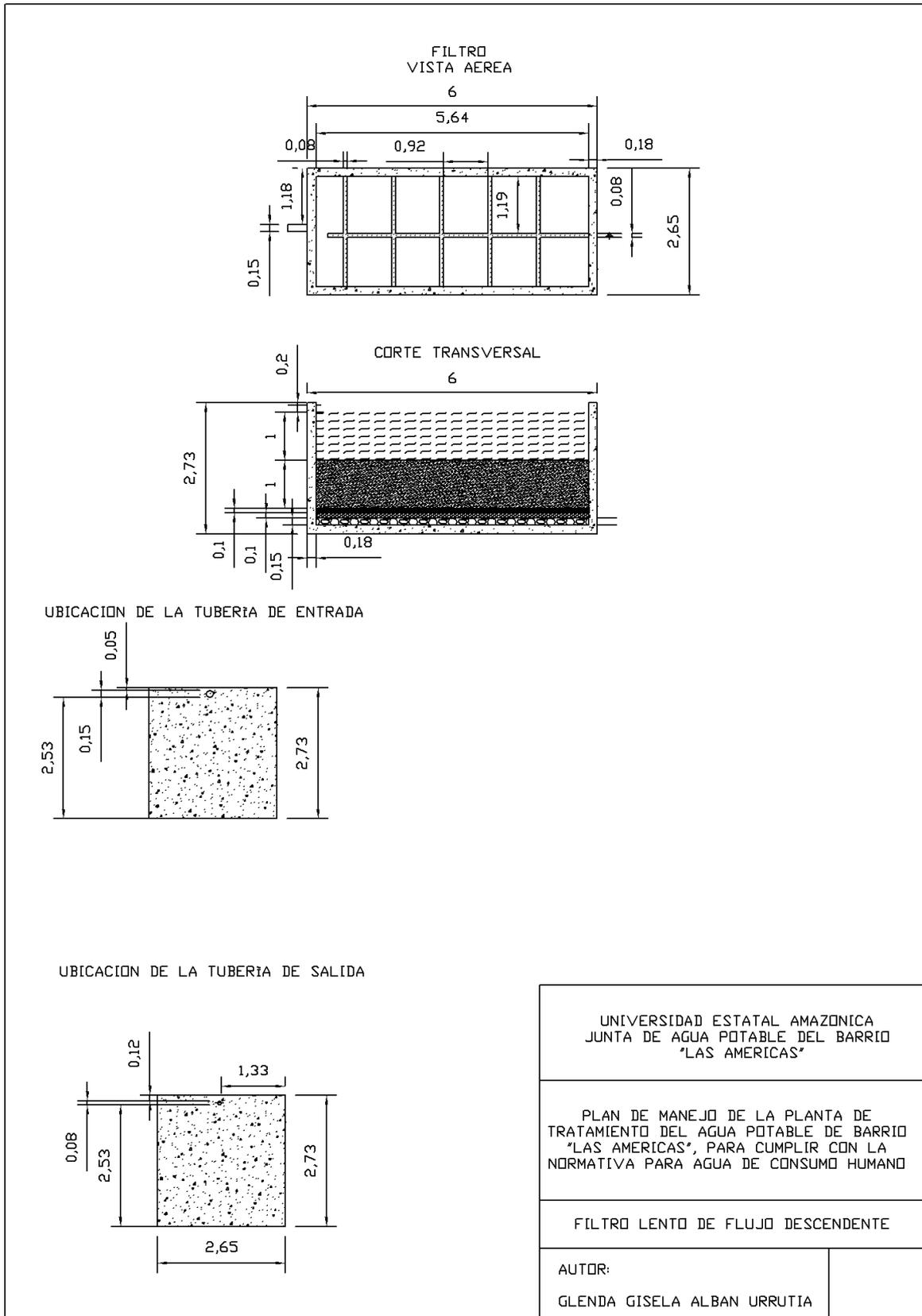
Anexo: 6 Interpretación de los resultados de los análisis de agua realizados en los diferentes puntos de muestro.

ANÁLISIS DE AGUAS							
Parámetros	Unidades	Resultados Muestras			Límites Máximos Permisibles		Fecha
		Río Puyo	Río Apangora	Salida del Tratamiento	TULAS Tratamiento con desinfección	INEN	
Turbiedad	UTN	0,08	1,77	0,80	10	5	21/10/2011
Sólidos Totales	mg/l	80	142	76	500	1000	21/10/2011
DBO5	mg/l	2,90	3,70	1,10	2		21/10/2011
Coliformes Totales	UFC/100ml	53	68	39	50*	<2*	21/10/2011
Coliformes Fecales	UFC/100ml	25	35	12		<2*	21/10/2011
Turbiedad	UTN	9,79	2,71	2,85	10	5	28/10/2011
Sólidos Totales	mg/l	82	3,30	110	500	1000	28/10/2011
DBO5	mg/l	3,10	106	4,10	2		28/10/2011
Coliformes Totales	nmp/100ml	141	560	124	50*	<2*	28/10/2011
Coliformes Fecales	nmp/100ml	100	300	89		<2*	28/10/2011

Anexo 7. Planos del diseño sedimentador en vista aérea y lateral.



Anexo 8. Planos del diseño del filtro lento de flujo descendente en vista aérea y transversal.



Anexo: 9 Sistema de tratamiento de la Planta de agua potable del barrio las Américas.



Fotografía 1. Aspecto actual del sedimentador y del dispensador de energía.

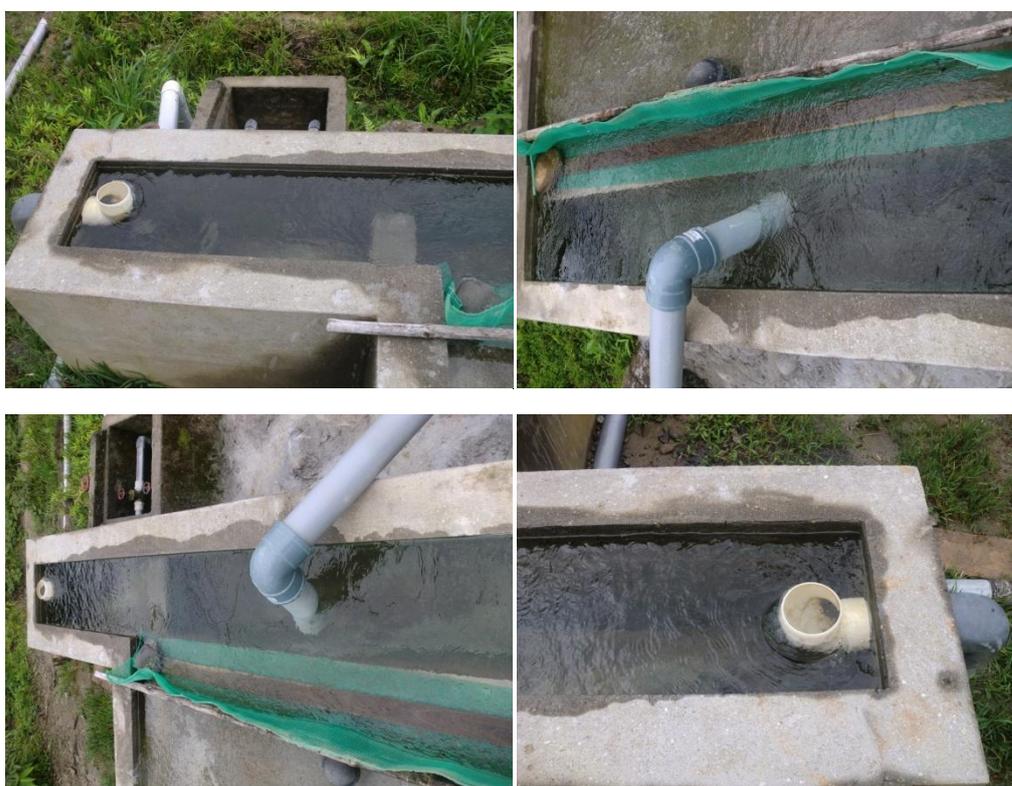


Figura 2. Captación del río Puyo y del río Apangora



Figura 3. Salida del agua tratada del tanque de sedimentación, cubierta con malla para que ingresen insectos y asuras.



Figura 4. Cuarto de cloración sin utilizar.



Figura 5. Tanque de almacenamiento del agua tratada.