



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL
CANTÓN SAN MIGUEL DE BOLÍVAR”.**

Tesis de Grado Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR

BENIGNO RENATO BARRAGÁN NARANJO

DIRECTOR DE TESIS

ING. JOSE USIÑA

Riobamba-Ecuador

2014

Agradecimiento

A Dios y al Arcángel San Miguel a quienes les he encomendado toda mi vida y gracias a ellos he conseguido alcanzar las metas propuestas.

A mis incondicionales y siempre amados Padres, Marcia y León Benigno que siempre están ahí siendo mi apoyo y que gracias a su sacrificio y esfuerzo me han motivado para lograr la culminación de un escaño más de mi vida dándome la mano y muchos motivos cuando sentía decaer en el camino.

A mis hermanos Juan Andrés, Jairito y Alejita que influyeron mucho en la culminación de esta etapa brindándome su ayuda y ánimos en cada momento.

A mis abuelitos mis segundos padres especialmente a la Sarita que ha sido mi confidente mi amiga mi todo dándome con sus consejos sabiduría y más que todo su amor.

A todos mis primos, tíos, tías que con sus palabras de aliento son parte de este logro conseguido.

A mis amigos de aula con quienes he compartido muchas experiencias vividas llenas de alegrías y tristezas siendo mis confidentes.

A la EMAPA-SM por haberme permitido realizar esta investigación de manera principal al Ing. Raúl Allán que eternamente le quedare agradecido por su colaboración y más que todo por su sincera amistad.

Al Ing. José Usiña Director de Tesis y a la Ing. Mónica Andrade miembro de tesis quienes contribuyeron con sus conocimientos para la realización de esta investigación.

Y en fin a todas aquellas personas que de una u otra forma han estado ahí dándome una palabra de aliento Dios les pague.

Dedicatoria

A mis padres que con su paciencia y mucha comprensión supieron darme todo lo necesario para ser una persona de bien, ahora me toca regresar un poquito de todo lo bueno que me han dado en estas palabras, Padre y Madre con todo mi amor y mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes.

RESUMEN

El rediseño de la planta de tratamiento de agua potable del cantón San Miguel de la Provincia Bolívar, con la aplicación de nuevas estructuras en el sistema de tratamiento para perfeccionar el abastecimiento del líquido que se distribuye a la población. El muestreo del agua se efectuó constantemente durante 4 semanas, en cada proceso de la planta de tratamiento actual, con la finalidad de realizar análisis físico-químicos y microbiológicos para verificar el estado actual de la planta donde, se identificó que el agua presentaba problemas de turbiedad y valores de Hierro que estaban fuera del límite permisible de la Norma INEN 1108. Para la realización de los diferentes análisis físicos-químicos se trabajó con equipos portátiles para la medición de color, y el espectrofotómetro para determinar la cantidad de los componentes presentes en el agua.

Los resultados obtenidos al final de esta investigación que se realizó en el laboratorio de la planta de tratamiento, permitieron establecer que el rediseño contará con un caudal de tratamiento de $0,08786 \text{ m}^3/\text{s}$, una proyección de 15 años de funcionamiento, requiere un sistema de aireación que cuenta con 6 torres y 5 bandejas en cada torre, un medidor de caudal Parshall con un ancho de la garganta $W = 0,46\text{m}$, altura de la cresta sobre la garganta $H_a = 0,2 \text{ m}$, altura del agua sobre la garganta $H_b = 0,14 \text{ m}$, un sistema de floculación en el que se utiliza un canal de mezcla rápida con un tiempo de mezcla de $2,42\text{s}$ y un floculador de flujo vertical de 6m de longitud y 2m de profundidad, un sedimentador de flujo vertical con Velocidad de Sedimentación $V_s = 0,23\text{cm/s}$ con una longitud de 6m y una altura de 2m , filtros de arena y grava con una área de filtración de $12,55\text{m}^2$.

Se recomienda la construcción de las nuevas estructuras propuestas, para dotar a la población de agua que cumpla con la Norma INEN 1108 referente a Requisitos de Agua Potable, y cumpla con los valores de Turbiedad, Color y Hierro que están establecidos en la Norma NTE INEN 1108:2011.

SUMARY

The present work is the redesign of a fresh water treatment plant from San Miguel canton at Bolivar province, by applying new structures in the treatment system in order to improve the water supply in this location. There was a permanent water sampling during four weeks on each process of the current treatment plant , aiming to perform the physical-chemical and microbiological analysis and this way to verify the present conditions of the plant so , it was determined that the water showed turbidity problems and Iron values that were out of the limit than those permitted by INEN 1108 Norm. In order to carry out the different physical-chemical analysis, it was ought to use portable equipment for color measurement, and a spectrophotometer was used to determine the amount of components in the water.

The results obtained at the end of this research, performed at the treatment plant laboratory, allowed to set that the redesign will have a treatment flow of $0,08786\text{m}^3/\text{s}$, a projection of 15 years working time, it requires an air flow system which has 6 towers and 5 trays in each tower, a Parshall caudal meter with a groove width $W=0,46\text{m}$, ridge height above the groove $H_a= 0,2\text{m}$, height of water above the GARGANTA $H_b= 0,14\text{m}$, a flocculation system in which it is used a quick blend channel with a blending time of $2,42\text{s}$ and a flocculator of vertical flow with a sedimentation speed $S_s= 0,23\text{cm/s}$ of 5m length and 2m height, sand and gravel filters with a filtration area of $12,55\text{m}^2$.

The construction of the new structures proposed is recommended in order to provide the population water that reaches the INEN 1108 Norm referring to Fresh Water Requirements, and it accomplishes with the values of Turbidity, Color and Iron set on NTE INEN 1108:2011 Norm.

| NOMBRE | FECHA | FIRMA |
|---|--------------|--------------|
| Dr. Silvio Álvarez L. DECANO FAC. CIENCIAS | | |
| Ing. Mario Villacrés A. DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA | | |
| Ing. José Usiña. DIRECTOR DE TESIS | | |
| Ing. Mónica Andrade MIEMBRO DEL TRIBUNAL | | |
| Ing. Eduardo Tenelanda COORDINADOR CENTRO DOCUMENTACIÓN | | |
| NOTA DE TESIS | | |

“Yo, Benigno Renato Barragán Naranjo soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

Benigno Renato Barragán Naranjo

INDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|------------------------------|---|
| <i>Ha</i> | Altura de agua de la cresta |
| <i>Hb</i> | Altura de agua de la garganta |
| <i>w</i> | Ancho de la garganta |
| <i>Ho</i> | Altura del flujo de agua |
| <i>k₁</i> | Coefficiente de variación diaria |
| <i>k₂</i> | Coefficiente de variación horaria |
| <i>DB</i> | Dotación básica (L/hab*día) |
| <i>D</i> | Dotación de agua |
| <i>FM</i> | Factor de Mayorización |
| <i>QMd</i> | Gasto máximo diario |
| <i>QMh</i> | Gasto máximo horario |
| <i>Qmed</i> | Gasto medio diario |
| <i>t</i> | Número de años que se va a proyectar la población |
| <i>P</i> | Número de habitantes |
| <i>No</i> | Población al inicio del período |
| <i>Nt</i> | Población futura, resultado de la proyección |
| <i>r</i> | Tasa media anual de crecimiento |
| <i>Tus</i> | Total de usuarios servidos (habitantes) |
| <i>Vac</i> | Volumen de agua consumida (L/día) |
| <i>Q_{captación}</i> | Caudal de captación |

$Q_{tratamiento}$ Caudal de la Planta de Tratamiento

V_r Volumen de regulación

Q_{md} Caudal medio diario

V_i Volumen para protección contra incendios

p Población en miles

V_e Volumen de emergencia

V_t Volumen total

TA Carga Hidráulica

Q_d Caudal de diseño

N_{torres} Número de torres

g Gravedad

H Altura

V_s Velocidad de sedimentación

d Diámetro de las partículas

P_s Peso específico de la partícula

ρ Densidad del líquido

t_d Tiempo de caída

a Tiempo de retención

t Tiempo de exposición

S Sumergencia máxima

P Pérdida de carga

L Longitud

H Profundidad

| | |
|----------|---|
| B | Ancho del tramo |
| G | Gradiente de velocidad en el último tramo |
| V_f | Volumen total de la unidad |
| B | Ancho total de la unidad |
| t | Tiempo de retención en el primer canal |
| m | Número de compartimientos |
| V_s | Velocidad de sedimentación |
| V_{sc} | Velocidad de sedimentación crítica |
| t_d | Tiempo de caída |
| A_e | Área efectiva |
| A_o | Área de cada orificio |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| TABLA DE CONTENIDO | I |
| INTRODUCCIÓN | I |
| ANTECEDENTES | II |
| JUSTIFICACIÓN | III |
| OBJETIVOS | IV |
| Objetivo General | IV |
| Objetivos Específicos | IV |
| 1. MARCO TEÓRICO | 1 |
| 1.1 Agua Potable.- | 1 |
| 1.1.1 <i>Agua Superficial</i> | 1 |
| 1.1.2 <i>Calidad del agua</i> | 2 |
| 1.1.3 <i>Características del Agua Superficial</i> | 3 |
| 1.1.4 <i>Componentes Físicos</i> | 4 |
| 1.1.5 <i>Componentes Químicos</i> | 5 |
| 1.1.6 <i>Componentes Microbiológicos</i> | 7 |
| 1.2 Potabilización de agua superficiales | 8 |
| 1.2.1 <i>Sistemas de Captación</i> | 8 |
| 1.2.2 <i>Captación de Aguas Superficiales</i> | 8 |
| 1.2.2.1 <i>Captación de Agua de Lluvia</i> | 9 |
| 1.2.2.2 <i>Captación de Arroyos, Ríos y Canales</i> | 9 |
| 1.2.2.3 <i>Captación en Lagos y Embalses</i> | 9 |
| 1.2.3 <i>Sistema de Aducción</i> | 10 |
| 1.2.3.1 <i>Aducción por Gravedad</i> | 10 |
| 1.2.3.2 <i>Aducción forzada</i> | 10 |
| 1.2.4 <i>Aireación</i> | 10 |
| 1.2.4.1 <i>Tipo de Aireadores</i> | 10 |
| 1.2.5 <i>Mezcla Rápida</i> | 13 |
| 1.2.5.1 <i>Medidores Parshall</i> | 14 |
| 1.2.6 <i>Coagulación</i> | 18 |
| 1.2.6.1 <i>Aplicación de Coagulantes</i> | 18 |

| | |
|---|----|
| 1.2.7 Floculación..... | 18 |
| 1.2.8 Sedimentación | 21 |
| 1.2.8.1 Sedimentador..... | 21 |
| 1.2.9 Filtración..... | 24 |
| 1.2.9.1 Sistemas de Filtración..... | 24 |
| 1.2.3 Desinfección..... | 27 |
| 1.4 Rediseño | 29 |
| 1.4.1 Generalidades..... | 29 |
| 1.4.2 Parámetros considerando el Rediseño | 29 |
| 1.4.3 Población Futura para el Rediseño..... | 29 |
| 1.4.4 Períodos del Rediseño..... | 29 |
| 1.4.5 Áreas de Cobertura..... | 30 |
| 1.4.6 Caudales del Rediseño | 30 |
| 1.4.6.1 Población Actual | 30 |
| 1.4.6.2 Población Futura | 31 |
| 1.4.6.3 Dotación Básica | 31 |
| 1.4.6.4 Dotación de Agua..... | 31 |
| 1.4.6.5 Dotación Futura..... | 32 |
| 1.4.6.6 Gasto Diario (Qmed) | 32 |
| 1.4.6.7 Gasto máximo diario (Qmd) | 33 |
| 1.4.6.8 Gasto máximo Horario (QMh) | 33 |
| 1.4.7 Caudales para el Rediseño..... | 34 |
| 1.4.7.1 Caudal de Captación..... | 34 |
| 1.4.7.2 Caudal de la Planta de Tratamiento..... | 34 |
| 1.4.8 Volúmenes de Reserva..... | 34 |
| 1.4.8.1 Volumen de Regulación | 34 |
| 1.4.8.2 Volumen contra incendios..... | 35 |
| 1.4.8.3 Volumen de Emergencia..... | 35 |
| 1.4.8.4 Volumen Total..... | 35 |
| CAPÍTULO II | 36 |
| PARTE EXPERIMENTAL..... | 36 |
| 2. PARTE EXPERIMENTAL..... | 36 |
| 2.1 Muestreo | 36 |

| | |
|--|----|
| 2.1.1. Localización de la investigación | 36 |
| 2.1.2. Método de Recopilación de la Información | 36 |
| 2.1.3. Recolección de Muestras | 36 |
| 2.2. Metodología | 37 |
| 2.2.1 Metodología de trabajo..... | 37 |
| 2.2.2 Tratamiento de muestras | 37 |
| 2.2.3 Equipos Materiales y Reactivos | 39 |
| 2.2.4 Métodos y Técnicas | 40 |
| 2.3 Datos Experimentales | 43 |
| 2.3.1 Determinacion del Estado Actual de la Planta | 43 |
| 2.3.1.1 procesos existentes | 43 |
| 2.3.2 Datos..... | 46 |
| 2.3.2.1 Caraterización del Agua Captada | 46 |
| 2.3.2.2 Prueba de Jarras para la Turbiedad..... | 57 |
| CAPITULO III | 64 |
| 3. CÁLCULOS DE REDISEÑO | 64 |
| 3.1. Cálculo Población Futura | 64 |
| 3.1.1 Cálculo de la dotación básica..... | 65 |
| 3.1.2 Dotación Futura..... | 66 |
| 3.1.3 Gasto Medio Diario (Qmed) | 66 |
| 3.1.4 Gasto Máximo Diario (QMd)..... | 67 |
| 3.1.5 Gasto máximo Horario (QMh) | 67 |
| 3.2 Caudales de Rediseño | 68 |
| 3.2.1 Caudal de Captación..... | 68 |
| 3.2.2 Caudal de la Planta de Tratamiento..... | 68 |
| 3.3 Volúmenes de Reserva | 68 |
| 3.3.1 Volumen de Regulación | 68 |
| 3.3.2 Volumen contra Incendios..... | 68 |
| 3.3.3 Volumen de Emergencia..... | 68 |
| 3.3.3.1 Volumen Total..... | 69 |
| 3.4 Consideraciones del Rediseño..... | 69 |
| 3.4.1 Aireación | 69 |
| 3.4.1.1 Área Total..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| 3.4.1.2. <i>Dimensionamiento de la torre de aireación</i> | 70 |
| 3.4.2 <i>Diseño de Medidor de Caudal Parshall</i> | 72 |
| 3.4.2.1 <i>Cálculo de la altura de cresta (Ha)</i> | 72 |
| 3.4.2.2 <i>Cálculo de la altura de garganta (Hb)</i> | 73 |
| 3.4.2.3 <i>Cálculo de pérdida de carga</i> | 73 |
| 3.4.3 <i>Floculación</i> | 73 |
| 3.4.3.1 <i>Criterios de diseño del floculador hidráulico de flujo vertical</i> | 78 |
| 3.4.3.2 <i>Dimensionamiento del floculador</i> | 78 |
| 3.4.4 <i>Velocidad de sedimentación</i> | 82 |
| 3.4.4.1 <i>Velocidad de sedimentación crítica</i> | 83 |
| 3.4.4.2 <i>Tiempo de caída</i> | 83 |
| 3.4.4.3 <i>Tiempo de retención</i> | 84 |
| 3.4.4.4 <i>Sitio de sedimentación</i> | 84 |
| 3.4.4.5 <i>Dimensionamiento de la pantalla deflectora</i> | 84 |
| 3.4.5 <i>Dimensionamiento de Filtros</i> | 85 |
| 3.4.5.1 <i>Superficie filtrante requerida</i> | 86 |
| 3.4.5.2 <i>Área de filtración</i> | 87 |
| 3.4.5.3 <i>Tubería de entrada al filtro</i> | 88 |
| 3.4.5.4 <i>Sistema de drenaje</i> | 88 |
| 3.4.6 <i>Desinfección</i> | 91 |
| 3.4.6.1 <i>Dimensionamiento Tanque de Cloración</i> | 91 |
| 3.4.6.2 <i>Dosificación en el Hipoclorador</i> | 92 |
| 3.4.6.3 <i>Volumen del Hipoclorador</i> | 92 |
| 3.5 <i>Resultados</i> | 93 |
| 3.5.1 <i>Proyeccion Futura</i> | 93 |
| 3.5.2 <i>Resultados Procesos de Potabilizacion</i> | 94 |
| 3.6 <i>Propuesta</i> | 100 |
| 3.7. <i>Análisis y discusión de resultados</i> | 102 |
| 3.7.1. <i>Caracterización Físico-Química y Microbiológica</i> | 102 |
| 3.7.2 <i>Prueba de Jarras</i> | 103 |
| CAPÍTULO IV | 114 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 114 |
| 4.1 <i>Conclusiones</i> | 114 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 4.2 Recomendaciones | 116 |
| BIBLIOGRAFÍA | 117 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---------------------|----|
| Ecuación 3.1 | 64 |
| Ecuación 3.2 | 65 |
| Ecuación 3.3 | 66 |
| Ecuación 3.4 | 66 |
| Ecuación 3.5 | 68 |
| Ecuación 3.6 | 68 |
| Ecuación 3.7 | 68 |
| Ecuación 3.8 | 68 |
| Ecuación 3.9 | 69 |
| Ecuación 3.10 | 69 |
| Ecuación 3.11 | 69 |
| Ecuación 3.12 | 69 |
| Ecuación 3.13 | 69 |
| Ecuación 3.14 | 70 |
| Ecuación 3.15 | 71 |
| Ecuación 3.16 | 71 |
| Ecuación 3.17 | 72 |
| Ecuación 3.18 | 73 |
| Ecuación 3.19 | 73 |
| Ecuación 3.20 | 74 |
| Ecuación 3.21 | 74 |
| Ecuación 3.22 | 75 |
| Ecuación 3.23 | 75 |
| Ecuación 3.24 | 76 |
| Ecuación 3.25 | 76 |
| Ecuación 3.26 | 76 |
| Ecuación 3.27 | 77 |
| Ecuación 3.28 | 77 |
| Ecuación 3.29 | 77 |
| Ecuación 3.30 | 77 |

| | |
|---------------------|----|
| Ecuación 3.31 | 78 |
| Ecuación 3.32 | 78 |
| Ecuación 3.33 | 78 |
| Ecuación 3.34 | 79 |
| Ecuación 3.35 | 79 |
| Ecuación 3.36 | 79 |
| Ecuación 3.37 | 79 |
| Ecuación 3.38 | 80 |
| Ecuación 3.39 | 80 |
| Ecuación 3.40 | 80 |
| Ecuación 3.41 | 80 |
| Ecuación 3.42 | 81 |
| Ecuación 3.43 | 81 |
| Ecuación 3.44 | 81 |
| Ecuación 3.45 | 81 |
| Ecuación 3.46 | 82 |
| Ecuación 3.47 | 82 |
| Ecuación 3.48 | 82 |
| Ecuación 3.49 | 83 |
| Ecuación 3.50 | 83 |
| Ecuación 3.51 | 84 |
| Ecuación 3.52 | 84 |
| Ecuación 3.53 | 84 |
| Ecuación 3.54 | 85 |
| Ecuación 3.55 | 86 |
| Ecuación 3.56 | 87 |
| Ecuación 3.57 | 87 |
| Ecuación 3.58 | 88 |
| Ecuación 3.59 | 89 |
| Ecuación 3.60 | 90 |
| Ecuación 3.61 | 90 |
| Ecuación 3.62 | 90 |
| Ecuación 3.63 | 91 |

| | |
|---------------------|----|
| Ecuación 3.64 | 91 |
| Ecuación 3.65 | 91 |
| Ecuación 3.66 | 92 |
| Ecuación 3.67 | 92 |
| Ecuación 3.68 | 92 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| GRÁFICO 3.1 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 26 NTU..... | 103 |
| GRÁFICO 3.2 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 30 NTU..... | 104 |
| GRÁFICO 3.3 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 35.69 NTU..... | 105 |
| GRÁFICO 3.4 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 64.27 NTU..... | 106 |
| GRÁFICO 3.5 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 68 NTU..... | 107 |
| GRÁFICO 3.6 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 70,06 NTU..... | 108 |
| GRÁFICO 3.7 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 80,12 NTU..... | 109 |
| GRÁFICO 3.8 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 95,45 NTU..... | 110 |
| GRÁFICO 3.9 RESULTADOS FINALES..... | 111 |
| GRÁFICO 3.10 RESULTADOS FINALES..... | 112 |
| GRÁFICO 3.11 EFICIENCIA | 113 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura a- Aireador de Bandejas | 11 |
| Figura b- Aireador de Cascada | 12 |
| Figura c- Medidor de Caudal Parshall..... | 14 |
| Figura d- Sedimentador | 22 |
| Figura e- Mezclador Rápido | 43 |
| Figura f- Floculación..... | 44 |
| Figura g-Sedimentador | 45 |
| Figura h- Filtración | 45 |
| Figura i- Desinfección | 46 |
| Figura j Resultados promedio semanal de turbiedad | 102 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1 Grado de sumergencia (s) de la Garganta | 15 |
| Tabla 1.2 Valor de K y m según la Garganta | 16 |
| Tabla 1.3 PARÁMETROS RECOMENDADOS | 32 |
| Tabla 2.1. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 1 | 47 |
| Tabla 2.2 Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 2 | 48 |
| Tabla 2.3 Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 3 | 49 |
| Tabla 2.4. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 4 | 50 |
| Tabla 2.5. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 1 | 51 |
| Tabla 2.6. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 2 | 52 |
| Tabla 2.7. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 3 | 53 |
| Tabla 2.8. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 4 | 54 |
| Tabla 2.9. Resultados del Agua de Salida vs el Agua de los Ensayos | 55 |
| Tabla 2.10. Resultados del Agua de Salida vs el Agua de los Ensayos | 56 |
| Tabla 2.11. Prueba De Jarras Turbiedad 26,00 NTU | 57 |
| Tabla 2.12. Prueba De Jarras Turbiedad 30,00 NTU | 58 |
| Tabla 2.13. Prueba De Jarras Turbiedad 35,69 NTU | 59 |
| Tabla 2.14. Prueba De Jarras Turbiedad 64,27 NTU | 59 |
| Tabla 2.15. Prueba De Jarras Turbiedad 68 NTU | 60 |
| Tabla 2.16. Prueba De Jarras Turbiedad 70,06 NTU | 61 |
| Tabla 2.17. Prueba De Jarras Turbiedad 80,12 NTU | 62 |
| Tabla 2.18. Prueba De Jarras Turbiedad 95,45 NTU | 63 |
| Tabla 3.1. Proyección de la Población | 64 |
| Tabla 3.2. Parámetros de Diseño de un Aireador | 72 |
| Tabla 3.3. Parámetros De Diseño | 83 |
| Tabla 3.4. Parámetros de Diseño Del Lecho Filtrante | 85 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3.5. Número de Filtros en función del Área | 86 |
| Tabla 3.6. Parámetros de diseño para drenajes por tuberías | 88 |
| Tabla 3.7. Parámetros de diseños laterales | 89 |
| Tabla 3.8.RESULTADOS PROYECCION FUTURA (2029) | 93 |
| Tabla 3.9. RESULTADOS AIREACION | 94 |
| Tabla 3.10. RESULTADOS DEL CANAL PARSHAL | 95 |
| Tabla 3.11. RESULTADOS DEL FLOCULADOR..... | 96 |
| Tabla 3.12. RESULTADOS DEL SEDIMENTADOR | 97 |
| Tabla 3.13. RESULTADOS FILTROS DE GRAVA Y ARENA..... | 98 |
| Tabla 3.14. RESULTADOS CÁMARA DE CLORACION | 99 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1 Norma NTE INEN 1 1108:2011 | 119 |
| ANEXO 2 Planta de Tratamiento Actual | 124 |
| ANEXO 3 Dimensiones Estandarizadas para medidores Parshall..... | 125 |
| ANEXO 4 | 127 |
| a) Clasificación de los materiales en suspensión según su tamaño | 127 |
| b) Relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación | 127 |
| ANEXO 5 RELACIÓN A/T – PORCENTAJES DE REMOCIÓN..... | 128 |
| ANEXO 6 Valores Tipicos del coeficiente de Rugosidad(Coeficiente de Manning) | 129 |
| ANEXO 7 Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 1 | 130 |
| ANEXO 8 Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 2..... | 131 |
| ANEXO 9 Planta de Tratamiento | 132 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.1 | 4 |
| Cuadro 2.1. Identificación de Muestras..... | 36 |
| Cuadro 2.2. Parámetros de Caracterización del Agua Potable..... | 37 |
| Cuadro 2.3. Equipos Materiales y Reactivos | 39 |
| Cuadro 2.4 Métodos de análisis..... | 40 |

INTRODUCCIÓN

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. Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud.

La planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de San Miguel cuenta con un procedimiento convencional a la cual ingresa agua cruda: el sistema está compuesto por mezcla rápida, floculación, coagulación, sedimentación, filtración, y desinfección, ubicada en el barrio Tangará en el cual se realizó esta investigación además cuenta con caseta de químicos, laboratorio en buen estado y caseta de guardián.

Debido al crecimiento poblacional, las ampliaciones del sistema de agua potable, la escasez de líquido vital en algunos sitios de la ciudad, el cumplimiento de la vida útil y la deficiencia de algunos procesos en la potabilización hacen que sea indispensable mejoras en la planta de tratamiento de agua potable con la finalidad de corregir falencias actuales mediante la implementación de nuevas estructuras en el sistema de tratamiento para mejorar la calidad del suministro que se distribuye a la población.

En la siguiente investigación que se realizó con la ayuda de la EMAPA de San Miguel de Bolívar se proyecta hacer el rediseño de la planta de tratamiento de agua potable del Cantón con una proyección de 15 años asimismo mejorar el sistema de tratamiento para dar un mejor servicio a la ciudadanía.

ANTECEDENTES

San Miguel de Bolívar es el segundo cantón más extenso de la provincia se encuentra ubicado a 21 km. de Guaranda la capital de la provincia Bolívar está ubicado en el centro de la Provincia en un repliegue de la cordillera Occidental de los Andes compartiendo territorios de la meseta interandina y una pequeña parte del subtrópico.

La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de San Miguel de Bolívar “EMAPA S-M” se encuentra operando desde el año 2006, a partir del mes de Enero del mismo año la EMAPA S-M ejecutó sus operaciones buscando la autogestión y autofinanciamiento de sus proyectos en base a una planificación a mediano plazo, hasta el 2010 recibió recursos del ICE ingresos con los cuales dio cumplimiento a la ejecución de sus proyectos , a partir del 2011 dejó de percibir estos recursos que la permitían sostener la producción e inversión de los mismos , en adelante la empresa deberá sostenerse de sus propios ingresos u autogestión y de apoyo del GAD.

La ciudad de San Miguel cuenta con un servicio de agua potable a gravedad la misma que nace en los pajonales de 800 hectáreas que acumula el líquido hasta formar riachuelos en el sector de corazón Chupa a la planta ingresan de 25 a 30 litros por segundo, el líquido vital se abastece a través de una tubería de PVC de presión y en algunos tramos de manguera de 1^{1/2} reforzada, debido al paso del tiempo los procesos ya no son tan eficientes y van culminando su vida útil por lo que se tiene problemas al momento de la potabilización del agua, por lo que es necesario realizar un rediseño de esta planta para diagnosticar los distintos problemas. ¹

¹ http://issuu.com/emapasanmiguel/docs/plan_estrategico_2012

JUSTIFICACIÓN

La finalidad de la presente investigación es el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Agua Potable del Cantón San Miguel de Bolívar con la adecuación e implementación de los nuevos procesos de tratamiento que contribuyan a mejorar la calidad del agua que se distribuye a la población del Cantón debido que al ser agua superficial que llega a la captación y que no recibe pre-tratamiento en el sistema de conducción existe altos contenidos de: Turbiedad, Sólidos Totales Disueltos, Conductividad eléctrica, y concentraciones elevadas de Hierro que sobrepasan los límites permisibles establecidos en las normas NTE INEN 1108:2006(Segunda Edición) que es obligatoria para el agua de consumo humano.

Debido al monitoreo efectuado a los procesos de tratamiento se evidencio que los mismo no cumplen a eficiencia el objetivo de potabilizar, hecho observado con los resultados de los análisis Físicos-Químicos y Microbiológicos a muestras de agua cruda, agua del proceso y agua de la red de distribución; en vista de la situación presente de la empresa, conociendo que un estudio de rediseño es una herramienta potencial que permita diagnosticar y al mismo tiempo reflexionar sobre la toma de decisiones urgentes en la EMAPA-SM como son la optimización de los procesos para mejorar la calidad de agua que se brinda a la ciudadanía se debe plantear varias actividades que sean compatibles con los propósitos, objetivos y metas de la institución y así asegurar el abastecimiento del líquido vital para esto requeriremos trabajar con las normas necesarias para probar que el proceso que se da al agua sea el óptimo para el consumo humano.

El Rediseño de la Planta Potabilizadora en el Cantón San Miguel, empezará con la caracterización físico- químico y microbiológico, tomando una muestra en las vertientes correspondientes, hasta la detección de los fallos del sistema y corrección de los mismos.

El objetivo primordial que se quiere dar junto con el apoyo de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de San Miguel de Bolívar congruentes con nuestra responsabilidad de aportar al desarrollo de la Cantón en cuanto al servicio básico como la dotación del líquido vital es la satisfacción de sus habitantes como consumidores de un líquido necesario y de calidad.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Rediseñar el Sistema de Tratamiento de Agua Potable del Cantón San miguel de Bolívar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el estado actual del agua mediante análisis físicos-químicos y microbiológicos.
- Plantear alternativas de viabilidad técnica para el tratamiento del agua en base a los estudios de caracterización realizados.
- Determinar las variables a utilizarse en el rediseño de la planta de tratamiento.
- Caracterizar el estado del agua después del rediseño.

MARCO TEÓRICO

1.1 Agua Potable.- Es el líquido vital cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su idoneidad para consumo humano.² El agua de empleo inocua (agua potable), como se define no produce ningún riesgo específico para la salud de las personas cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes fragilidades que puedan presentar las personas en las distintas etapas de su vida. El agua potable es ajustada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, pero si no se atestigua la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. El agua potable no debe mostrar sabores u olores que pudieran resultar desagradables para la mayoría de los consumidores.

Los consumidores valoran la calidad del agua de consumo basándose especialmente en sus sentidos, los componentes microbianos, químicos y físicos del agua saben afectar su aspecto, olor o sabor y el consumidor apreciará su calidad y aceptabilidad fundamentándose en estos criterios. El trabajo preventivo es el mejor sistema para probar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de suministro de agua, desde la cuenca de captación y la fuente hasta su manejo para las personas.

1.1.1 Agua Superficial

Cuando la lluvia o el agua creada por la fusión de la nieve o el hielo se ponen en unión con el suelo, una parte de ella se evapora, parte se colecta y fluye por la superficie y otra se sumerge en el suelo. Las aguas que se aglutinan o fluyen por la superficie para formar lagos, lagunas, ríos, arroyos o canales se denominan aguas superficiales. La temperatura de las aguas superficiales está sujeta a vastas fluctuaciones que dependen de las estaciones del año, el desarrollo de los organismos es común en este tipo de aguas y comúnmente le imparten sabores y olores .³

²Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2010

³Tratamiento de Agua para la Industria y Otros Usos: Eskel Nordel

1.1.2 Calidad del agua

La calidad del agua puede especificarse como la composición físico-químico-biológica que la caracteriza, un agua es de calidad, cuando sus características la hacen tolerable para un cierto uso, por ejemplo: un agua que no sirve para beber, puede servir para riego. La comprensión de las propiedades del agua, procedidas de estas características es fundamental para valorar los posibles inconvenientes y daños que su utilización pudiera producir en sus consumidores. En el tema de agua para abastecimiento público, es de principal interés el concepto de pureza de la misma, este concepto puede expresarse como: Un agua es potable cuando congregando agradables características estéticas y organolépticas (fresca, incolora, transparente, insípida o con un sabor agradable), contiene en adecuado equilibrio elementos y sales minerales, pero sin conservar sustancias que puedan causar desventaja alguno en la fisiología normal del organismo humano.

El agua para empleo humano no debe contener microorganismos patógenos, ni sustancias tóxicas o nocivas para la salud, la calidad del agua no debe dañarse ni caer por debajo de los límites establecidos durante el espacio de tiempo para el cual se diseñó el sistema de suministro; siendo compromiso de la entidad prestadora del servicio público de acueducto, inspeccionar la calidad del agua que llega a cada hogar. Dándose en dicho espacio, acatamiento a los parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos definidos con extensión y precisión en forma de normas, como función de muy diversos parámetros.⁴

En la elección de una fuente superficial, se debe prestar exclusiva atención a las potenciales fuentes de contaminación, considerando las siguientes observaciones:

-En las captaciones hechas en ríos, las aguas tienden a ser turbias, algunas veces coloreadas y en la gran mayoría de los casos toman la descarga de aguas residuales, tanto domésticas como industriales que se han echado aguas arriba.

⁴http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_7/Pages/calidad_agua_continuacion.htm

-Las fuentes de agua situadas en ríos pequeños y quebradas de montaña comúnmente son limpias y puras; en estado natural son adecuadas para el consumo humano. No obstante, estas aguas están simplemente expuestas a contaminación por acciones casuales.

-En casi todos aquellos casos en que se planeen lagos artificiales mediante la construcción de estanques, deben considerarse en cuenta las situaciones futuras de la calidad del agua acumulada.

1.1.3 Características del Agua Superficial

El agua superficial es toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial. Una vez originada, el agua superficial sigue la vía que le brinda menor resistencia. Una serie de arroyos, riachuelos, corrientes y ríos llevan el agua desde áreas con pendiente inclinada hacia un curso de agua primordial.

La calidad del agua está íntimamente influenciada por el punto de la cuenca en que se desvía para su uso. La calidad de ríos, corrientes y arroyos, varía de acuerdo a los caudales estacionales y puede variar significativamente a causa de la lluvia y derrames accidentales.

Las características del agua varían considerablemente por ejemplo durante fuertes lluvias o los deshielos a continuación se establecen las principales características de este tipo de agua. Las aguas superficiales también precisan de unas condiciones del suelo con las que están en contacto para mantener su potabilidad, ya que la filtración en este de determinantes fertilizantes agrícolas, unidos a filtraciones de productos químicos, petroquímicos y de aguas negras procedentes de redes de saneamiento en mal estado, pueden acabar contaminando el suelo y los acuíferos con los que están en contacto.⁵

⁵Suministro, Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria: Escrito por Albert Soriano Rull, Francisco Javier Pancorbo Floristán; página 100

CUADRO 1.1

Características del Agua Superficial

| Características | Agua Superficial |
|----------------------------------|---|
| Temperatura | Variable con las estaciones |
| Turbidez, materias en suspensión | Variable, a veces muy alta |
| Color | Ligados a la materia en suspensión |
| Mineralización global | Variable en función del terreno y las lluvias |
| Hierro y Manganeseo(disueltos) | Generalmente ausentes |
| Nitratos | Pocos abundantes en general |
| Elementos vivos | Bacterias, virus y protozoos |

*Fuente: Guerrero J. (1991). Manual de Tratamiento de Aguas

1.1.4 Componentes Físicos

TURBIDEZ.- La turbidez es 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 turbiedad en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia.

COLOR.- Esta característica del agua puede estar ligado a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. . En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados. Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.⁶

⁶ Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1 págs. 263

TEMPERATURA.- La temperatura del agua superficial se debe a la insolación recibida por lo que las aguas superficiales son un poco más frías cuanto más profundas sean.

SABOR.- El sabor en el agua puede ser originado por diversos motivos ya sean desde la cuenca, en su proceso de potabilización o en la distribución, a menudo las causas están en el origen, el tipo de agua que contenga más de 300ppm de cloro tiene un sabor salado.

POTENCIAL HIDRÓGENO.- El potencial hidrógeno (pH) se define como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno. Como la escala es logarítmica, la caída en una unidad de pH es equivalente a un aumento de 10 veces en la concentración de H^+ . El pH es una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra.⁷

1.1.5 Componentes Químicos

Sólidos Totales Disueltos.- Este parámetro indica la cantidad de sales disueltas en el agua y está relacionada con la tendencia corrosiva o incrustaciones del agua. Se determina por métodos gravimétricos o por conductividad eléctrica y se expresa en ppm o mg/L.

Dureza.- La dureza del agua se define como la presencia de Sales de Calcio, Magnesio expresados como Carbonato de Calcio. Sin embargo deberán incluirse otros cationes metálicos que produzcan dureza si estos están en cantidades significativas. El método empleado para la determinación de la dureza total, dureza cálcica y magnésica es el método complexométrico utilizando la sal sódica del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) en presencia del indicador (negro cromo T).

⁷ Manual de métodos analíticos Bacardi- BAP No.601B

Aún no se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud. Pero se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos. Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en aguas de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

Fluoruros.- Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/L). Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes (“fluorosis dental”) y dañar la estructura ósea. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural.⁸

Hierro.- El hierro es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina). Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua.

Manganeso.- El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. Comúnmente se encuentra en el agua bajo su estado reducido, Mn (II), y su exposición al aire y al oxígeno disuelto lo transforma en óxidos hidratados menos solubles.⁹

⁸Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1 págs. 300

⁹ Organización Mundial de la Salud, Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1 págs. 315

Nitratos.- Los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO₃) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ion. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

Nitritos.- Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO₂) son solubles en agua. Se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno en los sistemas acuáticos y terrestres o por reducción bacteriana.

Sulfatos.- Los sulfatos son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua y, en función del contenido de calcio, podrían impartirle un carácter ácido. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente.

Cloruros.- La presencia de cloruros en el agua superficial se debe fundamentalmente a la contaminación de la actividad agrícola. Dicha contaminación se produce generalmente mediante procesos difusos como por ejemplo el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas.

Nitrógeno Amoniacal.- Su presencia en el agua es certeza que hay presencia de microorganismos en el líquido vital.

1.1.6 Componentes Microbiológicos

Coliformes Fecales.- Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero algunos tipos de bacterias de los géneros *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter* también son termotolerantes.

Coliformes Totales.- El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales. Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado. La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una reproliferación y posible formación de

biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.

1.2 POTABILIZACIÓN DE AGUA SUPERFICIALES

La primera política para la preservación de la calidad del agua es proteger las fuentes de agua de toda contaminación posible. Sin embargo el agua natural proveniente de cualquier fuente siempre requerirá algún grado de tratamiento para lograr los estándares de calidad modernos.

Las aguas superficiales contienen usualmente gran variedad de contaminantes por lo que el tratamiento es más complejo. La mayoría de las aguas superficiales contienen turbiedad en exceso.¹⁰

1.2.1 Sistemas de Captación

Un sistema de captación es la obra necesaria para recoger el agua de la fuente a utilizar y pueden lograrse por gravedad, valiéndose de la diferencia de nivel del terreno o por impulsión (bombas). Debido a la accesibilidad de las aguas superficiales y a la facilidad con la que pueden contaminarse es recomendable que el agua procedente de este tipo de fuentes sea desinfectada antes de ser distribuida. El sitio de las obras de captación es de vital importancia ya que deben estar agua arriba y bien alejados de los puntos de descarga de aguas negras, desechos industriales, drenajes de origen agrícola, etc.¹¹

1.2.2 Captación de Aguas Superficiales

Las captaciones de aguas superficiales pueden ser:

- de agua de lluvia (pluviales)
- de arroyos y ríos
- de lagos o de embalses

¹⁰ Saneamiento Ambiental Escrito por Editorial, Irene Campos Gómez, Universidad Estatal a Distancia (Costa Rica)

¹¹ Guías para la calidad del agua potable, Issue 481, Volume 3; By World Health Organization Pan American Health Organization; página 54

1.2.2.1 Captación de Agua de Lluvia

Es difícil acumular cantidades suficientes de agua de lluvia para realizar abastecimientos de gran importancia. El almacenamiento de esta agua puede hacerse en los techos de las casas o en eras especiales, debidamente colocadas. La dificultad es que estas aguas remueven las impurezas de estas superficies, por lo que para volverlas potables es indispensable filtrarlas y esta filtración se logra colocando un filtro en la cisterna.

1.2.2.2 Captación de Arroyos, Ríos y Canales

Las captaciones se ejecutarán por medio de trabajos de toma en el cauce o en las orillas de las corrientes de agua, previo estudio hidrológico que justifique los caudales servibles en el río o el arroyo.

Se debe realizar un estudio global de las captaciones, de manera que se garantice su explotación en lo que se refiere a estiaje, erosión, sedimentación, entrada de cuerpos extraños, facilidad de explotación y limpieza, garantía de acceso, desagüe, etc.

1.2.2.3 Captación en Lagos y Embalses

La toma de agua en lagos o embalses se efectuará mediante el establecimiento de torres de toma o mediante conducciones de distinta profundidad, acopladas directamente a la impulsión.

La captación se debe realizar viendo que se cumpla con garantías por lo que son necesarias hacer la toma a suficiente profundidad y que este lejos de la orilla o a su vez tomar los recaudos necesarios para garantizar la calidad del agua a utilizar.¹²

¹²http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf

1.2.3 Sistema de Aducción

Es el proceso de llevar agua desde su captación hasta la planta de tratamiento, y se distinguen dos tipos que dependen de la altura de la toma y de la entrada de la planta.

1.2.3.1 Aducción por Gravedad

(Acueductos y canales). El líquido vital transita por la pendiente de la conducción desde la toma que debe tener más altura hasta el punto de entrada.

1.2.3.2 Aducción forzada

Se utilizan cuando el sitio de la toma está situado a una altura más baja que la entrada y para igualar las diferencias de alturas se utiliza equipos de impulsión del líquido.

1.2.4 Aireación

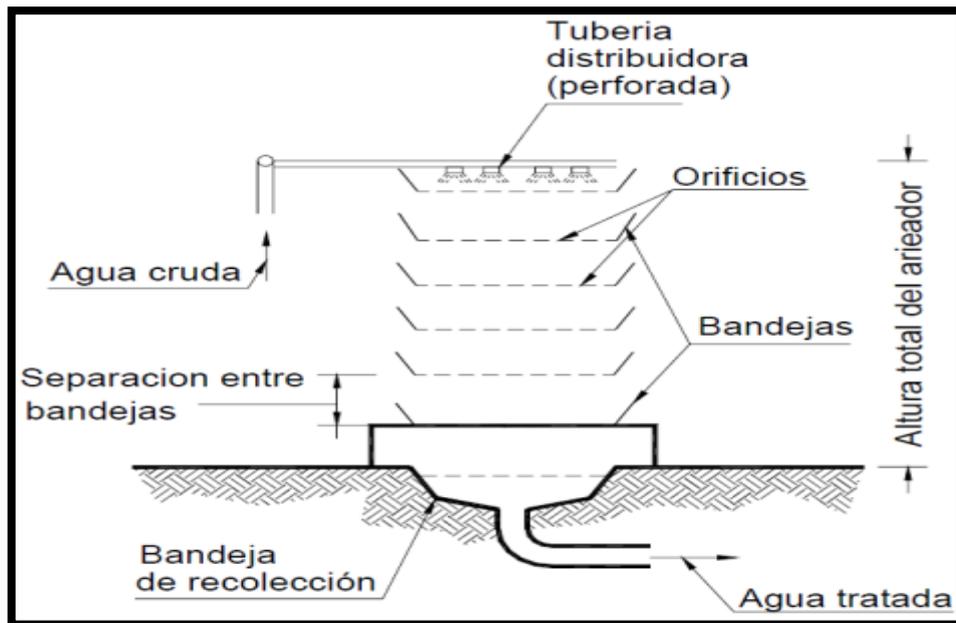
La aireación es el proceso en el cual el agua debe ponerse en contacto con el aire con la finalidad de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella y se recomienda utilizar este proceso por las siguientes razones:

- Disminuir la concentración de Dióxido de Carbono (CO_2).
- Transferir Oxígeno al agua.
- Oxidar el Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn).
- Remover el Metano (CH_4).
- Eliminar las sustancias volátiles que provocan olor y sabor.

1.2.4.1 Tipo de Aireadores

1.2.4.1.1 Aireadores de Bandejas

Pertencen a un sistema de bandejas con perforaciones en su parte inferior ubicadas en forma continua con intervalos de 0,3 a 0,75 m. La entrada de agua es por la parte superior, a través de una tubería perforada debiendo caer a la primera bandeja y así continuamente. Los orificios con diámetros de 0,005 a 0,0012 m con separación de 0,025 m.

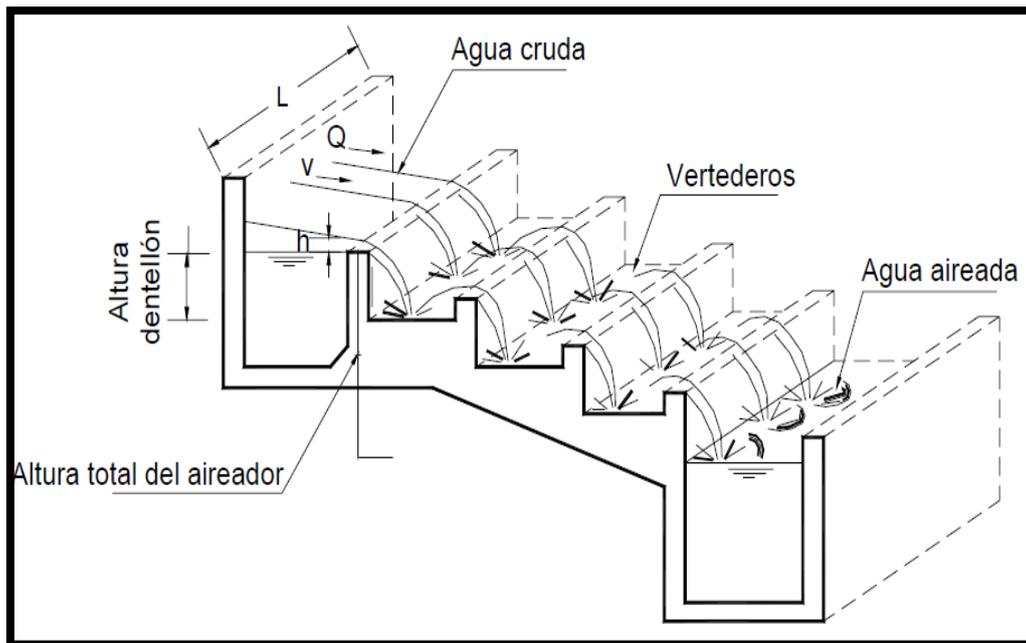


*Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Figura a- Aireador de Bandejas

1.2.4.1.2 Aireadores de Cascada

Son aireadores en los que la altura adecuada se subdivide en varias caídas para aumentar la cantidad de oxígeno al agua que atraviese por este tipo de estructura o por el contrario reducir el contenido de gases no deseables, los bordes de los peldaños actúan como agujeros los mismos que producen una lámina de agua que beneficia la exposición con el aire.



*Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Figura b- Aireador de Cascada

Para el diseño de una torre de aireación se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) Altura Total

La altura recomendada para la aireación del Hierro se halla entre 2-2.5m, recomendado para una eficiencia del 90% por lo que adoptamos una altura de 2,5m.

b) Área de aireación

Asumiendo bandejas cuadradas y el área será el resultado de multiplicar lado por lado.

$$A_i = L \times L$$

c) Número de unidades de aireación requerida

$$N_t = \frac{A_t}{A_i}$$

Dónde:

At: Área total de aireación

Ai: Área de cada unidad de aireación

d) Número de Torres

$$N_{\text{torres}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

Dónde:

Torres: Número de torres

Qd: Caudal de diseño (L/s).

Qt: Caudal que ingresa a la torre (L/s).

e) Separación entre bandejas

Separación entre cada bandeja de 0,20 m. (Referido de las Torres de aireación de la planta de tratamiento de agua Potable del cantón Guaranda).

$$S_b = 0,20m$$

f) Tiempo de exposición (t)

$$t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

Dónde:

t: Tiempo de exposición (s)

H: Altura total de la torre (m)

n: Número de bandejas (unidades)

g: Gravedad (9,8m/s²)

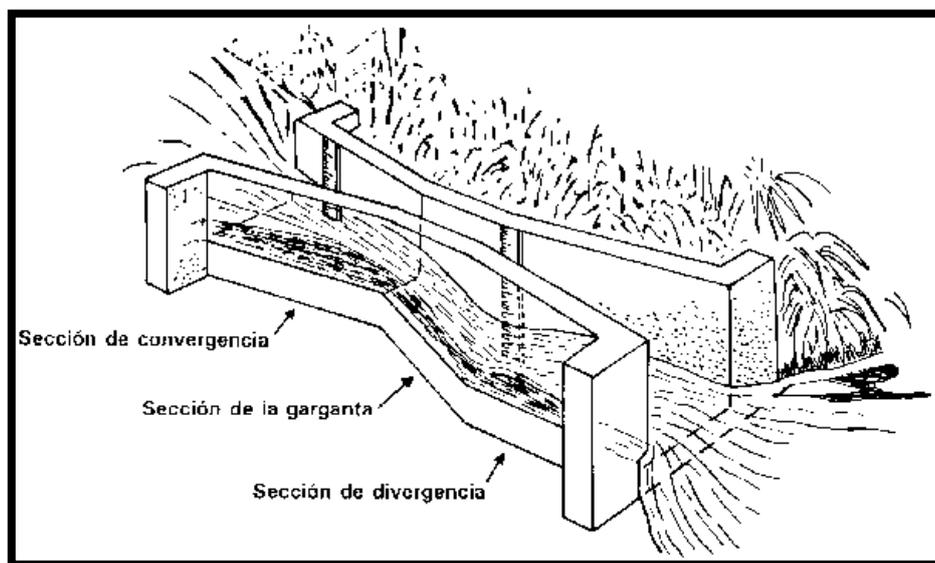
1.2.5 Mezcla Rápida

La mezcla rápida es una operación empleada en el tratamiento del agua con el fin de dispersar diferentes sustancias químicas y gases. En plantas de purificación de agua el mezclador rápido tiene el propósito de dispersar en forma rápida y uniforme el coagulante a través de toda la masa o flujo de agua. La mezcla rápida puede efectuarse mediante turbulencia provocada por medios hidráulicos o mecánicos como son: resaltos hidráulicos en canales, canales Parshall, vertederos rectangulares, etc.

1.2.5.1 Medidores Parshall

El canal Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales:

- Transición de entrada
- Sección convergente
- Garganta
- Sección divergente



*Fuente:http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

Figura c- Medidor de Caudal Parshall

En la transición de entrada el piso se eleva sobre la base original del caudal con pendiente suave y las paredes se van cerrando ya sea en línea recta o circular. En la sección convergente el fondo es horizontal y el ancho va acortando. En la garganta el piso retorna a bajar para terminar con otra pendiente ascendente a la sección divergente.¹³

¹³http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf

El medidor de caudal Parshall ofrece varias ventajas como son:

- El agua tiene velocidad suficiente para limpiar los sedimentos.
- Pérdida de carga menor.
- Opera en un rango amplio de flujos.
- Tiene la capacidad a medir tanto como flujo libre como moderadamente sumergido.

Para el diseño de un medidor Parshall se toma en cuenta los siguientes parámetros:

a) Grado de Sumergencia (m/m): Para que la unidad no trabaje ahogada debe cumplir la condición de la Tabla 1.1.

$$S = \frac{H_b}{H_a}$$

Donde:

S: Sumergencia máxima (m/m).

Ha: Altura de agua de la cresta (m).

Hb: Altura de agua de la garganta (m).

Tabla 1.1

Grado de Sumergencia(S) de la Garganta

| Ancho de la garganta(W) | | Máxima Sumergencia (Hb/Ha) |
|-------------------------|-------------|----------------------------|
| Pulgada-pie | M | |
| 3 a 9 pulgadas | 0,075-0,229 | 0,6 |
| 1-8 pies | 0,305-2,44 | 0,7 |
| 10-50 pies | 3,05-15,25 | 0,8 |

*Fuente: Arboleda J (2000). Teoría y Práctica de la purificación de las aguas.

La relación **Ha/W** deberá estar entre 0,4 y 0,8 para que la turbiedad del resalto no penetre en la profundidad dentro de la masa de agua, dejando una capa bajo el resalto en que el flujo se transporta con un mínimo de agitación.

$$Ha/W \approx 0,4 \text{ y } 0,8$$

b) Cálculo del Canal Parshall

$$H_o = K \times Q^m$$

Donde:

H_o: Altura de flujo de agua (m).

Q: Caudal en m³/s.

K y m: constantes adimensionales se obtienen de la tabla 1.2.

Tabla 1.2

Valores de K y m según el tamaño de la garganta W

| Ancho de la garganta(W) | | K | m |
|-------------------------|--------|-------|-------|
| Pulgada-Pie | Metros | | |
| 3" | 0,075 | 3,704 | 0,646 |
| 6" | 0,15 | 1,842 | 0,636 |
| 9" | 0,229 | 1,486 | 0,633 |
| 1 | 0,305 | 1,276 | 0,657 |
| 1,5 | 0,46 | 0,966 | 0,65 |
| 2 | 0,61 | 0,795 | 0,645 |
| 3 | 0,915 | 0,608 | 0,639 |
| 4 | 1,22 | 0,505 | 0,634 |

| | | | |
|---|-------|-------|-------|
| 5 | 1,525 | 0,436 | 0,63 |
| 6 | 1,83 | 0,389 | 0,627 |
| 8 | 2,44 | 0,324 | 0,623 |

*Fuente: CEPIS, 1992; Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua, Tomo V

c) Cálculo de Altura de Cresta

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1,57} W^{0,026}}}{(0,3716W)^{\frac{1}{1,57} W^{0,026}} \times 3,281}$$

Donde:

H_a: Altura de cresta (m).

Q: Caudal de agua (m³/s).

W: Ancho de la garganta (m).

d) Cálculo de la altura del agua sobre la garganta

$$S = \frac{H_b}{H_a}$$

Donde:

S: Sumergencia máxima (m/m).

H_a: Altura de agua de la cresta (m).

H_b: Altura de agua de la garganta (m).

e) Cálculo de pérdida de carga

$$P = \frac{5,072}{(W+4,57)^{1,46}} (1-S)^{0,72} \times Q^{0,67}$$

Donde:

P: Pérdida de carga (m).

Q: Caudal de agua (m³/s).

W: Ancho de la garganta (m).

1.2.6 Coagulación

Se refiere a la formación de flóculos precipitados o insipientes mediante la adición de un coagulante el mismo que debe distribuirse de manera uniforme en toda la masa del agua para que la mezcla se realice de manera completa sin que haya volúmenes de agua sin él.

El coagulante por lo general debe ser aplicado en el sitio de la mezcla rápida, la coagulación se utiliza para reducir el color, la turbiedad, los microorganismos.

1.2.6.1 Aplicación de Coagulantes

Hay cierto número de sustancias que pueden utilizarse como coagulantes para el agua pero el más utilizado es el Policloruro de Aluminio que es un coagulante inorgánico que se obtiene por reacción entre el hidrato de Aluminio con el Ácido Clorhídrico en determinadas condiciones y se usa para remover materia coloreada y coloidal en suspensión.

1.2.7 Floculación

Es el proceso que consiste en agitar el agua tratada con el coagulante durante un determinado tiempo hasta que se formen la aglomeración de partículas y a su vez aumentan de tamaño y adquieren mayor densidad.

El floculador es un tanque con algún medio de mezcla suave y lenta con un tiempo de retención prolongado.

Para el diseño de un floculador se toma en cuenta los siguientes parámetros:

Caudal (Q): m³ /s

Tiempo de retención (tr): s

Longitud (L floculador): m

Profundidad (H): m

Ancho del tramo (b): m

Gradiente de velocidad en el último tramo (G) s⁻¹

a) Volumen total de la unidad

$$Vf = 60 * Q * T$$

b) Ancho total de la unidad

$$B = \frac{Vf}{H.L}$$

c) Tiempo de retención en el primer canal

$$t = \frac{H * B * L}{Q * 60}$$

d) Número de compartimientos (m)

Según la ecuación de Richter

$$m = 0,045 \sqrt[3]{\frac{bLG^2}{Q}} * t$$

e) Espaciamiento entre pantallas (a)

$$a = \frac{L - (m-1) \times e}{m}$$

f) Velocidad en los canales verticales

$$v_{f1} = \frac{Q}{a \cdot b}$$

g) Velocidad en cada paso

$$v_{f2} = \frac{2}{3} v_{f1}$$

h) Altura de paso

$$P_2 = \frac{\frac{Q}{v_{f2}}}{b_2}$$

i) Extensión total de canales del último tramo

$$l = 60 \cdot v_{f1} \cdot t$$

j) Radio Hidráulico del compartimiento entre pantallas

$$R_H = \frac{a \cdot b}{2(a+b)}$$

k) Perdida de carga continua en los canales

$$hf_1 = \left(\frac{n \cdot v_{f1}}{R_H^{2/3}} \right)^2 \cdot l$$

l) Perdida de carga continua en las vueltas

$$hf_2 = \frac{(m+1)(v_{f1})^2 + m(v_{f2})^2}{2g}$$

m) Perdida de carga total en el último tramo

$$hf = h_1 + h_2$$

n) Volumen del tramo

$$V_t = HbL - e(m-1) * b(H - P_2)$$

ñ) Comprobación del Gradiente de velocidad total en el primer tramo

$$G_1 = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf * Q}{V_t}}$$

o) Comprobación de la longitud transversal

$$L_T = H - (P_2 * 2)$$

1.2.8 Sedimentación

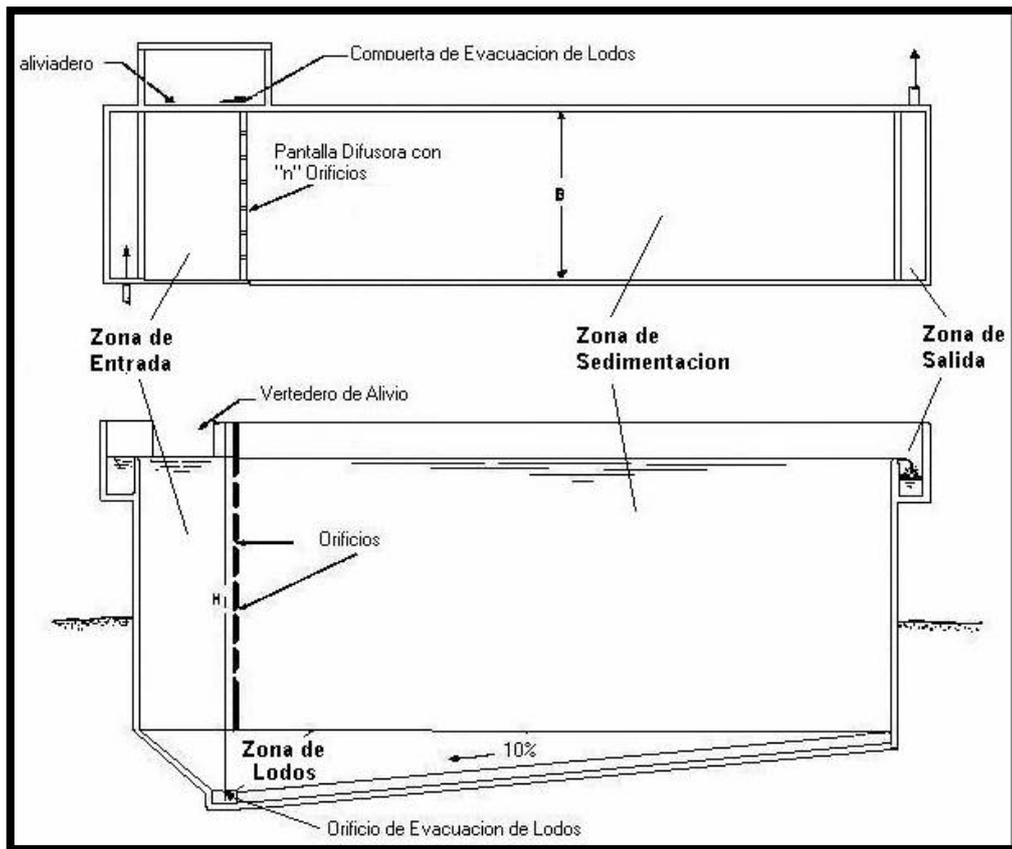
Se entiende por sedimentación al proceso mediante el cual se remueven las partículas sólidas de una suspensión mediante la fuerza de gravedad, reduciendo la velocidad del agua hasta que sea prácticamente nula. Usualmente la eliminación que se alcanza es solo parcial ya que depende de la materia que se trate, temperatura del agua y la amplitud de los tiempos de retención.

1.2.8.1. Sedimentador

Es un dispositivo que se usa para apartar por gravedad las partículas en suspensión en una masa de agua.

Componentes de un sedimentador:

- a) Zona de Entrada.-** Es la disposición hidráulica de transición que permite una distribución igual del flujo dentro del sedimentador.
- b) Zona de Sedimentación.-** Consta de un canal rectangular con volumen longitud y medios de flujo adecuados para que se sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.
- c) Zona de Salida.-** Compuesta por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen el propósito de recolectar el efluente sin alterar la sedimentación de las partículas depositadas.
- d) Zona de recolección de lodos.-** Constituida por una tolva con capacidad para colocar los lodos sedimentados y una tubería y válvula para su evacuación periódica.



*Fuente: Ministerio de Servicios y de Obras Públicas, 2005

Figura d- Sedimentador

Para determinar el área de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

a) Velocidad de sedimentación

$$V_s = \frac{g(P_s - \rho)}{18u} d^2$$

Donde:

V_s= Velocidad de sedimentación

g= gravedad (m/s²)

d= Diámetro de las partículas (mm)

P_s= Peso específico de la partícula (Kg/m³)

ρ = densidad del líquido (Kg/m³)

u = viscosidad del líquido a 15°C (Kg/m.s)

b) Velocidad de sedimentación critica

$$V_{sc} = \frac{V_s + V_{s2}}{2}$$

c) Tiempo de caída

$$td = \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_{sc}}$$

d) Tiempo de retención

$$a = Kt * t$$

d) Sitio de sedimentación

Para determinar el área de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

$$L = 4b$$

$$A = L * b = 4b * b = 4b^2$$

e) Área efectiva

$$Ae = \frac{Q}{V_s}$$

f) Área de cada orificio

$$Ao = L \times L$$

g) Número de orificios

$$Ae = \frac{Ae}{a_o}$$

1.2.9 Filtración

Los tipos de filtros utilizados para la filtración de agua la gran mayoría son del diseño que utiliza material granular como medio filtrante tales como arena fina a través de los cuales el líquido se filtra en forma descendente y se los conoce comúnmente como filtros de arena.

En forma universal la filtración es el camino de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que está en suspensión.

1.2.9.1 Sistemas de Filtración

Existen una gran variedad de sistemas de filtración sin embargo se puede clasificar de acuerdo a las siguientes características:

- Dirección de flujo.
- Tipo de lecho filtrante.
- Fuerza impulsora.
- Tasa de filtración.
- Método de control de la tasa de filtración.

1.2.9.1.1 Dirección de Flujo

Según la dirección los filtros pueden ser hacia arriba, abajo o de flujo dual.

1.2.9.1.2 Tipo de lecho filtrante

Los distintos filtros utilizan por lo general arena o antracita o a su vez estos dos componentes a la vez o también una mezcla de arena, antracita y granate.

1.2.9.1.3 Fuerza Impulsadora

Es utilizada para vencer la resistencia friccional del lecho filtrante y los filtros se clasifican en filtros de gravedad o de presión.

1.2.9.1.4 Tasa de filtración

Los primeros filtros que se usaban para tratar el líquido eran los de arena y que estaban formados por una capa de arena fina de 1 metro sobre un lecho de grava de alrededor de 0,30 metros luego fueron sustituidos por filtros mucho más rápidos, filtros de arena

con lavado ascensional con tasa de filtración mayores y con requerimientos de áreas menores.

Luego se empleó el uso de medios filtrantes duales o mezclados lo que permitió diseños más económicos en área al utilizar tasas de filtración mayores que la de los filtros convencionales.¹⁴

Para determinar el área de la zona de filtración se debe tener en cuenta:

a) Superficie filtrante requerida

$$S_f = \frac{Q}{T_f}$$

Donde:

Q: caudal a tratar (m³/h)

Sf: Superficie filtrante (m)

Tf: Tasa de filtración (1m³/m²h)

b) Área de filtración

$$A_f = \frac{At}{3}$$

Para el área de filtración se adopta las siguientes dimensiones:

Ancho: (m)

Área de filtración: (m)

$$Largo = \frac{A_f}{Ancho}$$

c) Tubería de entrada al filtro

$$D = \sqrt{\frac{4 Qi}{v * \pi}}$$

¹⁴ROMERO, Jairo "Purificación del Agua "Jairo Alberto Rojas, Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería.

Donde:

Qi: Caudal de diseño para cada filtro (m³/s)

v: Velocidad en la tubería (m/s)

D: Diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 Qi}{v * \pi}}$$

c) Área de cada orificio

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

d) Caudal que ingresa a cada orificio

$$Q_o = A_o * v_o$$

e) Número de Laterales

$$\# \text{ Laterales} = n * \frac{L}{el}$$

Donde:

L: Longitud total del filtro (m)

el: Separación entre laterales (m)

n: número de laterales por lado (unidades)

f) Separación entre orificios

$$\# \text{ orificios/ Laterales} = 2 * \frac{Ll}{e}$$

Donde:

Ll: Longitud de cada lateral (m)

e: Espacio entre orificios (m)

g) Número total de orificios

$$\#total\ de\ orificios = \# laterales * \# orificios / Laterales \quad \#total\ de\ orificios = 26 * 100$$

h) Área total de orificios

$$A_{to} = A_o * \#total\ de\ orificios$$

1.2.3 Desinfección

La desinfección del agua en los procesos de tratamiento constituye la barrera más importante en la lucha para eliminar los microorganismos; el cloro es el agente primordial en este proceso y además es utilizado en muchos países. La ventaja de la utilización del cloro para desinfectar se debe a su fácil disponibilidad, su costo bajo y su confiabilidad. En lo que respecta a su determinación mediante los análisis se debe entender la forma como se comporta el cloro cuando se mezcla con agua.

- a) Cuando el agua contiene ciertas sustancias reductoras como sales de Hierro o sulfuro de hidrogeno esta reducirán parte del cloro agregado convirtiéndolo en iones cloruro.
- b) Cuando el agua también contiene otras sustancias que reaccionan con el cloro como pueden ser el Amoniaco y sus derivados, materia orgánica, bacterias, etc., el nivel de cloro libre tendera a disminuir pudiendo producir algunos compuestos orgánicos clorados.
- c) Si la cantidad de cloro agregado es suficientemente grande para garantizar que no se reduzca o combine totalmente una porción permanecerá libre en el agua; esta porción de cloro recibe el nombre de cloro libre residual o cloro libre.

Cuando el cloro reacciona químicamente como en (a) o en (b) pierde su poder oxidante y en consecuencia sus propiedades desinfectantes pero los compuestos formados por la mezcla de cloro con derivados de amoníaco retendrán aun algo de sus propiedades desinfectantes.

Cuando existe un exceso de otros tipos de compuestos reactivos respecto al cloro agregado originalmente el nivel de cloro descenderá a cero.¹⁵

a) Dimensionamiento Tanque de Cloración

$$V_{tanque} = Q * T$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

tr: tiempo de retención (s)

b) Altura del tanque

$$H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

c) Peso cloro necesario

$$P = \frac{Q * D * T}{1000 I}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

D: Dosis cloro necesaria (1,5mg/L)

T: Periodo de almacenamiento de la solución (s)

I: Porcentaje del cloro

d) Volumen del Hipoclorador

$$V = \frac{P}{5 * C}$$

C: Concentración de hipoclorito de calcio equivalente al cloro doméstico (5) Dosis:

¹⁵ Guías para la calidad del agua potable, Issue 481, Volumen 3 pagina 36: By World Health Organization Pan American Health Organization

1.4 REDISEÑO

El presente trabajo que consiste en el rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Cantón San Miguel de Bolívar tiene como propósito mejorar las condiciones actuales del proceso y por consiguiente la calidad del agua de acuerdo con las normas INEN NTE 1 108:2011.

1.4.1 Generalidades

Es de mucha importancia alcanzar una buena combinación de los procesos de potabilización del agua junto con las políticas de la empresa que es de prestar un buen servicio a los usuarios dotando de un líquido vital de calidad y así preservar la salud de los consumidores y además obtener una rentabilidad social y económica en sus inversiones.

1.4.2 Parámetros considerando el Rediseño

Las medidas para establecer el rediseño tienen que estar especificadas en todas las acciones que se vayan a tomar.

1.4.3 Población Futura para el Rediseño

En el cálculo de población futura se va a tomar la decisión más adecuada para establecer la población a futuro basándonos en datos del INEC y que muestren el crecimiento de la población.

1.4.4 Períodos del Rediseño

El periodo de rediseño se especifica como el lapso para el cual el sistema trabajará en forma eficiente tanto por su capacidad para captar, transportar y procesar la cantidad de agua demandada por la ciudad así como también por la resistencia física de las instalaciones y de la calidad del servicio. En la ilustración del periodo de rediseño actúa varios factores como: la vida útil de las instalaciones, obras civiles, equipos, tuberías, facilidades de construcción, tendencia de crecimiento de la población, y de la misma manera la capacidad económica de la empresa.

Los periodos del rediseño recomendables son:

- Fuentes de abastecimiento: 15 años
- Captación:15 años
- Planta de tratamiento de agua:15 años
- Tuberías de distribución, conducción e impulsión: 20 años
- Bombas: 15 años
- Tanques de almacenamiento:15 años

El rediseño del sistema de tratamiento de agua potable se ha planeado para satisfacer las insuficiencias de una población en un tiempo de 15 años.

1.4.5 Áreas de Cobertura

La red de distribución cubre el 90% de la población urbana del Cantón San Miguel y el agua es utilizada por aproximadamente 2600 usuarios.¹⁶

1.4.6 Caudales del Rediseño

1.4.6.1 Población Actual En el siguiente manifiesto se muestra los datos de población urbana según los censos realizados.¹⁷

| Año | Habitantes (área urbana) |
|------|--------------------------|
| 1950 | 1705 |
| 1962 | 2410 |
| 1974 | 2743 |
| 1982 | 3862 |
| 1990 | 4892 |
| 2001 | 5981 |
| 2010 | 6911 |

¹⁶Secretaria de la EMAPA-SM

¹⁷GAD Municipal de San Miguel de Bolívar

1.4.6.2 Población Futura

Si bien es cierto que la población urbana tiene siempre una tasa positiva de crecimiento, se adopta la tasa de crecimiento del dato de población del último censo y se calcula la proyección de la población por el método geométrico con una tasa anual constante de 1,62%, dado que la atención de este método presume que la población crece constantemente en una cifra proporcional a su volumen variable.

$$N_t = N_o(1 + r)^t$$

Dónde:

N_o: Población al inicio del período

N_t: población futura

r: Tasa media anual de crecimiento

t: Número de años que se van a proyectar la población

1.4.6.3 Dotación Básica

Se refiere a la cantidad de agua que cada habitante va a gastar diariamente, y esta expresado en litros/ habitantes/ día.

$$DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}}$$

Dónde:

DB: Dotación Básica

V_{ac}: Volumen de agua consumida

T_{us}: Total de usuarios servidos

1.4.6.4 Dotación de Agua

Es la investigación del gasto futuro e intervienen diversos factores como el clima, tamaño de la ciudad, grado de industrialización que intervienen en la demanda del agua, para lo cual la OMS recomienda los siguientes parámetros.

Tabla 1.3 PARÁMETROS RECOMENDADOS

| Población | Clima | |
|-------------|-------|--------|
| | Frío | Cálido |
| 2000-10000 | 120 | 150 |
| 10000-50000 | 150 | 200 |
| 5000 | 200 | 250 |

*Fuente: Organización Mundial de la Salud.

1.4.6.5 Dotación Futura

Para conseguir la Dotación Futura se debe multiplicar la dotación básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que encierra los consumos comerciales, institucionales e industriales.

El factor de mayorización recomendado por la EMAPA-SM es de 1,18.

$$DF = 1,18 * DB$$

Dónde:

FM: Factor de Mayorización

DB: Dotación Básica

1.4.6.6 Gasto Diario (Qmed)

El gasto medio es la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos de la población en un día de consumo promedio.

La ecuación que especifica el gasto medio es la siguiente:

$$Q_{med} = \frac{P.D}{86400}$$

Dónde:

Q_{med}: Gasto medio diario, en L/s

P: Número de habitantes

D: Dotación, en L/hab/día

86400: Segundos/día, s/d

1.4.6.7 Gasto máximo diario (Q_{md})

Se utiliza para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente de abastecimiento, el dispositivo de bombeo, la dirección y el tanque de acopio.

Este valor se consigue como:

$$QMd = k * Qmed$$

Dónde:

Q_{md}: Gasto máximo diario

k: Coeficiente de variación diaria (1,3 según la Empresa)

Q_{med}: Gasto medio diario, en L/s.

1.4.6.8 Gasto máximo Horario (Q_{Mh})

El gasto máximo horario, es demandado para satisfacer las insuficiencias de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este gasto se maneja, para calcular las redes de distribución, y también se utiliza para las líneas de conducción, y se logra a partir de la siguiente ecuación:

$$QMh = k * QMd$$

Donde:

QMh: Gasto máximo horario, en L/s

K: Coeficiente de variación horaria, adimensional

QMd: Gasto máximo diario, L/s

1.4.7 Caudales para el Rediseño

El rediseño de la Planta de Tratamiento debe realizarse con el propósito de garantizar un suficiente suministro de agua en cualquier caso y se debe tener en cuenta el caudal de captación así como los volúmenes de reserva.

1.4.7.1 Caudal de Captación

Como la captación se efectúa de una fuente superficial el factor de mayor acción por fugas se considera 1,5 al valor del caudal máximo diario.

$$Q_{captación} = 1,5 * QM_d$$

1.4.7.2 Caudal de la Planta de Tratamiento

El caudal de tratamiento se rediseñara para un caudal semejante a 1,10 veces el caudal máximo diario (QMd).

$$Q_{tratamiento} = 1,10 * QM_d$$

1.4.8 Volúmenes de Reserva

Para el volumen de reserva se deben tener en cuenta el consumo medio diario así como las demandas de la ciudad y además se debe contemplar en el dimensionamiento un volumen extra de almacenamiento para cubrir la demanda de en caso de emergencia.

1.4.8.1 Volumen de Regulación

Para poblaciones con un número mayor a 5000 habitantes se toma como volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día considerando la demanda media diaria al final del periodo. Y se calcula con la siguiente ecuación:

$$V_r = 0,25 * Q_{md}$$

Dónde:

V_r= Volumen de regulación en m³.

Qmd= Caudal medio diario.

1.4.8.2 Volumen contra incendios

Para poblaciones de hasta 20.000 habitantes futuros se aplicará la siguiente fórmula.

$$Vi=100 * \sqrt{p}$$

Donde:

p: Población en miles

1.4.8.3 Volumen de Emergencia

Para poblaciones mayores a 5000 habitantes se tomará el 25% del volumen de regulación para cubrir situaciones de emergencia.

$$Ve= 0,25 * Vr$$

1.4.8.4 Volumen Total

El volumen total de almacenamiento se obtendrá al sumar los volúmenes de regulación, emergencia y el volumen para incendios.

$$Vt=Vr + Vi + Ve$$

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

2.1.1. Localización de la investigación

El sitio de estudio comprende el Rediseño de la Planta Potabilizadora de Agua ubicada en el Barrio Tangará del Cantón San Miguel ubicado en la Provincia de Bolívar.

2.1.2. Método de Recopilación de la Información

El método de investigación que se utilizó para el presente trabajo es de tipo experimental y comparativo, para esto manejamos datos obtenidos durante la caracterización actual del agua y los relacionamos lo que nos permitió diagnosticar el tipo de agua que se está proporcionando al Cantón del proyecto nos permitirá cumplir los objetivos propuestos.

2.1.3. Recolección de Muestras

La recolección y análisis de las muestras se realizó según el cronograma, acordado con la Jefa de la Planta de Agua Potable de San Miguel las cuales una vez cogidas las muestras se las llevaba al laboratorio de la planta de tratamiento de agua potable “Chaquishca”, ubicada en la ciudad de Guaranda en la parroquia de Guanujo para realizar la caracterización físico- químico y microbiológica.

Cuadro 2.1. Identificación de Muestras

| PROCESO | ENSAYOS | N° DE MUESTRAS | DENOMINACIÓN |
|--------------------------|-----------------|----------------|--------------|
| Alimentación a la planta | Físico-Químicos | 2 | 1A -2B |
| | Microbiológicos | | |
| Floculación | Físico-Químicos | 2 | 1C-2D |
| | Microbiológicos | | |
| Sedimentación | Físico-Químicos | 2 | 1E-2F |

| | | | |
|---------------------|------------------------------------|---|-------|
| | Microbiológicos | | |
| Filtración | Físico-Químicos Microbiológicos | 2 | 1G-2H |
| Cloración | Físico-Químicos Microbiológicos | 2 | 1K-2L |
| Distribución | Físico-Químicos Microbiológicos | 2 | 1M-2N |

*Fuente: Renato Barragán

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se trabajó con una muestra diaria de agua cruda, durante tres días a la semana y a estas muestras se las realizó los respectivos análisis físico-químicos y microbiológicos, que constan de 32 parámetros.

2.2.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS

Se tomó 3 muestras semanales en los diferentes puntos de muestreo, en las que se realizó la caracterización físico-química y microbiológica las mismas que constan de los parámetros especificados en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.2. Parámetros de Caracterización del Agua Potable

| No | PARÁMETRO | UNIDAD |
|--------------------------------|---------------|--------|
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | | |
| 1 | Color | UTC |
| 2 | Turbiedad | NTU |
| 3 | Conductividad | uS/cm |

| | | |
|---------------------------------|---|------|
| 4 | pH | --- |
| 5 | Sólidos Totales Disueltos | °C |
| 6 | Temperatura | |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | |
| 7 | NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L |
| 8 | NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L |
| 9 | FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L |
| 10 | NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L |
| 11 | SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L |
| 12 | FLUORUROS (F) | mg/L |
| 13 | HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L |
| 14 | MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L |
| 15 | CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L |
| 16 | COBRE (Cu) | mg/L |
| 17 | DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L |
| 18 | ALUMINIO(Al ³⁺) | mg/L |
| 19 | CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L |
| 20 | NIQUEL (Ni) | mg/L |
| 21 | COBALTO (Co) | mg/L |
| 22 | PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L |
| 23 | ZINC (Zn ²⁺) | mg/L |
| 24 | PLATA (Ag ⁺) | mg/L |

| | | |
|------------------------|------------------------------------|-----------|
| 25 | CIANURO (CN ⁻) | mg/L |
| 26 | BARIO(BA ²⁺) | mg/L |
| 27 | BROMO(Br) | mg/L |
| 28 | MOLIBDENO(Mo ⁶⁺) | mg/L |
| 29 | CROMO TOTAL(Cr) | mg/L |
| 30 | OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L |
| MICROBIOLÓGICOS | | |
| 31 | Coliformes totales | NMP/100ml |
| 32 | Coliformes fecales | NMP/100ml |

*Fuente: Norma INEN 1108:2011, Segunda Edición.

2.2.3 EQUIPOS MATERIALES Y REACTIVOS

Cuadro 2.3. Equipos Materiales y Reactivos

| EQUIPOS | MATERIALES | REACTIVOS |
|------------------------|------------------------|---|
| Balanza analítica | Buretas | Reactivos HACH |
| Baño María | Erlenmeyer | Indicadores PAN |
| Colorímetro | Film protector | Solución EDTA |
| Conductímetro | Peras de succión | Solución Buffer |
| Equipo de Jarras | Pinzas | Agua Destilada |
| Espectrofotómetro HACH | Pipetas | Soluciones amortiguadoras de pH4, Ph7 |
| Estufa | Probetas | colorante negro de Eriocromo T(indicador) |
| Fotómetro | Tubos de ensayo | Ampollas m-ColiBlue24®Broth |
| Incubadora | Vasos de precipitación | ✓ Ampollas m-Endo®Broth |
| pH-metro | | |
| Reverbero | | |
| Turbidímetro | | |

*Fuente: Renato Barragán

2.2.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Los métodos que utilizamos están ajustados al manual “Stándar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el análisis de Agua Potable y Residuales); y el Manual de Métodos HACH.

Cuadro 2.4 Métodos de análisis

| DETERMINACIÓN | MÉTODO | DESCRIPCIÓN |
|---------------|----------------|--|
| Color | Comparativo | Se toma una muestra en un recipiente del comparador y en el otro se coloca agua destilada, seguido se procede a la lectura |
| Turbiedad | Nefelométrico | Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor obtenido. |
| Conductividad | Electrométrico | Mediante el electrodo de cristal del |

| | | |
|--|---------------------|---|
| | | equipo, se lee y se registra el valor obtenido |
| pH | Potenciométrico | Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor obtenido |
| Sólidos Totales Disueltos | Electrométrico | Mediante el electrodo de cristal del equipo, se lee y se registra el valor obtenido |
| Aluminio | Espectrofotométrico | Tomar 25 ml de muestra en tubo de inversión, colocar los reactivos que indica el manual y registrar los resultados |
| Dureza | Volumétrico | Se toma 25 ml de la muestra, seguido de 1ml de solución tampón, más una pizca de negro de eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02 N |
| Nitratos Nitritos Fosfatos Cloruros Bromo Cobre | Espectrofotométrico | Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados. |

| | | |
|---------------------|---------------------|---|
| Cromo VI | | |
| Sulfatos | | |
| Hierro | | |
| Níquel | | |
| Cobalto | | |
| Bario | | |
| Molibdeno | | |
| Cromo total | | |
| Fluoruro | Espectrofotométrico | Tomar 10 ml de muestra, y 10 ml de agua destilada para el blanco, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos. |
| Manganeso | | |
| Nitrógeno Amoniacal | | |
| Plata | Fotómetro | Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados |
| Cianuro | | |
| Zinc | | |
| Plomo | | |
| Escherichia Coli | Sembrado | Se esteriliza el equipo microbiológico para la filtración, se toma 50 ml de muestra y se procede a filtrar, se vierte el reactivo y se siembra a la temperatura correspondiente |
| Coliformes Totales | | |

***Fuente:** Renato Barragán

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1 DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

El sistema de tratamiento de agua potable de San Miguel de Bolívar se suministra actualmente del agua que proviene de las estribaciones del nevado Chimborazo la cual es transportada mediante una tubería de PVC al sector de Ungubi, Tatahuazo y Cruz de Liso que es donde se capta el agua que posteriormente se distribuye a la planta de tratamiento ubicada en el barrio Tangará , la planta cuenta con un tratamiento convencional a la cual ingresa agua cruda: está compuesta por mezcla rápida, floculación, coagulación, sedimentación, filtración, y desinfección. Estos procesos actualmente se encuentran funcionando a su mayor capacidad.

2.3.1.1 PROCESOS EXISTENTES

MEZCLA RÁPIDA: El agua cruda que entra se mezcla rápidamente con el coagulante en este caso es el Policloruro de Aluminio y se ha dispuesto un canal parshall para que esto suceda. Este canal está conformado por un resalto hidráulico lugar donde se dosificara el coagulante.



Figura e- Mezclador Rápido

FLOCULACIÓN: La floculación en esta planta se efectúa en unidades de tipo hidráulico de flujo vertical y ha sido dimensionada para cuatro zonas de gradiente.

El diseño de estas unidades contempla velocidades que no permiten la sedimentación cuando se opere con todo el caudal esto es 30 l/s cuando se tenga que tratar con caudales inferiores se podrá operar en forma normal, teniendo tiempos de operación y limpieza más largos.

La floculación es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.



Figura f- Floculación

SEDIMENTACIÓN: Existen dos sedimentadores en la planta el tipo de sedimentadores que se utilizan en esta planta son laminares están conformados por hiladas de placas 1,20 x 1,20 x 6 mm de espesor por unidad el ingreso del agua se efectúa por la parte central y la recolección del agua está prevista por las canaletas laterales, las cuales se descargan a un canal central. La decantación de lodos sedimentados se ubica en el fondo de la unidad para su almacenamiento se dispone de una tolva cuya evacuación está prevista mediante descargas periódicas controladas por el operador cada día o mediante las determinadas por el jefe de planta pero por lo menos una cada dos días.



Figura g-Sedimentador

FILTRACIÓN: La planta cuenta con seis unidades de filtración de alta tasa de flujo descendente autolavables, compuestos por un medio de filtrante de capa de arena-antracita.

La operación de lavado estará circunscrita a cerrar la válvula que permite el ingreso de agua sedimentada, luego se abrirá la válvula de desagüe en este instante se notara que el nivel del filtro desciende hasta dejar la canaleta de lavado visible iniciándose en ese momento el retrolavado.



Figura h- Filtración

DESINFECCIÓN: Una vez que el agua sale de la filtración pasa al proceso de desinfección en el cual se añade cloro gas al agua, para esto hay que determinar la cantidad apropiada de cloro para desinfectar el agua y para reaccione con el líquido vital y se disperse a través del tanque.



Figura i- Desinfección

2.3.2 DATOS

2.3.2.1 CARATERIZACIÓN DEL AGUA CAPTADA

Para la caracterización del agua captada se tomó muestras de agua cruda en los diferentes procesos de potabilización así como en la distribución hacia los domicilios, durante cuatro semanas, tres días por semana.

Para determinar la calidad del agua se realizó una caracterización físico-química y microbiológica de las muestras de agua que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2.1. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 1

| RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO ENTRADA AGUA CRUDA A LA PLANTA | | | | | | | | | |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|--|
| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites | |
| | | 03-feb | 04-feb | 05-feb | 06-feb | 07-feb | | | |
| COLOR | UTC | 2,00 | 12,00 | 20,00 | 2,00 | 3,00 | 7,80 | 15 | |
| TURBIEDAD | NTU | 3,00 | 30,12 | 70,06 | 4,14 | 3,98 | 22,26 | 5 | |
| pH | ..... | 8,52 | 7,12 | 8,25 | 7,26 | 8,90 | 8,01 | 6,5-8,5 | |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 250,23 | 220,07 | 200,42 | 170,64 | 210,62 | 210,40 | 0 | |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 140,37 | 148,46 | 150,92 | 120,38 | 160,62 | 144,15 | 1000 | |
| TEMPERATURA | °C | 14,52 | 14,09 | 14,21 | 14,37 | 15,12 | 14,46 | 0 | |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,10 | 1,32 | 1,70 | 1,12 | 1,26 | 1,30 | 10 | |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,007 | 0,009 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0 | |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,20 | 0,31 | 0,22 | 0,19 | 0,34 | 0,25 | 0,1 | |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0 | |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 26,00 | 19,00 | 26,00 | 30,00 | 25,00 | 25,20 | 200 | |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,56 | 0,74 | 0,64 | 0,75 | 0,68 | 0,67 | 1,5 | |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,25 | 0,70 | 0,64 | 0,58 | 0,39 | 0,51 | 0,3 | |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,060 | 0,054 | 0,084 | 0,034 | 0,089 | 0,067 | 0,1 | |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,006 | 0,008 | 0,009 | 0,006 | 0,008 | 0,01 | 0,05 | |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 1 | |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 124,00 | 102,00 | 138,00 | 120,00 | 150,00 | 126,80 | 300 | |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,006 | 0,047 | 0,040 | 0,02 | 0,032 | 0,029 | 0,25 | |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,70 | 0,42 | 0,54 | 0,62 | 0,47 | 0,55 | 250 | |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,02 | |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,019 | 0,020 | 0,018 | 0,025 | 0,020 | 0,020 | 0,2 | |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 | |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 | |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 | |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 | |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,20 | 0,24 | 0,16 | 0,25 | 0,18 | 0,21 | 0,7 | |
| BROMO (Br) | mg/L | 2,12 | 3,00 | 2,00 | 2,5 | 3,12 | 2,55 | 6 | |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 0,11 | 0,23 | 0,19 | 0,18 | 0,23 | 0,19 | 0,07 | |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,011 | 0,012 | 0,013 | 0,019 | 0,02 | 0,015 | 2 | |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 25,00 | 19,00 | 30,00 | 20,00 | 26,00 | 24,00 | 0 | |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 50 | 120 | 70 | 84 | 112 | 87,20 | <2* | |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | 64 | 80 | 34 | 60 | 24 | 52,40 | <2* | |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.2 Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 2

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 10-feb | 11-feb | 12-feb | 13-feb | 14-feb | | |
| COLOR | UTC | 10,00 | 3,00 | 3,00 | 14,00 | 16,00 | 9,20 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 65,00 | 4,14 | 4,50 | 32,00 | 30,00 | 27,13 | 5 |
| pH | ..... | 7,12 | 8,56 | 8,57 | 7,42 | 7,96 | 7,93 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 220,58 | 190,25 | 220,47 | 240,85 | 220,84 | 218,60 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 170,68 | 152,64 | 130,89 | 170,65 | 190,25 | 163,02 | 1000 |
| TEMPERATURA | °C | 14,12 | 14,56 | 14,85 | 14,97 | 14,35 | 14,57 | 0 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,12 | 1,1 | 1,54 | 1,08 | 1,64 | 1,30 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,007 | 0,009 | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,14 | 0,21 | 0,18 | 0,38 | 0,34 | 0,25 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 10,00 | 22,00 | 20,00 | 16,00 | 20,00 | 17,60 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,37 | 0,30 | 0,48 | 0,55 | 0,42 | 0,42 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,72 | 0,68 | 0,79 | 0,52 | 0,64 | 0,67 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,081 | 0,067 | 0,078 | 0,084 | 0,045 | 0,071 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,018 | 0,028 | 0,010 | 0,010 | 0,009 | 0,02 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 120,00 | 110,00 | 132,00 | 130,00 | 146,00 | 127,60 | 300 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,007 | 0,007 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 1,19 | 0,90 | 0,94 | 1,28 | 1,08 | 1,08 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,004 | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,020 | 0,021 | 0,021 | 0,020 | 0,020 | | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,22 | 0,28 | 0,25 | 0,32 | 0,27 | 0,27 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,40 | 0,5 | 0,41 | 0,34 | 0,46 | 0,42 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 1,19 | 1,02 | 1,09 | 0,98 | 1,21 | 1,10 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,009 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 20,00 | 30,00 | 24,00 | 20,00 | 22,00 | 23,20 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 20 | 40 | 22 | 84 | 120 | 57,20 | <2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | 12 | 8 | 10 | 40 | 36 | 21,20 | <2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.3 Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 3

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 17-feb | 18-feb | 19-feb | 20-feb | 21-feb | | |
| COLOR | UTC | 40,00 | 58,00 | 2,00 | 2,00 | 30,00 | 26,40 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 800,12 | 95,45 | 4,56 | 3,47 | 64,27 | 193,57 | 5 |
| pH | ..... | 9,00 | 8,65 | 7,58 | 7,64 | 8,94 | 8,36 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 290,23 | 264,78 | 220,64 | 200,07 | 240,52 | 243,25 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 150,42 | 170,81 | 130,64 | 128,47 | 170,32 | 150,13 | 1000 |
| TEMPERATURA | °C | 14,23 | 15,24 | 14,78 | 15,12 | 15,27 | 14,93 | — 0 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,00 | 1,24 | 1,34 | 1,46 | 1,37 | 1,28 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,008 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,31 | 0,37 | 0,35 | 0,41 | 0,32 | 0,35 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,024 | 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 20,00 | 22,00 | 24,00 | 25,00 | 23,00 | 22,80 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,30 | 0,34 | 0,33 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,40 | 0,52 | 0,34 | 0,42 | 0,57 | 0,45 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,067 | 0,054 | 0,065 | 0,042 | 0,039 | 0,053 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 0,0074 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,07 | 0,058 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 130,00 | 124,00 | 136,00 | 130,00 | 130,00 | 130,00 | 300 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,009 | 0,010 | 0,014 | 0,019 | 0,010 | 0,012 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,64 | 0,70 | 0,64 | 0,78 | 0,76 | 0,70 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,021 | 0,022 | 0,017 | 0,019 | 0,020 | 0,020 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,22 | 0,30 | 0,42 | 0,35 | 0,28 | 0,31 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,52 | 0,42 | 0,36 | 0,48 | 0,38 | 0,43 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 1,00 | 1,12 | 0,84 | 0,98 | 0,74 | 0,94 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 22,00 | 20,00 | 22,00 | 24,00 | 24,00 | 22,40 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 48 | 60 | 110 | 84 | 96 | 79,6 | <2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | 12 | 20 | 54 | 28 | 40 | 30,8 | <2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.4. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Entrada del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 4

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 24-feb | 25-feb | 26-feb | 27-feb | 28-feb | | |
| COLOR | UTC | 3,00 | 3,00 | 15,00 | 2,00 | 38,00 | 12,20 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 5,00 | 4,85 | 35,69 | 3,74 | 26,00 | 15,06 | 5 |
| pH | ..... | 7,05 | 7,34 | 7,95 | 7,14 | 8,75 | 7,65 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 140,37 | 149,92 | 184,00 | 160,57 | 190,74 | 165,12 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 110,42 | 100,72 | 125,47 | 120,28 | 140,75 | 119,53 | 1000 |
| TEMPERATURA | °C | 15,12 | 15,47 | 15,23 | 16,04 | 15,97 | 15,57 | — |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,00 | 1,12 | 0,85 | 1,18 | 0,98 | 1,03 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,006 | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,18 | 0,22 | 0,28 | 0,35 | 0,37 | 0,23 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,034 | |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 30,00 | 22,00 | 24,00 | 22,00 | 26,00 | 24,80 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,30 | 0,31 | 0,25 | 0,30 | 0,26 | 0,28 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,45 | 0,46 | 0,48 | 0,53 | 0,64 | 0,51 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,032 | 0,042 | 0,057 | 0,064 | 0,074 | 0,049 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,007 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,0086 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 126,00 | 130,00 | 128,00 | 126,00 | 132,00 | 128,40 | 300 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,92 | 0,83 | 0,68 | 0,93 | 0,74 | 0,82 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,009 | 0,006 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,007 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,08 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,22 | 0,31 | 0,20 | 0,28 | 0,34 | 0,27 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,40 | 0,39 | 0,46 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 1,20 | 1,10 | 1,35 | 1,23 | 1,35 | 1,25 | |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | —2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 20,00 | 30,00 | 32,00 | 28,00 | 29,00 | 27,80 | |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 24 | 58 | 134 | 62 | 70 | 69,6 | <2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | 6 | 10 | 46 | 8 | 12 | 16,4 | <2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.5. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 1

| RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO SALIDA DEL AGUA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN | | | | | | | | |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|------------|---------|
| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
| | | 03-feb | 04-feb | 05-feb | 06-feb | 07-feb | | |
| COLOR | UTC | 1,00 | 8,00 | 12,00 | 1,00 | 1,00 | 4,60 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 0,70 | 12,00 | 20,00 | 0,54 | 0,62 | 6,77 | 5 |
| pH | ..... | 7,16 | 6,94 | 7,05 | 6,87 | 7,32 | 7,07 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 195,14 | 210,28 | 180,31 | 150,38 | 170,69 | 181,36 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 110,09 | 110,05 | 130,48 | 114,05 | 120,53 | 117,04 | 1000 |
| TEMPERATURA | °C | 15,64 | 15,76 | 15,83 | 15,32 | 15,97 | 15,70 | |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,00 | 1,20 | 1,60 | 0,90 | 1,17 | 1,17 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,12 | 0,25 | 0,15 | 0,10 | 0,28 | 0,18 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,014 | 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 23,00 | 18,00 | 20,00 | 22,00 | 19,00 | 20,40 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,56 | 0,70 | 0,63 | 0,76 | 0,61 | 0,65 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,20 | 0,53 | 0,47 | 0,32 | 0,27 | 0,36 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,056 | 0,038 | 0,042 | 0,025 | 0,066 | 0,045 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,006 | 0,009 | 0,008 | 0,006 | 0,008 | 0,0074 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 124,00 | 100,00 | 140,00 | 124,00 | 148,00 | 127,20 | 300 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,69 | 0,12 | 0,16 | 0,15 | 0,79 | 0,38 | 0,3-1,5 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,052 | 0,043 | 0,036 | 0,012 | 0,025 | 0,034 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,80 | 0,53 | 0,69 | 0,76 | 0,93 | 0,74 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,003 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,013 | 0,017 | 0,012 | 0,020 | 0,019 | 0,016 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,20 | 0,24 | 0,16 | 0,25 | 0,18 | 0,21 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 1,59 | 2,58 | 1,64 | 2,13 | 2,74 | 2,14 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 0,10 | 0,23 | 0,20 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,010 | 0,012 | 0,015 | 0,017 | 0,014 | 0,014 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 20,00 | 16,00 | 24,00 | 18,00 | 22,00 | 20,00 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | < 1** | 10 | 20 | 6 | < 1** | 12 | <2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | < 1** | 2 | 8 | 4 | < 1** | 4,66666667 | <2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.6. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 2

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 10-feb | 11-feb | 12-feb | 13-feb | 14-feb | | |
| COLOR | UTC | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 10,00 | 16,00 | 6,60 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 10,00 | 0,45 | 0,58 | 25,00 | 30,00 | 13,21 | 5 |
| pH | ..... | 6,97 | 7,25 | 7,02 | 6,40 | 6,83 | 6,89 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 210,09 | 190,25 | 170,57 | 210,65 | 205,41 | 197,39 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 150,40 | 140,36 | 123,84 | 160,27 | 178,09 | 150,59 | 1000 |
| TEMPERATURA | ° C | 16,07 | 16,00 | 15,98 | 15,87 | 16,08 | 16,00 | — |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,00 | 0,96 | 1,20 | 0,94 | 1,48 | 1,12 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,009 | 0,009 | 0,007 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,11 | 0,14 | 0,15 | 0,30 | 0,25 | 0,19 | 0,1 |
| NITROGENO AMONICAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,012 | — 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 11,00 | 20,00 | 18,00 | 10,00 | 15,00 | 14,80 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,36 | 0,27 | 0,45 | 0,52 | 0,36 | 0,39 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,46 | 0,53 | 0,47 | 0,35 | 0,42 | 0,45 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,051 | 0,043 | 0,052 | 0,037 | 0,029 | 0,042 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,011 | 0,016 | 0,009 | 0,008 | 0,010 | 0,0108 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,04 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 120,00 | 110,00 | 128,00 | 140,00 | 136,00 | 126,80 | 300 |
| COLOR LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,16 | 0,38 | 0,53 | 0,62 | 1,80 | 0,70 | 0,3-1,5 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,005 | 0,007 | 0,007 | 0,009 | 0,006 | 0,007 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 1,20 | 0,86 | 0,94 | 1,34 | 1,10 | 1,09 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,003 | 0,007 | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,006 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,018 | 0,020 | 0,017 | 0,018 | 0,019 | 0,018 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,21 | 0,30 | 0,18 | 0,24 | 0,26 | 0,24 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,34 | 0,42 | 0,32 | 0,30 | 0,42 | 0,36 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 1,20 | 1,06 | 0,98 | 1,12 | 1,25 | 1,12 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,007 | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 18,00 | 24,00 | 20,00 | 15,00 | 21,00 | 19,60 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | 12 | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | 12 | < 2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | 4 | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | 4 | < 2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.7. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 3

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 17-feb | 18-feb | 19-feb | 20-feb | 21-feb | | |
| COLOR | UTC | 20,00 | 12,00 | 1,00 | 1,00 | 10,00 | 8,80 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 19,20 | 8,00 | 0,45 | 0,52 | 6,00 | 6,83 | 5 |
| pH | ..... | 8,37 | 7,59 | 6,87 | 7,06 | 8,14 | 7,61 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 274,00 | 220,07 | 180,31 | 160,79 | 200,10 | 207,05 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 131,40 | 142,50 | 110,28 | 100,08 | 130,47 | 122,95 | 1000 |
| TEMPERATURA | °C | 16,60 | 16,24 | 15,40 | 15,70 | 16,08 | 16,00 | — |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 0,60 | 0,98 | 1,12 | 0,87 | 1,25 | 0,96 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,005 | 0,008 | 0,009 | 0,004 | 0,007 | 0,007 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,25 | 0,20 | 0,28 | 0,30 | 0,25 | 0,26 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,022 | — 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 26,00 | 20,00 | 25,00 | 22,00 | 24,00 | 23,40 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,22 | 0,28 | 0,25 | 0,31 | 0,27 | 0,27 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,36 | 0,30 | 0,34 | 0,39 | 0,47 | 0,37 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,060 | 0,037 | 0,051 | 0,024 | 0,032 | 0,040 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,007 | 0,008 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 0,0072 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,08 | 0,04 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,066 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 132,00 | 120,00 | 130,00 | 124,00 | 128,00 | 126,80 | 300 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,85 | 0,45 | 0,52 | 0,70 | 0,64 | 0,63 | 0,3-1,5 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,010 | 0,009 | 0,012 | 0,017 | 0,009 | 0,011 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,54 | 0,67 | 0,43 | 0,51 | 0,62 | 0,55 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,005 | 0,008 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,006 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,013 | 0,020 | 0,017 | 0,019 | 0,019 | 0,018 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,20 | 0,24 | 0,32 | 0,28 | 0,25 | 0,26 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,32 | 0,40 | 0,29 | 0,27 | 0,33 | 0,32 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 0,94 | 0,70 | 0,68 | 0,84 | 0,72 | 0,78 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 21,00 | 18,00 | 20,00 | 22,00 | 20,00 | 20,20 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | | < 2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | | < 2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.8. Caracterización Físico-Química y Microbiológica a la Salida del Sistema de Tratamiento de Agua Potable. Semana 4

| PARAMETROS | UNIDAD | SEMANA MONITOREADA | | | | | Promedio | Límites |
|---|------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|
| | | 24-feb | 25-feb | 26-feb | 27-feb | 28-feb | | |
| COLOR | UTC | 1,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 18,00 | 6,20 | 15 |
| TURBIEDAD | NTU | 0,32 | 0,40 | 9,00 | 0,58 | 26,00 | 7,26 | 5 |
| pH | ..... | 7,05 | 7,34 | 7,95 | 7,14 | 8,75 | 7,65 | 6,5-8,5 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 140,37 | 149,92 | 184,00 | 160,57 | 190,74 | 165,12 | 0 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 110,42 | 100,72 | 125,47 | 120,28 | 140,75 | 119,53 | 1000 |
| TEMPERATURA | ° C | 15,12 | 15,47 | 15,23 | 16,04 | 15,97 | 15,57 | |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 1,00 | 1,12 | 0,85 | 1,18 | 0,98 | 1,03 | 10 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0,008 | 0,006 | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,18 | 0,22 | 0,20 | 0,24 | 0,19 | 0,21 | 0,1 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,016 | 0 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 26,00 | 18,00 | 20,00 | 22,00 | 24,00 | 22,00 | 200 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 0,25 | 0,20 | 0,18 | 0,27 | 0,18 | 0,22 | 1,5 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,25 | 0,38 | 0,35 | 0,42 | 0,37 | 0,35 | 0,3 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,028 | 0,034 | 0,045 | 0,029 | 0,041 | 0,035 | 0,1 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,005 | 0,007 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,0066 | 0,05 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,032 | 1 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 120,00 | 124,00 | 110,00 | 114,00 | 122,00 | 118,00 | 300 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,45 | 0,75 | 0,95 | 0,97 | 0,24 | 0,67 | 0,3-1,5 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,008 | 0,008 | 0,009 | 0,009 | 0,006 | 0,008 | 0,25 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,85 | 0,74 | 0,62 | 0,80 | 0,58 | 0,72 | 250 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,009 | 0,004 | 0,007 | 0,007 | 0,004 | 0,006 | 0,02 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,07 | 0,03 | 0,05 | 0,07 | 0,04 | 0,05 | 0,2 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | | 3 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | | 0,05 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | 0 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,20 | 0,18 | 0,12 | 0,15 | 0,23 | 0,18 | 0,7 |
| BROMO (Br) | mg/L | 0,38 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,39 | 0,41 | 6 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 1,12 | 1,00 | 1,32 | 1,08 | 1,27 | 1,16 | 0,07 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 0,007 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,008 | 0,008 | 2 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 19,00 | 22,00 | 24,00 | 20,00 | 21,00 | 21,20 | 0 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | | <2* |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | | <2* |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.9. Resultados del Agua de Salida vs el Agua de los Ensayos

| RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PARAMETROS | UNIDAD | LÍMITE PERMISIBLE | 04-feb | | 05-feb | | 10-feb | | 13-feb | | 14-feb | |
| COLOR | UTC | 15 | 8,00 | 1,00 | 12,00 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 16,00 | 1,00 |
| TURBIEDAD | NTU | 5 | 12,00 | 0,75 | 20,00 | 0,48 | 10,00 | 0,71 | 25,00 | 0,47 | 30,00 | 0,51 |
| pH | ..... | 6,5-8,5 | 6,94 | 7,00 | 7,05 | 7,11 | 6,97 | 7,03 | 6,40 | 6,46 | 6,83 | 6,89 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 20 | 210,28 | 90,28 | 180,31 | 60,31 | 210,09 | 90,09 | 210,65 | 90,65 | 205,41 | 85,41 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 1000 | 110,05 | 36,05 | 130,48 | 56,48 | 150,40 | 76,40 | 160,27 | 86,27 | 178,09 | 104,09 |
| TEMPERATURA | °C | | 15,76 | 14,55 | 15,83 | 14,62 | 16,07 | 14,86 | 15,87 | 14,66 | 16,08 | 14,87 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 10 | 1,20 | 1,08 | 1,60 | 1,48 | 1,00 | 0,88 | 0,94 | 0,82 | 1,48 | 1,36 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,008 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,1 | 0,25 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,30 | 0,22 | 0,25 | 0,17 |
| NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,15 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 200 | 18,00 | 2,00 | 20,00 | 4,00 | 11,00 | 3,00 | 10,00 | 4,00 | 15,00 | 4,00 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 1,5 | 0,70 | 0,42 | 0,63 | 0,35 | 0,36 | 0,26 | 0,52 | 0,40 | 0,36 | 0,26 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,53 | 0,15 | 0,47 | 0,20 | 0,46 | 0,17 | 0,35 | 0,17 | 0,42 | 0,23 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,1 | 0,038 | 0,009 | 0,042 | 0,013 | 0,051 | 0,009 | 0,037 | 0,008 | 0,029 | 0,010 |
| CROMO (Cr ⁶⁺) | mg/L | 0,05 | 0,009 | 0,007 | 0,008 | 0,006 | 0,011 | 0,009 | 0,008 | 0,006 | 0,010 | 0,008 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 1 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 300 | 100,00 | 100,00 | 140,00 | 140,00 | 120,00 | 120,00 | 140,00 | 140,00 | 136,00 | 136,00 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,3-1,5 | 0,12 | 1,12 | 0,16 | 1,16 | 0,16 | 1,16 | 0,62 | 1,62 | 1,80 | 1,45 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,25 | 0,043 | 0,008 | 0,036 | 0,006 | 0,005 | 0,002 | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,003 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 250 | 0,53 | 0,39 | 0,69 | 0,55 | 1,20 | 1,06 | 1,34 | 1,20 | 1,10 | 0,96 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,02 | 0,005 | 0,002 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,000 | 0,008 | 0,005 | 0,006 | 0,003 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,2 | 0,017 | 0,013 | 0,012 | 0,008 | 0,018 | 0,014 | 0,018 | 0,014 | 0,019 | 0,015 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | 3 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | 0,05 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | 0 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,7 | 0,24 | 0,22 | 0,16 | 0,14 | 0,21 | 0,19 | 0,24 | 0,22 | 0,26 | 0,24 |
| BROMO (Br) | mg/L | 6 | 2,58 | 2,57 | 1,64 | 1,63 | 0,34 | 0,33 | 0,30 | 0,29 | 0,42 | 0,41 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 0,07 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 1,20 | 1,19 | 1,12 | 1,11 | 1,25 | 1,24 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 2 | 0,012 | 0,019 | 0,015 | 0,021 | 0,007 | 0,016 | 0,006 | 0,012 | 0,008 | 0,016 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 0 | 16,00 | 13,80 | 24,00 | 21,80 | 18,00 | 15,80 | 15,00 | 12,80 | 21,00 | 18,80 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | <2* | 10 | <1** | 20 | <1** | 12 | <1** | <1** | <1** | <1** | <1** |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | <2* | 2 | <1** | 8 | <1** | 4 | <1** | <1** | <1** | <1** | <1** |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

Tabla 2.10. Resultados del Agua de Salida vs el Agua de los Ensayos

| PARAMETROS | UNIDAD | LÍMITE PERMISIBLE | 17-feb | | 18-feb | | 21-feb | | 26-feb | | 28-feb | |
|---|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| COLOR | UTC | 15 | 20,00 | 1,00 | 12,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 18,00 | 1,00 |
| TURBIEDAD | NTU | 5 | 19,20 | 0,49 | 8,00 | 0,56 | 6,00 | 0,71 | 9,00 | 0,64 | 26,00 | 0,54 |
| pH | ..... | 6,5-8,5 | 8,37 | 7,63 | 7,59 | 6,85 | 8,14 | 7,40 | 7,95 | 7,21 | 8,75 | 8,01 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 8 | 274,00 | 154,00 | 220,07 | 100,07 | 200,10 | 80,10 | 184,00 | 64,00 | 190,74 | 70,74 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 1000 | 131,40 | 57,40 | 142,50 | 68,50 | 130,47 | 56,47 | 125,47 | 51,47 | 140,75 | 66,75 |
| TEMPERATURA | °C | | 16,60 | 15,39 | 16,24 | 15,03 | 16,08 | 14,87 | 15,23 | 14,02 | 15,97 | 14,76 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 10 | 0,60 | 0,48 | 0,98 | 0,86 | 1,25 | 1,13 | 0,85 | 0,73 | 0,98 | 0,86 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0 | 0,005 | 0,004 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,1 | 0,25 | 0,17 | 0,20 | 0,12 | 0,25 | 0,17 | 0,20 | 0,12 | 0,19 | 0,11 |
| NITROGENO AMONIAICAL (NH ₃ -N) | mg/L | 0,21 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 200 | 26,00 | 6,00 | 20,00 | 4,00 | 24,00 | 4,00 | 20,00 | 4,00 | 24,00 | 3,00 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 1,5 | 0,22 | 0,12 | 0,28 | 0,18 | 0,27 | 0,17 | 0,18 | 0,08 | 0,18 | 0,08 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,36 | 0,21 | 0,30 | 0,15 | 0,47 | 0,17 | 0,35 | 0,16 | 0,37 | 0,19 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,1 | 0,060 | 0,018 | 0,037 | 0,017 | 0,032 | 0,020 | 0,045 | 0,020 | 0,041 | 0,025 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,05 | 0,007 | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,007 | 0,005 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 1 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,02 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 300 | 132,00 | 132,00 | 120,00 | 132,00 | 128,00 | 132,00 | 110,00 | 132,00 | 122,00 | 132,00 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,3-1,5 | 0,85 | 1,55 | 0,45 | 1,45 | 0,64 | 1,56 | 0,95 | 1,56 | 0,24 | 1,24 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 0,25 | 0,010 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,006 | 0,007 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 250 | 0,54 | 0,40 | 0,67 | 0,53 | 0,62 | 0,48 | 0,62 | 0,48 | 0,58 | 0,44 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,02 | 0,005 | 0,002 | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,004 | 0,001 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,2 | 0,013 | 0,009 | 0,020 | 0,016 | 0,019 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | 3 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | 0,05 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | 0 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,7 | 0,20 | 0,18 | 0,24 | 0,22 | 0,25 | 0,23 | 0,12 | 0,10 | 0,23 | 0,21 |
| BROMO (Br) | mg/L | 6 | 0,32 | 0,31 | 0,40 | 0,39 | 0,33 | 0,32 | 0,42 | 0,41 | 0,39 | 0,38 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 0,07 | 0,94 | 0,93 | 0,70 | 0,69 | 0,72 | 0,71 | 1,32 | 1,31 | 1,27 | 1,26 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 2 | 0,009 | 0,014 | 0,009 | 0,015 | 0,009 | 0,014 | 0,008 | 0,012 | 0,008 | 0,013 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | 0 | 21,00 | 18,80 | 18,00 | 15,80 | 20,00 | 17,80 | 24,00 | 21,80 | 21,00 | 18,80 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | <2* | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | <2* | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |

*Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EMAPA-G- Renato Barragán

2.3.2.2 Prueba de jarras para la Turbiedad

La prueba de jarras se lo efectuó en el laboratorio de Control de Calidad de EMAPA-G, “Chaquishca”, mediante el Test de Jarras que nos proporcionó la Empresa de Agua Potable de Guaranda. Se utilizó el Policloruro de Aluminio (PAC) y un Auxiliar aniónico (CHEMFLOC) con la finalidad de acelerar el proceso.

Las turbiedades con las que se ejecutó la prueba de jarras fueron de acuerdo con los resultados conseguidos en los análisis y el historial de los informes presentados. Hay que tener en cuenta que la MSDS (Hoja Técnica) del PAC, la dosis máxima para agua potable es de 30 mg/L. El auxiliar aniónico tiene una concentración de 10 ppm. Se hizo pruebas con diferentes volúmenes de las soluciones de PAC y el auxiliar aniónico, y se evidenció su eficacia para turbiedades altas.

A continuación se muestran las pruebas realizadas, en las distintas muestras obtenidas.

Tabla 2.11. Prueba De Jarras Turbiedad 26,00 NTU

| TURBIEDAD 26.00 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,50 | 22,10 | 15,00 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,00 | 17,89 | 31,19 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,50 | 10,17 | 60,88 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,00 | 9,64 | 62,92 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,50 | 7,35 | 71,73 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,00 | 3,02 | 88,38 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,50 | 0,75 | 97,12 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,00 | 2,98 | 88,54 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,50 | 5,10 | 80,38 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,00 | 7,91 | 69,58 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,50 | 10,14 | 61,00 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,00 | 15,98 | 38,54 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,50 | 18,42 | 29,15 |

| | | | | | |
|------|------|------|------|-------|-------|
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,00 | 20,10 | 22,69 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,50 | 21,90 | 15,77 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,00 | 22,49 | 13,50 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.12. Prueba De Jarras Turbiedad 30,00 NTU

| TURBIEDAD 30.00 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 26,52 | 11,60 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 19,68 | 34,40 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 11,09 | 63,05 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 0,48 | 98,39 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 5,88 | 80,40 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 2,11 | 92,95 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 0,45 | 98,50 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 1,49 | 95,03 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 2,04 | 93,20 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 2,37 | 92,09 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 2,03 | 93,24 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 1,60 | 94,67 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 22,10 | 26,32 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 22,11 | 26,30 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 21,90 | 27,00 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 20,24 | 32,53 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.13. Prueba De Jarras Turbiedad 35,69 NTU

| TURBIEDAD 35.69 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 23,87 | 33,12 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 15,34 | 57,01 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 14,75 | 58,68 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 11,89 | 66,68 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 0,71 | 98,02 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 4,22 | 88,18 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 6,55 | 81,64 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 6,27 | 82,42 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 6,12 | 82,85 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 5,29 | 85,19 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 4,97 | 86,06 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 5,84 | 83,64 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 26,52 | 25,69 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 24,32 | 31,85 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 21,90 | 38,64 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 18,22 | 48,96 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.14. Prueba De Jarras Turbiedad 64,27 NTU

| TURBIEDAD 64.27 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 28,64 | 55,44 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 16,88 | 73,74 |

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|-------|
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 7,12 | 88,92 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 4,69 | 92,71 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 2,35 | 96,34 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 0,47 | 99,26 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 1,35 | 97,90 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 1,13 | 98,25 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 1,97 | 96,94 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 3,55 | 94,48 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 4,92 | 92,34 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 2,40 | 96,27 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 6,63 | 89,68 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 6,81 | 89,40 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 7,01 | 89,10 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 7,11 | 88,94 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.15. Prueba De Jarras Turbiedad 68 NTU

| TURBIEDAD 68 NTU | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 32,00 | 52,94 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 27,90 | 58,97 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 21,35 | 68,60 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 15,00 | 77,94 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 11,80 | 82,65 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 8,70 | 87,21 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 0,51 | 99,25 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 5,80 | 91,47 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 8,85 | 86,99 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 15,00 | 77,94 |

| | | | | | |
|------|------|------|------|-------|-------|
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 21,35 | 68,60 |
| | | | | | |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 27,90 | 58,97 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 31,50 | 53,68 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 35,20 | 48,24 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 39,00 | 42,65 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 42,90 | 36,91 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.16. Prueba De Jarras Turbiedad 70,06 NTU

| TURBIEDAD 70.06 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 34,00 | 51,47 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 29,70 | 57,61 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 22,40 | 68,03 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 15,50 | 77,88 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 12,00 | 82,87 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 8,70 | 87,58 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 6,72 | 90,41 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 0,49 | 99,31 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 7,80 | 88,87 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 13,50 | 80,73 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 19,60 | 72,02 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 26,10 | 62,75 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 30,00 | 57,18 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 34,10 | 51,33 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 38,40 | 45,19 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 42,90 | 38,77 |

*Fuente: Renato Barragán

Tabla2.17. Prueba De Jarras Turbiedad 80,12 NTU

| TURBIEDAD 80.12 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 39,00 | 51,32 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 34,20 | 57,31 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 25,90 | 67,67 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 18,00 | 77,53 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 14,00 | 82,53 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 10,20 | 87,27 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 7,92 | 90,11 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 11,52 | 85,62 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 0,56 | 99,30 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 16,00 | 80,03 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 23,10 | 71,17 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 30,60 | 61,81 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 35,00 | 56,32 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 39,60 | 50,57 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 44,40 | 44,58 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 49,40 | 38,34 |

***Fuente:** Renato Barragán

Tabla2.18. Prueba De Jarras Turbiedad 95,45 NTU

| TURBIEDAD 95.45 NTU | | | | | |
|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------|
| Conc Auxiliar | Conc PAC | Dosis PAC (mL) | Dosis Aux (mL) | Turbiedad Final (NTU) | % Remoción |
| 0,80 | 0,01 | 1,00 | 0,75 | 46,50 | 51,28 |
| 0,80 | 0,01 | 2,00 | 1,25 | 40,95 | 57,10 |
| 0,80 | 0,01 | 3,00 | 1,75 | 31,15 | 67,37 |
| 0,80 | 0,01 | 4,00 | 2,25 | 21,75 | 77,21 |
| 0,80 | 0,02 | 1,00 | 0,75 | 17,00 | 82,19 |
| 0,80 | 0,02 | 2,00 | 1,25 | 12,45 | 86,96 |
| 0,80 | 0,02 | 3,00 | 1,75 | 9,72 | 89,82 |
| 0,80 | 0,02 | 4,00 | 2,25 | 14,22 | 85,10 |
| 0,80 | 0,03 | 1,00 | 0,75 | 19,25 | 79,83 |
| 0,80 | 0,03 | 2,00 | 1,25 | 0,71 | 99,26 |
| 0,80 | 0,03 | 3,00 | 1,75 | 28,35 | 70,30 |
| 0,80 | 0,03 | 4,00 | 2,25 | 37,35 | 60,87 |
| 0,80 | 0,04 | 1,00 | 0,75 | 42,50 | 55,47 |
| 0,80 | 0,04 | 2,00 | 1,25 | 47,85 | 49,87 |
| 0,80 | 0,04 | 3,00 | 1,75 | 53,40 | 44,05 |
| 0,80 | 0,04 | 4,00 | 2,25 | 59,15 | 38,03 |

***Fuente:** Renato Barragán

CAPITULO III

3. CÁLCULOS DE REDISEÑO

En base a los análisis realizados en los diferentes procesos de la planta potabilizadora de agua se determinó que es necesario un rediseño de esta planta para que el líquido vital sea de mayor calidad y cumpla todos los parámetros establecidos en la norma.

3.1. Cálculo Población Futura

$$\text{Ecuación 3.1} \quad N_t = N_o (1+r)^t$$

Dónde:

N_o: Población al inicio del período.

N_t: Población futura.

r: Tasa media anual de crecimiento.

T: Número de años que se va a proyectar la población.

Datos

Tasa de crecimiento anual: 1,62% según el INEC

Población Actual: 13,000

Tabla 3.1. Proyección de la Población

| N | Año | Población |
|----------|------------|------------------|
| 0 | 2014 | 13,000 |
| 1 | 2015 | 13,211 |
| 2 | 2016 | 13,425 |
| 3 | 2017 | 13,642 |

| | | |
|----|------|--------|
| 4 | 2018 | 13,863 |
| 5 | 2019 | 14,088 |
| 6 | 2020 | 14,316 |
| 7 | 2021 | 14,548 |
| 8 | 2022 | 14,783 |
| 9 | 2023 | 15,023 |
| 10 | 2024 | 15,266 |
| 11 | 2025 | 15,513 |
| 12 | 2026 | 15,765 |
| 13 | 2027 | 16,020 |
| 14 | 2028 | 16,280 |
| 15 | 2029 | 16,543 |

*Fuente: Renato Barragán

3.1.1 Cálculo de la dotación básica

$$\text{Ecuación 3.2} \quad DB = \frac{V_{ac}}{T_{us}}$$

Dónde:

DB: Dotación Básica (L/hab*día)

V_{ac}: Volumen de agua consumida (L/día)

T_{us}: Total de usuarios servidos (habitantes)

*Apreciación EMAPA-SM cada usuario representa a 5 habitantes.

DATOS

Vac: (EMAPA-SM 2014): 8035m³/mes

Tus: (EMAPA-SM 2014): 2600 usuarios

$$DB = \frac{8035 \text{ m}^3 / \text{mes}}{2600 \text{ usuarios}} = 3,090 \text{ m}^3 / \text{mes} * \text{hab}$$

$$DB = \frac{3,093 \text{ m}^3}{\text{mes} * \text{hab}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ usuario}}{5 \text{ habitantes}}$$

$$DB = 199,38 \text{ L/hab} * \text{día}$$

3.1.2 Dotación Futura

$$\text{Ecuación 3.3} \quad DF = FM * DB$$

Dónde:

FM: Factor de Mayorización, según la EMAPA-SM es de 1,18.

DB: Dotación Básica

$$DF = 1,18 * 199,38 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

$$DF = 235,27 \frac{\text{L}}{\text{hab} * \text{día}}$$

3.1.3 Gasto Medio Diario (Qmed)

$$\text{Ecuación 3.4} \quad Q_{med} = \frac{P.D}{86400}$$

Donde:

Q_{med}: Gasto medio diario, en L/s

P: Número de habitantes

D: Dotación, en L/hab/día

86400: Segundos/día, s/d

DATOS:

P: 16,543 habitantes

D: $235,27 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}$

$$Q_{med} = \frac{16,543 \text{ hab} \times 235,27 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}}{86400}$$

$$Q_{med} = 45,05 \frac{L}{s}$$

3.1.4 Gasto Máximo Diario (QMd)

$$\text{Ecuación 3.5} \quad QMd = k * Qmed$$

Donde:

QMd: Gasto máximo diario

k: Coeficiente de variación diaria (1,3 según la Empresa)

Qmed: Gasto medio diario, en L/s.

$$QMd = 1,3 * 45,05 \frac{L}{s}$$

$$QMd = 58,57 \frac{L}{s}$$

3.1.5 Gasto máximo Horario (QMh)

$$\text{Ecuación 3.6} \quad QMh = k_2 * QMd$$

Donde:

QMh: Gasto máximo horario, en L/s

K₂: Coeficiente de variación horaria, adimensional (1,6 según la Empresa)

QMd: Gasto máximo diario, L/s

$$QMh = 1,6 * 58,57 \frac{L}{s}$$

$$QMh = 93,71 \frac{L}{s}$$

3.2 Caudales de Rediseño

3.2.1 Caudal de Captación

$$\text{Ecuación 3.7} \quad Q_{\text{captación}} = 1,5 * QMh$$

$$Q_{\text{captación}} = \text{Conducción} = 87,86 \frac{L}{s}$$

3.2.2 Caudal de la Planta de Tratamiento

$$\text{Ecuación 3.8} \quad Q_{\text{tratamiento}} = 1,10 * QMh$$

$$Q_{\text{tratamiento}} = 64,43 \frac{L}{s}$$

3.3 Volúmenes de Reserva

3.3.1 Volumen de Regulación

$$\text{Ecuación 3.9} \quad V_r = 0,25 * Q_{md}$$

Dónde:

V_r = Volumen de regulación en m^3 .

Q_{md} = Caudal medio diario.

$$V_r = 972,86 m^3$$

3.3.2 Volumen contra Incendios

$$\text{Ecuación 3.10} \quad V_i = 100 * \sqrt{p}$$

Donde:

V_i : Volumen para protección contra incendios expresado en m^3

p : Población en miles

$$V_i = 406,73 m^3$$

3.3.3 Volumen de Emergencia

$$\text{Ecuación 3.11} \quad V_e = 0,25 * V_r$$

$$V_e = 243,21 \text{ m}^3$$

3.3.3.1 Volumen Total

Ecuación 3.12 $V_t = V_r + V_i + V_e$

| DATOS | |
|----------------|----------------|
| Volumen | m ³ |
| V _r | 972,86 |
| V _i | 406,73 |
| V _e | 243,21 |

$$V_t = 1\,623 \text{ m}^3$$

3.4 Consideraciones del Rediseño

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua se puede establecer un tratamiento indispensable para que el líquido sea apto para el gasto de las personas y se puede establecer de un proceso convencional para potabilizar el líquido vital a través de los Cálculos de Ingeniería.

3.4.1 Aireación

El proceso de aireación será diseñado para un caudal de 87,86 L/s y este proceso permite que se oxide el Hierro así como los sulfatos con una eficiencia del 70-80%.

3.4.1.1 Área Total

Ecuación 3.13 $A_t = \frac{Q}{TA}$

Donde:

A_t: Área total del aireador (m²)

Q: Caudal (L/s)

TA: Carga Hidráulica (L/sm², dada por la EMAPA-SM)

Datos

Caudal de diseño (Qd): 87,86 L/s

Carga Hidráulica: 2,94 L/sm²

$$At = 30m^2$$

3.4.1.2. Dimensionamiento de la torre de aireación

Se debe tomar en cuenta que las especificaciones para una torre de aireación está recomendada por la guía técnica de diseño de proyectos de agua potable para poblaciones generada por el Ministerio de Servicios y obras públicas.

3.4.1.2.1 Altura Total

La altura recomendada para la aireación del Hierro se halla entre 2-2.5m, recomendado para una eficiencia del 90% por lo que adoptamos una altura de 2,5m.

3.4.1.2.2 Área de aireación

Asumiendo bandejas cuadradas de 1m de lado.

$$Ai = 1 \times 1 = 1m^2$$

3.4.1.2.3 Número de unidades de aireación requerida

Ecuación 3.14 $Nt = \frac{At}{Ai}$

Dónde:

At: Área total de aireación

Ai: Área de cada unidad de aireación

$$Nt = \frac{30}{1}$$

$$Nt = 30$$

3.4.1.2.4 Número de bandejas

El número de bandejas recomendado es de 30 de unidades

3.4.1.2.5 Número de Torres

$$\text{Ecuación 3.15} \quad N_{\text{torres}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

Dónde:

N_{torres} : Número de torres

Q_d : Caudal de diseño 87,86L/s

Q_t : Caudal que ingresa a la torre 14,64L/s.

$$N_{\text{torres}} = \frac{87,86}{14,64}$$

$$N_{\text{torres}} = 6,0 \approx 6$$

Para el rediseño se demanda 6 torres de aireación con 5 bandejas en cada torre con el propósito de que toda el agua pase por este proceso.

3.4.1.2.6 Separación entre bandejas

Separación entre cada bandeja de 0,20 m. Basados en la torre de aireación de la Planta de Chaquishca en el cantón Guaranda.

$$S_b = 0,20m$$

3.4.1.2.7 Tiempo de exposición (t)

$$\text{Ecuación 3.16} \quad t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

Dónde:

t: Tiempo de exposición (s)

H: Altura total de la torre (2,5 m)

n: Número de bandejas (5)

g: Gravedad (9,8m/s²)

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2,5m \times 5}{9,8m/s^2}}$$

$$t = 1,6s$$

Tabla 3.2. Parámetros de Diseño de un Aireador

| Resultado | Valor | Unidad |
|----------------------------------|-------|----------------|
| Área total del aireador | 30 | m ² |
| Área de cada unidad de aireación | 1 | m ² |
| Número de unidades de aireación | 30 | Unidades |
| Número de torres | 6 | |
| Altura total | 2,5 | m |
| Separación entre bandejas | 0,20 | m |
| Tiempo de exposición | 1,6 | s |

*Fuente: Renato Barragán

3.4.2 Diseño de Medidor de Caudal Parshall

3.4.2.1 Cálculo de la altura de cresta (Ha):

Ecuación 3.17

$$H_a = \frac{1}{(0,3716W)^{1,57} \times W^{0,026} \times 3,281} \times \frac{1}{Q^{1,57} \times 0,46^{0,026}}$$

Se asume W=0,46m y Q= 0,08786

$$H_a = \frac{1}{\frac{0.08786 \cdot 1.57 \cdot 0.46^{0.026}}{(0.3716 \cdot 0.46) \cdot 0.08786 \cdot 1.57 \cdot 0.46^{0.026} \cdot 3.281}}$$

$$H_a = 0,2m$$

3.4.2.2 Cálculo de la altura de garganta (Hb): tomando $W = 0,461m$ y de acuerdo a la Tabla 1.1 , $S=0,7$

Ecuación 3.18

$$H_b = S \times H_a$$

$$H_b = 0,14$$

Verificación de condición: $\frac{H_a}{W} \approx 0,4$ y $0,8$

$$\frac{0,2}{0,461} = 0,43 \text{ Se cumple la condición}$$

3.4.2.3 Cálculo de pérdida de carga

Ecuación 3.19

$$P = \frac{5,072}{(W+4,57)^{1,46}} (1-S)^{0,72} \times Q^{0,67}$$

$$P = \frac{5,072}{(0,46+4,57)^{1,46}} (1-0,7)^{0,72} \times 0.08786^{0,67}$$

$$P = 0,08 \text{ m}$$

Para $W=0,46$ ver ANEXO 3 en el cual se dispone de dimensiones estandarizadas para en canal Parshall.

3.4.3 Floculación

El objetivo es de cerciorar el esparcimiento del coagulante en todo el volumen de agua cruda, el coagulante en este caso Policloruro de aluminio y el Auxiliar Anicónico, debe

aplicarse sobre la sección de manera adecuada es decir a una distancia Lm que sea la recomendable y que permita que se mezclen los componentes.

Datos

| Parámetro | Valor |
|-------------------------|---------------------------|
| Caudal (Q) | 0,08786 m ³ /s |
| Ancho del vertedero (B) | 0,60 m |
| Profundidad (P) | 3,50 m |

La distancia Lm puede calcularse, por la ecuación de Scimeni.

$$\text{Ecuación 3.20} \quad Lm = 1,45P^{0,54} H^{0,6}$$

Dónde:

P: altura del vertedero

H: altura de la lámina de agua

El valor de Lm deducido por la ecuación anterior se acrecienta para tener en cuenta la distancia adicional correspondiente al ancho de la lámina vertiente en el punto de reposo.

Es por eso que requerimos determinar la profundidad crítica de flujo a través de la siguiente ecuación, con la que fijaremos el caudal específico:

$$\text{Ecuación 3.21} \quad q = \frac{Q}{B}$$

Dónde:

q: Caudal específico (m²/s)

Q: Caudal de entrada (0,08786 m³/s)

B: Ancho del vertedero (0,60 m)

$$q = \frac{0,08786}{0,60}$$

$$q = 0,15 \text{ m}^2/\text{s}$$

La profundidad crítica de flujo (h_c) es:

Ecuación 3.22
$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

Dónde:

h_c : Profundidad crítica (m)

g : gravedad (9,8 m/s²)

$$h_c = \left(\frac{0,15^2}{9,8} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0,13 \text{ m}$$

Cuando hay resalto, la profundidad del agua debe estar relacionada con la profundidad crítica mediante la ecuación de White:

Ecuación 3.23
$$h_1 = \frac{\sqrt{2h_c}}{1,06 + \sqrt{\frac{P}{h_c} + 1,5}}$$

$$h_1 = \frac{\sqrt{2(0,13)}}{1,06 + \sqrt{\frac{4}{0,13} + 1,5}}$$

$$h_1 = 0,075 \text{ m}$$

Los fondos anteriormente y posteriormente del resalto están relacionadas entre sí por

$$\text{Ecuación 3.24} \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1 \right)$$

Dónde:

F_1 : Número de Froude en la sección 1.

Para que se dé un resalto estable y la mezcla sea eficiente este valor debe estar percibido entre 4,5 y 9,0.

$$\text{Ecuación 3.25} \quad F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

Para calcular v_1 y v_2 se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ecuación 3.26} \quad v_1 = \frac{q}{h_1}$$

$$v_1 = \frac{0,13m^2/s}{0,075m}$$

$$v_1 = 2m/s$$

Reemplazando datos en la ecuación siguiente tenemos:

$$F_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

$$F_1 = \frac{2}{\sqrt{(9,8)(0,075)}}$$

$F_1 = 2,33$ No está dentro de los valores establecidos.

La relación entre las profundidades antes y después del resalto es:

$$h_2 = \frac{0,075}{2} \left(\sqrt{1 + 8(2,33)^2} - 1 \right)$$

$$h_2 = 0,247m$$

Con la profundidad después del resalto encontramos la velocidad

$$\text{Ecuación 3.27} \quad v_2 = \frac{q}{h_2}$$

$$v_2 = \frac{0,15}{0,247}$$

$$v_2 = 0,60 \text{ m/s}$$

El valor de la pérdida de energía en el resalto (h) se deduce mediante la ecuación de Belanger:

$$\text{Ecuación 3.28} \quad h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1 h_2}$$

$$h = \frac{(0,60 - 0,075)^3}{4(0,075 \times 0,60)}$$

$$h = 0,80 \text{ m}$$

La longitud de resalto para que sea estable se establece mediante la ecuación de Smetana:

$$\text{Ecuación 3.29} \quad L_f = 6(h_2 - h_1)$$

$$L_f = 6(0,60 - 0,075)$$

$$L_f = 3,15 \text{ m}$$

La velocidad media en el resalto está dada por:

$$\text{Ecuación 3.30} \quad v_m = \frac{(v_2 + v_1)}{2}$$

$$v_m = \frac{(0,60 + 2)}{2}$$

$$v_m = 1,3 \text{ m/s}$$

El tiempo de mezcla se calcula mediante:

Ecuación 3.31
$$t_m = \frac{L_f}{v_m}$$

$$t_m = \frac{3,15}{1,3}$$

$$t_m = 2,42s$$

3.4.3.1 Criterios de diseño del floculador hidráulico de flujo vertical

En el proceso de la floculación se efectúa en unidades de tipo hidráulico de flujo vertical y el objetivo es de aprovechar el espacio físico para el diseño de un floculador hidráulico de flujo vertical se consideran los siguientes parámetros:

Caudal (Q) 0,08786 m³ /s

Tiempo de retención (tr) 10min=600s

Longitud (L floculador) 6 m

Profundidad (H) 2m

Ancho del tramo (b) 1 m

Gradiente de velocidad en el último tramo (G) 25 s⁻¹

3.4.3.2 Dimensionamiento del floculador

3.4.3.2.1 Volumen total de la unidad

Ecuación 3.32
$$V_f = 60 * Q * T$$

$$V_f = 60 * 0,08786 * 10$$

$$V_f = 52.71m^3$$

3.4.3.2.2 Ancho total de la unidad

Ecuación 3.33
$$B = \frac{V_f}{H.L}$$

$$B = \frac{52,71}{2 \times 6}$$

$$B = 4,4m$$

3.4.3.3.3 Tiempo de retención en el primer canal

$$\text{Ecuación 3.34} \quad t = \frac{H * B * L}{Q * 60}$$

$$t = \frac{2 * 1 * 6}{0,08786 * 60}$$

$$t = 2,8s$$

3.4.3.3.4 Número de compartimientos (m)

Según la ecuación de Richter

$$\text{Ecuación 3.35} \quad m = 0,045 \sqrt[3]{\frac{bLG^2}{Q}} * t$$

$$m = 0,045 \sqrt[3]{\left(\frac{1*6*25}{0,08786}\right)^2} * 2,8$$

$$m = 9$$

3.4.3.3.5 Espaciamiento entre pantallas (a)

$$\text{Ecuación 3.36} \quad a = \frac{L - (m-1) * e}{m}$$

$$a = \frac{6 - (9-1) * 0,038}{9}$$

$$a = 0,63m$$

3.4.3.3.6 Velocidad en los canales verticales

$$\text{Ecuación 3.37} \quad v_{f1} = \frac{Q}{a * b}$$

$$v_{f1} = \frac{0,08786}{0,63*1}$$

$$v_{f1} = 0,14m/s$$

3.4.3.3.7 Velocidad en cada paso

$$\text{Ecuación 3.38} \quad v_{f2} = \frac{2}{3} v_{f1}$$

$$v_{f2} = \frac{2}{3} 0,14$$

$$v_{f2} = 0,09m/s$$

3.4.3.3.8 Altura de paso

$$\text{Ecuación 3.39} \quad P_2 = \frac{\frac{Q}{v_{f2}}}{b_2}$$

$$P_2 = \frac{\frac{0,08786}{0,09}}{1}$$

$$P_2 = 0,97m$$

3.4.3.3.9 Extensión total de canales del último tramo

$$\text{Ecuación 3.40} \quad l = 60 * v_{f1} * t$$

$$l = 60 * 0,14 * 2,8$$

$$l = 23,52 \text{ m}$$

3.4.3.3.10 Radio Hidráulico del compartimiento entre pantallas

$$\text{Ecuación 3.41} \quad R_H = \frac{a*b}{2(a+b)}$$

$$R_H = \frac{0,63*1}{2(0,63+1)}$$

$$R_H = 0,19m$$

3.4.3.3.11 Perdida de carga continua en los canales

n: Coeficiente de Mannig 0,013

$$\text{Ecuación 3.42} \quad hf_1 = \left(\frac{n \cdot v_{f1}}{R_H^{2/3}} \right)^2 * l$$

$$hf_1 = \left(\frac{0,013 * 0,14}{0,19^{2/3}} \right)^2 * 23,52$$

$$hf_1 = 7,79 * 10^{-5} m$$

3.4.3.3.12 Perdida de carga continua en las vueltas

$$\text{Ecuación 3.43} \quad hf_2 = \frac{(m+1)(v_{f1})^2 + m(v_{f2})^2}{2g}$$

$$hf_2 = \frac{(9+1)(0,14)^2 + 9(0,09)^2}{2(9,8)}$$

$$hf_2 = 0,014 m$$

3.4.3.3.13 Perdida de carga total en el último tramo

$$\text{Ecuación 3.44} \quad hf = h_1 + h_2$$

$$hf = 7,79 * 10^{-5} + 0,014$$

$$hf = 0,015 m$$

3.4.3.3.14 Volumen del tramo

$$\text{Ecuación 3.45} \quad V_t = HbL - e(m-1) * b(H - P_2)$$

$$V_t = 2 * 1 * 6 - (0,038) (9-1) * 1(2 - 0,97)$$

$$V_t = 11,7 m^3$$

3.4.3.3.15 Comprobación del Gradiente de velocidad total en el primer tramo

$$\text{Ecuación 3.46} \quad G_1 = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hf * Q}{V_t}}$$

$$G_1 = 2920,01 * \sqrt{\frac{0,015 * 0,08786}{11,7}}$$

$$G_1 = 31 s^{-1}$$

3.4.3.3.16 Comprobación de la longitud transversal

$$\text{Ecuación 3.47} \quad L_T = H - (P_2 * 2)$$

$$L_T = 2 - (0,97 * 2)$$

$$L_T = 0,06$$

3.4.4 Velocidad de sedimentación

Para determinar la velocidad de sedimentación utilizaremos la ecuación de Stokes;

$$\text{Ecuación 3.48} \quad V_s = \frac{g(P_s - \rho)}{18u} d^2$$

Donde:

V_s= Velocidad de sedimentación

g= gravedad (m/s²)

d= Diámetro de las partículas (mm)

P_s= Peso específico de la partícula (Kg/m³)

ρ = densidad del líquido (Kg/m³)

u= viscosidad del líquido a 15°C (Kg/m.s)

Para escoger el diámetro de la partícula utilizaremos el anexo 4, literal a.

Tabla3.3. Parámetros De Diseño

| PARÁMETROS | VALOR |
|---------------------------------|--------------------------|
| Diámetro de las partículas | 0,10 mm |
| Peso específico de la partícula | 1 445 kg/m ³ |
| Densidad del líquido | 999,19 kg/m ³ |
| Viscosidad del líquido a 15°C | 0,00114 kg/ms |

*Fuente: Renato Barragán

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$V_s = \frac{g(P_s - \rho) d^2}{18u}$$

$$V_s = \frac{9,8(1445 - 999,19)}{18(0,00114)} \times 1,10 \times 10^{-8}$$

$$V_s = 0,23 \text{ cm/s} = 0,0023 \text{ m/s}$$

3.4.4.1. Velocidad de sedimentación crítica

Para fijar la velocidad crítica se maneja la tabla de la relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación, expuesta en el Anexo 4 literal b.

$$\text{Ecuación 3.49} \quad V_{sc} = \frac{V_s + V_s^2}{2}$$

$$V_{sc} = 0,87 \text{ cm/s} \approx 0,0087 \text{ m/s}$$

3.4.4.2 Tiempo de caída

Asumiendo un valor de altura útil del desarenador de 4m, tenemos:

$$\text{Ecuación 3.50} \quad td = \frac{V}{Q} = \frac{H}{V_{sc}}$$

$$td = \frac{400}{0,87}$$

$$td = 459,8s$$

3.4.4.3 Tiempo de retención

Manejando los valores del Anexo 5 en la que se muestra la relación de a/t para depósitos con muy buenos deflectores y con una remoción del 87.5%, por tanto:

$$\text{Ecuación 3.51} \quad a = Kt * t$$

$$a = 2,37 * 459,8$$

$$a = 1\ 089,7$$

3.4.4.4 Sitio de sedimentación

Para determinar el área de la zona de sedimentación se debe tener en cuenta:

$$L = 4b \quad \text{Ecuación 3.52} \quad A = L * b = 4b * b = 4b^2$$

$$A = 3,60 * 7,50 = 27m^2$$

$$L = 4b$$

Además los sedimentadores requieren estructuras complementarias, entre ellas se encuentran:

- ✓ Pantalla defletores
- ✓ Vertedero de excesos.

3.4.4.5 Dimensionamiento de la pantalla defletores

Considerando que la velocidad a través de los orificios es de: 0,068m/s

Área efectiva:

$$Vs = 0,068m/s$$

$$\text{Ecuación 3.53} \quad Ae = \frac{Q}{Vs}$$

$$Ae = \frac{0,08786m^3/s}{0,068m/s}$$

$$Ae = 1,3m^2$$

Área de cada orificio:

$$Ao = 0,10 \times 0,10$$

$$Ao = 0,01m$$

Número de orificios:

$$\text{Ecuación 3.54} \quad Ae = \frac{Ae}{a_o}$$

Reemplazando tenemos:

$$Ae = 130 \text{ orificios}$$

3.4.5 Dimensionamiento de Filtros

Los filtros rápidos por gravedad son los más utilizados en el tratamiento de agua potable la operación consiste en dos etapas: filtración y lavado. En un filtro rápido convencional el final de la filtración se logra cuando los sólidos suspendidos(turbiedad) comienzan a aumentar; cuando la pérdida de carga es tan alta que el filtro ya no produce agua a la tasa deseada usualmente 2,4 m de pérdida o cuando la carrera del filtro es de 36 horas o más. Usualmente cuando una de estas condiciones anteriores se da se procede a lavar los filtros para remover el material suspendido acumulado dentro del lecho filtrante y recuperar su capacidad de filtración. Los filtros han sido planteados para un caudal de 0,08786 m³/ s y con una turbiedad de mínima de 26 NTU.

El lecho filtrante estará compuesto de grava y arena con las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4. Parámetros de Diseño Del Lecho Filtrante

| Parámetros de diseño | Dimensión |
|---|-----------|
| Profundidad del medio filtrante (arena) | 1 m |

| | |
|---|--------|
| Profundidad del sistema de drenaje (grava) | 0,40m |
| Altura de agua sobrenadante | 0,50m |
| Granulometría del medio filtrante | 0,25mm |

*Fuente: EMAPA-SM

3.4.5.1 Superficie filtrante requerida

Ecuación 3.55

$$S_f = \frac{Q}{T_f}$$

Donde:

Q: caudal a tratar (0,08786 m³/s)= 316,3m³/h

S_f: Superficie filtrante (m)

T_f: Tasa de filtración (1m³/m²h)

$$S_f = \frac{0,08786}{1}$$

$$S_f = 316.3m^2$$

Fijamos del número de unidades dependiendo del área de filtración calculada, utilizando los datos de la siguiente tabla:

Tabla 3.5. Número de Filtros en función del Área

| Área m ² | Número de filtros | Dimensiones | |
|---------------------|-------------------|-------------|-------|
| | | Longitud | Ancho |
| 300 | 3 | 12,24 | 8,10 |
| 400 | 3 | 14,14 | 8,34 |

| | | | |
|------|---|-------|-------|
| 500 | 3 | 15,88 | 11,65 |
| 600 | 3 | 17,31 | 11,43 |
| 700 | 3 | 18,70 | 12,34 |
| 800 | 3 | 20,00 | 13,20 |
| 900 | 3 | 21,21 | 14,00 |
| 1000 | 3 | 22,36 | 14,75 |

*Fuente: Purificación del agua; Ing. Milton Silva. Capítulo 6

Número de filtros de acuerdo al área: 3

Longitud: 12.55m

Ancho: 8,14m

3.4.5.2 Área de filtración

Ecuación 3.56 $Af = \frac{At}{3}$

$$Af = \frac{316,3}{3}$$

$$Af = 105,4 \text{ m}^2$$

Se adopta las siguientes dimensiones:

Ancho: 8,14m

Área de filtración: 105,4m

Ecuación 3.57 $Largo = \frac{Af}{Ancho}$

$$Largo = \frac{105,4}{8,14}$$

$$Largo = 12,9\text{m}$$

3.4.5.3 Tubería de entrada al filtro

Ecuación 3.58

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

Donde:

Qi: Caudal de diseño para cada filtro (0,06m³/s)

v: Velocidad en la tubería (2m/s)

D: Diámetro de la tubería

$$D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 (0,05)}{2 * \pi}}$$

$$D = 0,178 \approx 0,18m$$

3.4.5.4 Sistema de drenaje

Para la estructura de salida de los filtros utilizaremos una tubería de 200mm perforada a través de la cual se almacenará el agua filtrada.

Los parámetros manejados para el diseño del sistema de drenajes se los demuestran en las siguientes tablas:

Tabla 3.6. Parámetros de diseño para drenajes por tuberías

| | |
|--|----------------------------|
| Velocidad máxima en el distribuidor | 0.3 m/s |
| Velocidad máxima en los laterales | 0.3 m/s |
| Área total de los orificios | (1,5 a 5)*10 ⁻³ |
| Área del lecho | |

| | |
|--|---------|
| Área principal | 1.5 a 3 |
| Área lateral | 2 a 4 |
| Área de orificios servida por el lateral | |

*Fuente: Potabilización. Milton Silva. Capítulo 6

Tabla 3.7. Parámetros de diseños laterales

| | |
|---|------------------|
| Espaciamiento de los laterales | 1-2 m |
| Diámetro de los orificios de los laterales | 6,5 mm – 15,8 mm |
| Espaciamiento de los orificios de los Laterales | 7,5 cm – 25cm |
| Altura entre tubo y fondo del filtro | 3 - 5 cm |
| Velocidad en orificio | 3 – 5 m/s |

*Fuente: Teoría y Práctica de la Purificación del Agua. Ing. Jorge Arboleda Valencia.

Diámetro de los orificios laterales

Tomando en cuenta los parámetros de diseño asumimos que:

- Diámetro: 9mm
- Velocidad en el orificio: 3m/s

Área de cada orificio

Ecuación 3.59 $A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$

$$A_o = \frac{\pi * (0,009)^2}{4}$$

$$A_o = 6,36 * 10^{-5} m$$

Caudal que ingresa a cada orificio

Ecuación 3.60

$$Q_o = A_o \times v_o$$

$$Q_o = 6,36 \times 10^{-5} \times 3$$

$$Q_o = 1,91 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Tomando una separación de 1m entre los laterales tenemos:

Ecuación 3.61

$$\# \text{ Laterales} = n \times \frac{L}{el}$$

Donde:

L: Longitud total del filtro (13m)

el: Separación entre laterales (1m)

n: número de laterales por lado (2)

$$\# \text{ Laterales} = 2 \times \frac{13}{1}$$

$$\# \text{ Laterales} = 26$$

Separación entre orificios

Ecuación 3.62

$$\# \text{ orificios/ Laterales} = 2 \times \frac{Ll}{e}$$

Donde:

Ll: Longitud de cada lateral (3m)

e: Espacio entre orificios (0,06m)

$$\# \text{ orificios/ Laterales} = 2 \times \frac{3}{0,06}$$

$$\# \text{ orificios/ Lateral} = 100$$

Número total de orificios

Ecuación 3.63 **#total de orificios =# laterales *# orificios/ Laterales**

#total de orificios = 26 * 100

#total de orificios = 2 600

Área total de orificios

Ecuación 3.64 **Ato= Ao *#total de orificios**

Ato= (6,36 * 10⁻⁵) x 2 600

Ato=0,165m²

Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0,0015-0,005)

$$\frac{Ato}{Atf} = \frac{0,165}{105,4}$$

$$\frac{Ato}{Atf} = 0,00156$$

3.4.6 Desinfección

3.4.6.1 Dimensionamiento Tanque de Cloración

Ecuación 3.65 **V_{tanque} = Q * T**

Donde:

Q: Caudal (0.08786m³/ s)

tr: tiempo de retención (600s)

$$V_{tanque} = 0,08786 * 600$$

$$V_{tanque} = 52,72m^3 \approx 53m^3$$

Altura del tanque

Área: $5 * 2,5$

$$\text{Ecuación 3.66} \quad H_{tanque} = \frac{V_{tanque}}{A}$$

$$H_{tanque} = \frac{53}{12,5}$$

$$H_{tanque} = 4,24m$$

3.4.6.2 Dosificación en el Hipoclorador

Peso cloro necesario

$$\text{Ecuación 3.67} \quad P = \frac{Q * D * T}{1000 I}$$

Donde:

Q: Caudal ($0,08786 \text{ m}^3/\text{s}$) = $87,86\text{l/s}$

D: Dosis cloro necesaria ($1,5\text{mg/L}$)

T: Periodo de almacenamiento de la solución ($8\text{h} = 28\ 800\text{s}$)

I: Porcentaje del cloro ($65\% = 0,65$)

$$P = \frac{87,86\text{L/s} * 1,5\text{mg/L} * 28\ 800\text{s}}{1000 (0,65)}$$

$$P = 5,8\text{g}$$

3.4.6.3 Volumen del Hipoclorador

$$\text{Ecuación 3.68} \quad V = \frac{P}{5 * C}$$

C: Concentración de hipoclorito de calcio equivalente al cloro doméstico (5) D: Dosis cloro necesaria ($1,5\text{mg/L}$)

$$V = \frac{5,8}{5 * 5}$$

$$V = 0,23\text{m}^3$$

Se elige un tanque para el hipoclorito de 500L con una dosificación de 1,5% y una duración de 8 horas para la dosificación en la noche de 10pm a 6am, en tanto que para el día se ejecutará una dosificación de cloro gas automática.

3.5 RESULTADOS

3.5.1 PROYECCION FUTURA

Tabla 3.8.RESULTADOS PROYECCION FUTURA (2029)

| PARÁMETROS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|-----------------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| Población Futura | <i>Nt</i> | 16,543 | habitantes |
| Dotación Básica | <i>DB</i> | 199,38 | L/hab*día |
| Dotación Futura | <i>DF</i> | 235,27 | L/hab*día |
| Gasto medio diario | <i>Qmed</i> | 45,05 | L/s |
| Gasto máximo diario | <i>QMd</i> | 58,57 | L/s |
| Gasto máximo horario | <i>QMh</i> | 93,71 | L/s |
| Caudal De Captación | <i>Qcaptación</i> | 87,86 | L/s |

*FUENTE: Renato Barragán

3.5.2 RESULTADOS PROCESOS DE POTABILIZACION

Tabla 3.9. RESULTADOS AIREACION

| PARÁMETROS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|----------------------------------|--------------|-------|----------------|
| Área total del aireador | A_t | 30 | m ² |
| Área de cada unidad de aireación | A_i | 1 | m ² |
| Número de unidades de aireación | N_t | 30 | Unidades |
| Número de torres | N_{torres} | 6 | Torres |
| Altura total | A_t | 2,5 | m |
| Separación entre bandejas | S_b | 0,20 | m |
| Tiempo de exposición | T | 1,6 | s |

*FUENTE: Renato Barragán

Tabla 3.10. RESULTADOS DEL CANAL PARSHAL

| PARÁMETROS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|---|----------------|--------------|-----------------|
| Sumergencia máxima | <i>s</i> | 0,7 | m/m |
| Ancho de la garganta | <i>w</i> | 0,46 | m |
| Altura de la cresta | <i>Ha</i> | 0,2 | m |
| Altura de agua sobre la garganta | <i>Hb</i> | 0,14 | m |
| Pérdida de carga | <i>P</i> | 0,08 | m |
| Dimensiones estandarizadas de secciones de canal de acuerdo con el Anexo 3 | | W=0,46 | |

***FUENTE:** Renato Barragán

Tabla 3.11. RESULTADOS DEL FLOCULADOR

| PARÁMETROS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| Floculador | | | m |
| Longitud | <i>L floculador</i> | 6 | |
| Profundidad | <i>H floculador</i> | 2 | |
| Ancho | <i>B floculador</i> | 4,4 | |
| Canales | <i>b tramo</i> | | |
| Ancho del tramo | | | |
| Numero de Compartimientos | <i>m</i> | 9 | Compartimientos |
| Espacio entre Pantallas | <i>a</i> | 0,63 | m |
| Velocidad en los Canales | <i>Vf₁</i> | 0,14 | m/s |
| Velocidad en cada Paso | <i>Vf₂</i> | 0,09 | m/s |
| Altura de Paso | <i>P₂</i> | 0,97 | m |
| Pérdida continua en los canales | <i>hf₁</i> | $7,79 \times 10^{-5}$ | m |
| Pérdida continua en las vueltas | <i>hf₂</i> | 0,014 | m |
| Pérdida total en el | <i>hf</i> | 0,015 | m |

| | | | |
|---|-----|------------|----------|
| último tramo | | | |
| Gradiente de velocidad en el último tramo | G | $31s^{-1}$ | s^{-1} |

*FUENTE: Renato Barragán

Tabla 3.12. RESULTADOS DEL SEDIMENTADOR

| PARÁMETROS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|---------------------------------------|----------|--------|----------|
| Velocidad de Sedimentación | V_s | 0,23 | cm/s |
| Velocidad de sedimentación crítica | V_{sc} | 0,87 | cm/s |
| Tiempo de caída | T_d | 459,85 | s |
| Tiempo de retención | A | 1089,7 | s |
| Zona de sedimentación | | | |
| Longitud | L | 3,60 | m |
| Ancho | b | 7,50 | |
| Altura | H_d | 5 | |

| | | | |
|--------------------------------|-------|------|-----------|
| Pantalla deflectora | A_e | 1,3 | m^2 |
| Área efectiva | | | |
| Espacio entre orificios | a_o | 0,01 | m |
| Número de orificios | A_e | 130 | orificios |

*FUENTE: Renato Barragán

Tabla 3.13. RESULTADOS FILTROS DE GRAVA Y ARENA

| CÁLCULOS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|---|----------------|--------------|-----------------|
| Turbiedad min | T | 26 | NTU |
| Profundidad del medio filtrante (arena) | P_{arena} | 1 | m |
| Profundidad del sistema de drenaje (grava) | P_{grava} | 0,40 | m |
| Altura de agua Sobrenadante | h_{agua} | 0,50 | m |
| Granulometría del medio filtrante | G_f | 0,25 | mm |
| Superficie filtrante | S_f | 316,3 | m^2 |
| Número de filtros | N_f | 3 | Unidades |
| Área de Filtración | A_f | 105,4 | m^2 |
| Longitud | L_f | 12,55 | m |
| Ancho | A_f | 8,14 | m |

| | | | |
|--|---------------------|------|----|
| Diámetro de la tubería al Ingreso | <i>Dt</i> | 180 | mm |
| Altura de solevación | <i>H Solevación</i> | 0,40 | m |

*FUENTE: Renato Barragán

Tabla 3.14. RESULTADOS CÁMARA DE CLORACION

| CÁLCULOS | SIMBOLO | VALOR | UNIDADES |
|-----------------------------|----------------------|--------------|-----------------|
| Volumen del tanque | <i>V tanque</i> | 53 | m ³ |
| Área | <i>A tanque</i> | 12,5 | m ² |
| Altura | <i>H tanque</i> | 4,24 | m |
| Volumen Hipoclorador | <i>Vhipoclorador</i> | 0,23 | m ³ |

*FUENTE: Renato Barragán

3.6 PROPUESTA

MEZCLA RÁPIDA
Q tratado= 30 l/s



FLOCULACIÓN Proceso
Sub-dimensionado



SEDIMENTACIÓN Proceso
Sub-dimensionado



FILTRACIÓN



CLORACIÓN



Situación Actual

Diseño Propuesto



AIREACIÓN
Especificaciones técnicas - Tabla 3.9.



CANAL PARSHAL
Especificaciones técnicas - Tabla 3.10.



FLOCULACIÓN
Especificaciones técnicas - Tabla 3.11.



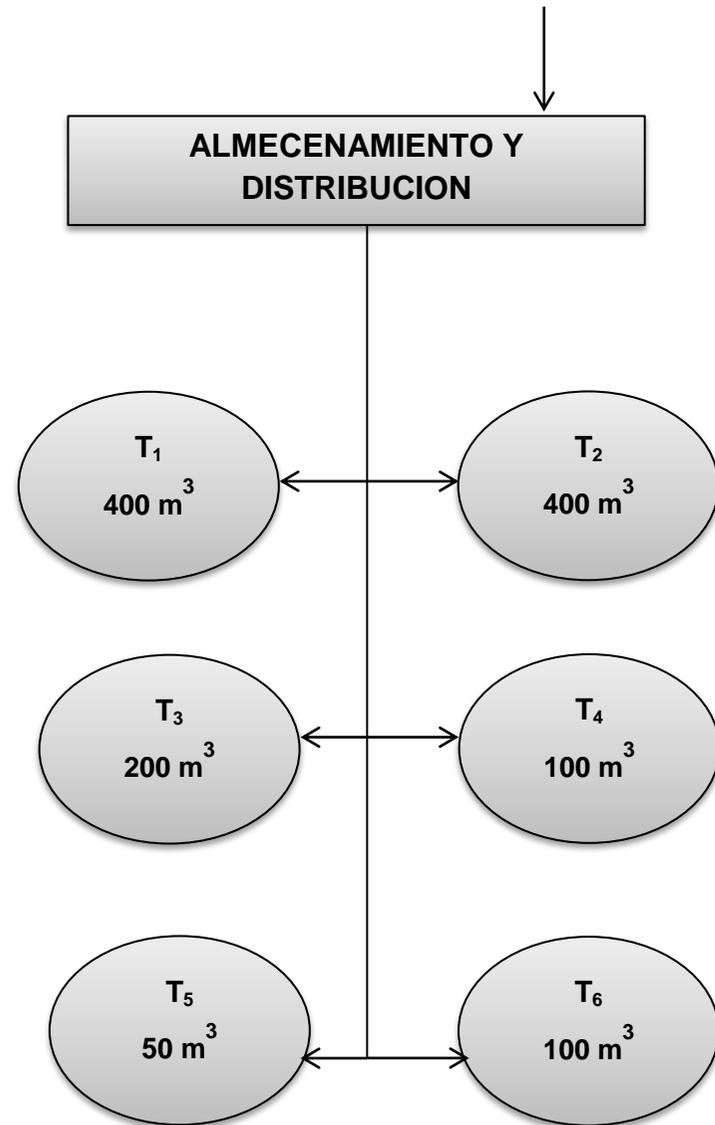
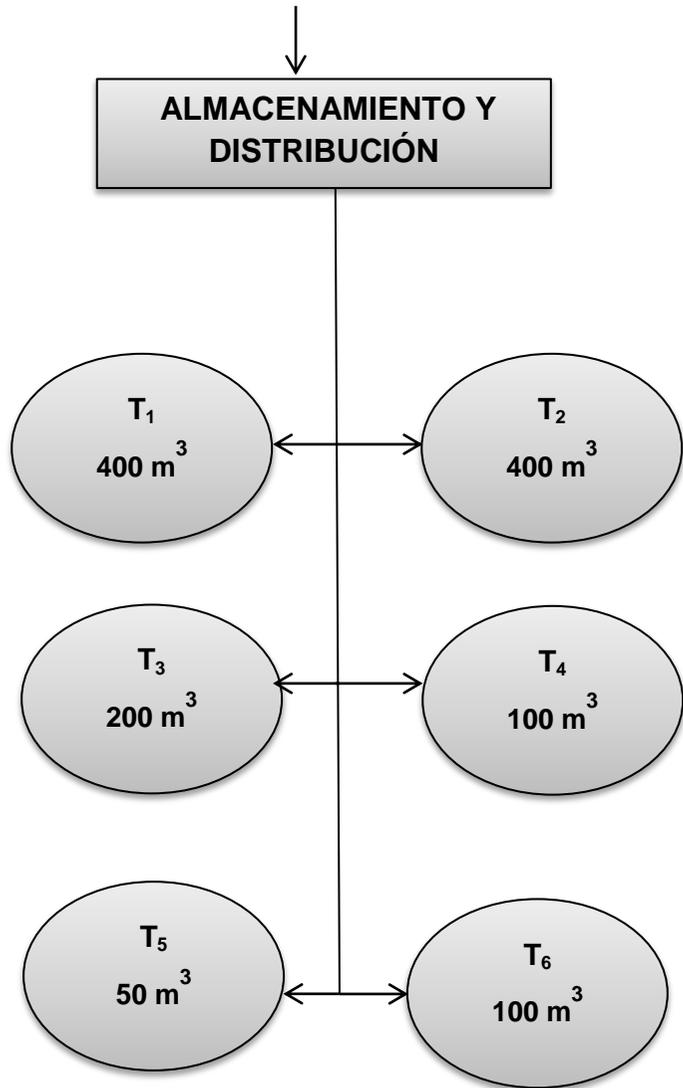
SEDIMENTACIÓN
Especificaciones técnicas - Tabla 3.12.



FILTRACIÓN
Especificaciones técnicas - Tabla 3.13.



CLORACIÓN Especificaciones técnicas - Tabla 3.14.



3.7. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.7.1. Caracterización físico-Química y Microbiológica

Uno de los parámetros más importantes para realizar el rediseño de la planta de tratamiento en el agua potable es la turbiedad y a través de la caracterización físico-química y microbiológica que se realizó en las 4 semanas se puede determinar los valores que a continuación se describen dando como resultado que algunos datos de las pruebas realizadas estaban fuera de los límites permisibles que se indican en la Norma NTE INEN1 108:2011.

PROMEDIO SEMANAL TURBIEDAD

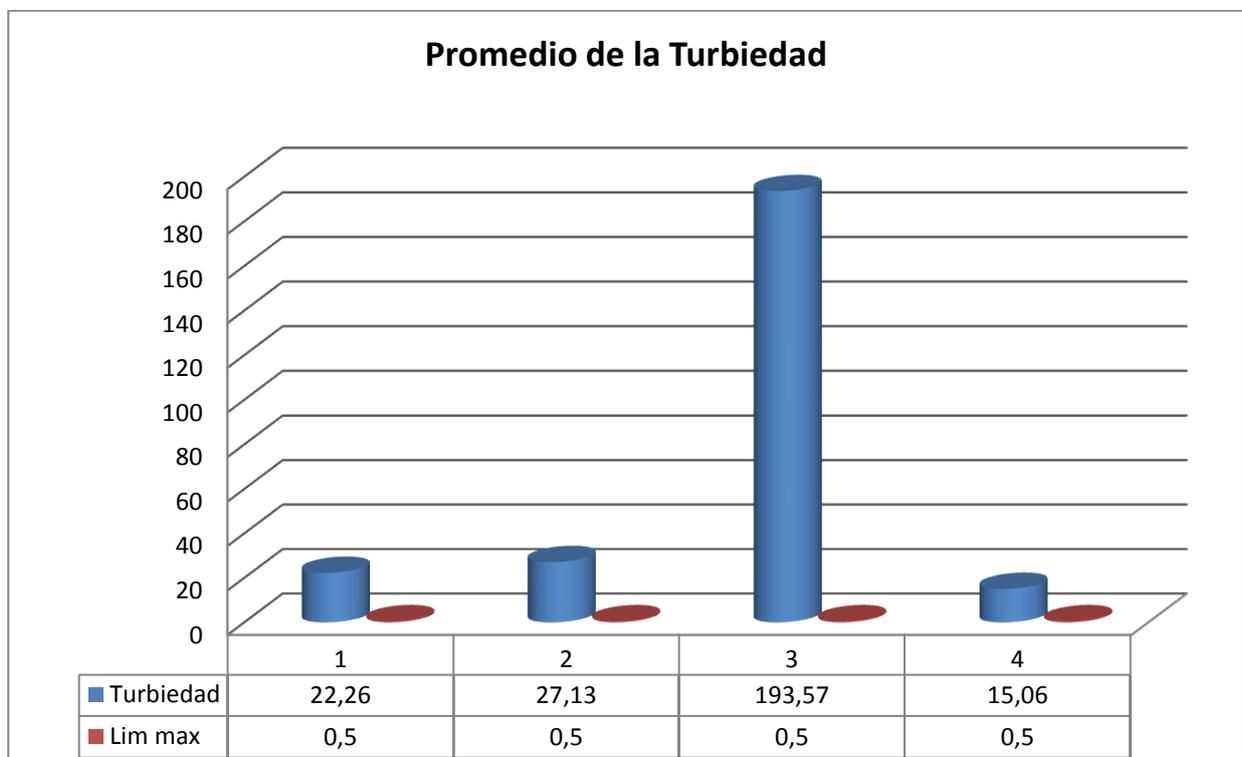
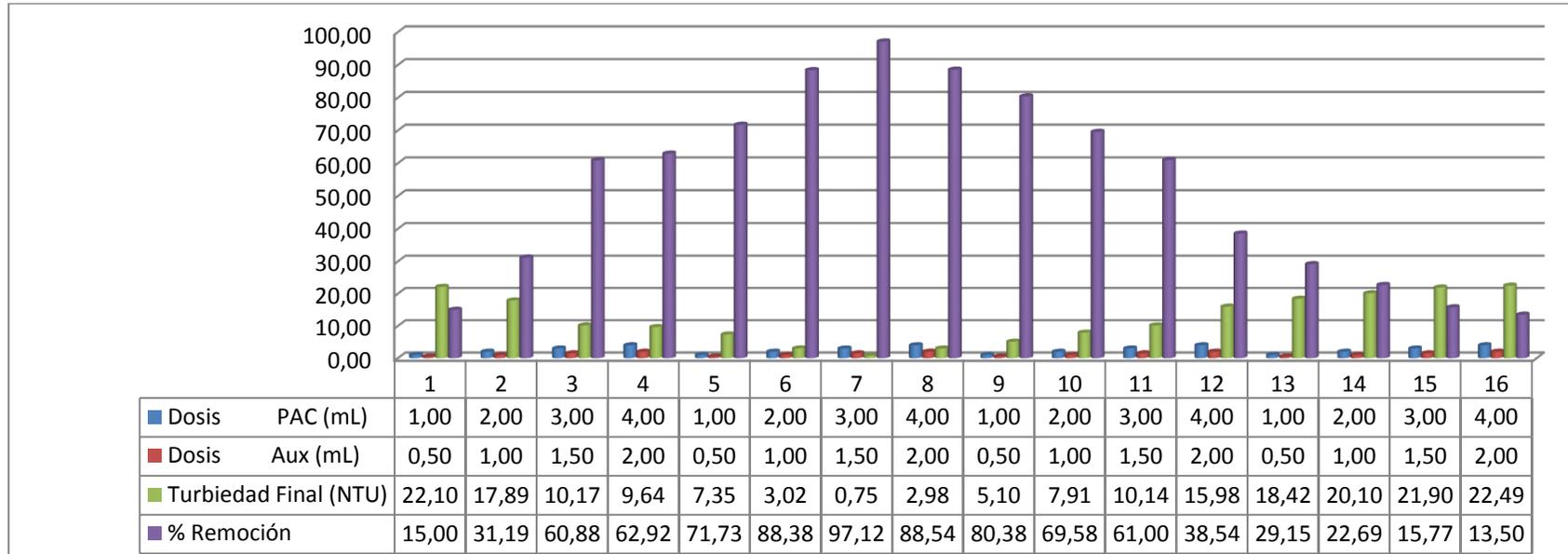


Figura j Resultados promedio semanal de turbiedad

En el presente gráfico se puede observar que todos los valores correspondientes a los promedios de la turbiedad que se realizaron en los análisis están fuera de los límites establecidos según la Norma NTE INEN1 108:2011, por lo que en vista de esta escenario de alta turbiedad se procedió a ejecutar la prueba de jarras para establecer la dosificación adecuada del Policloruro de aluminio y un auxiliar aniónico.

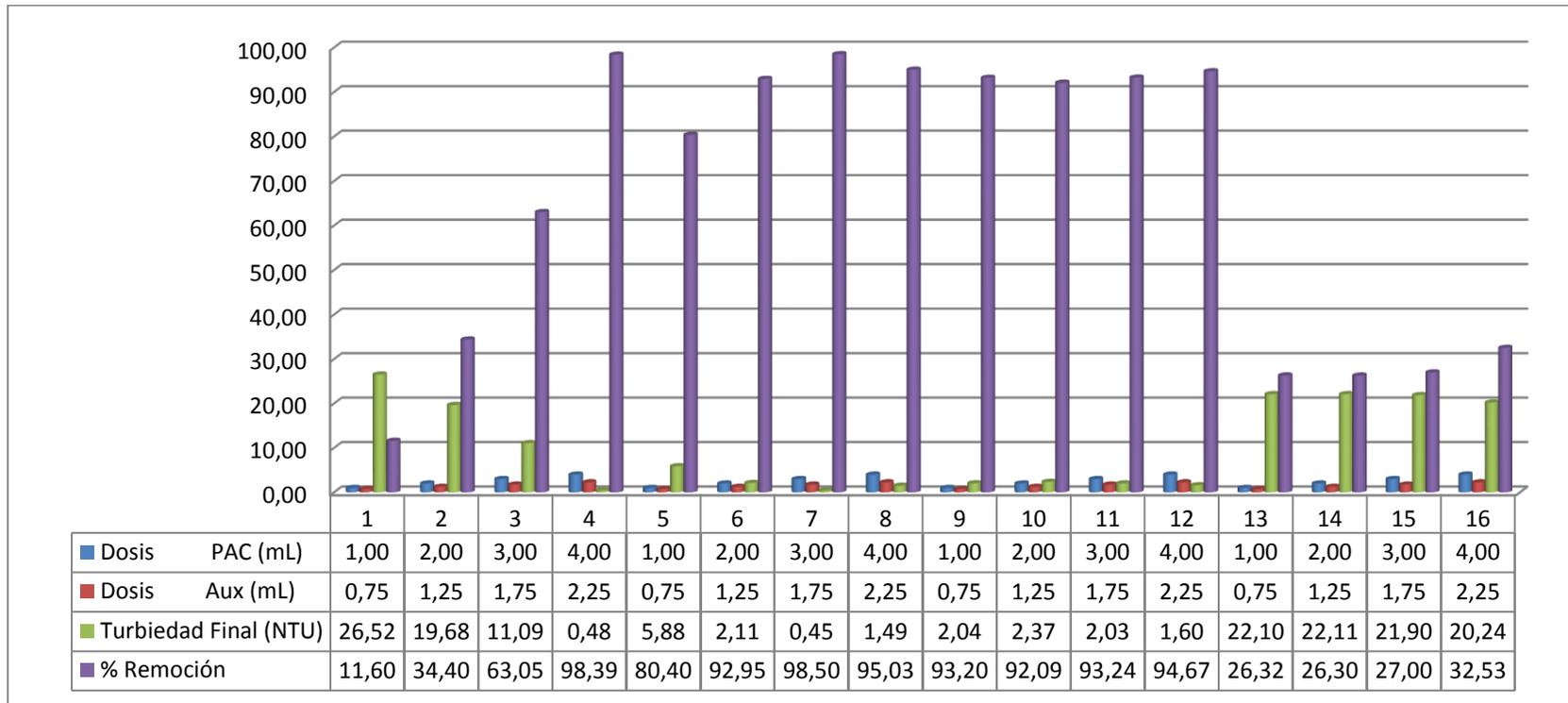
3.7.2 Prueba de Jarras

GRÁFICO 3.1 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 26 NTU



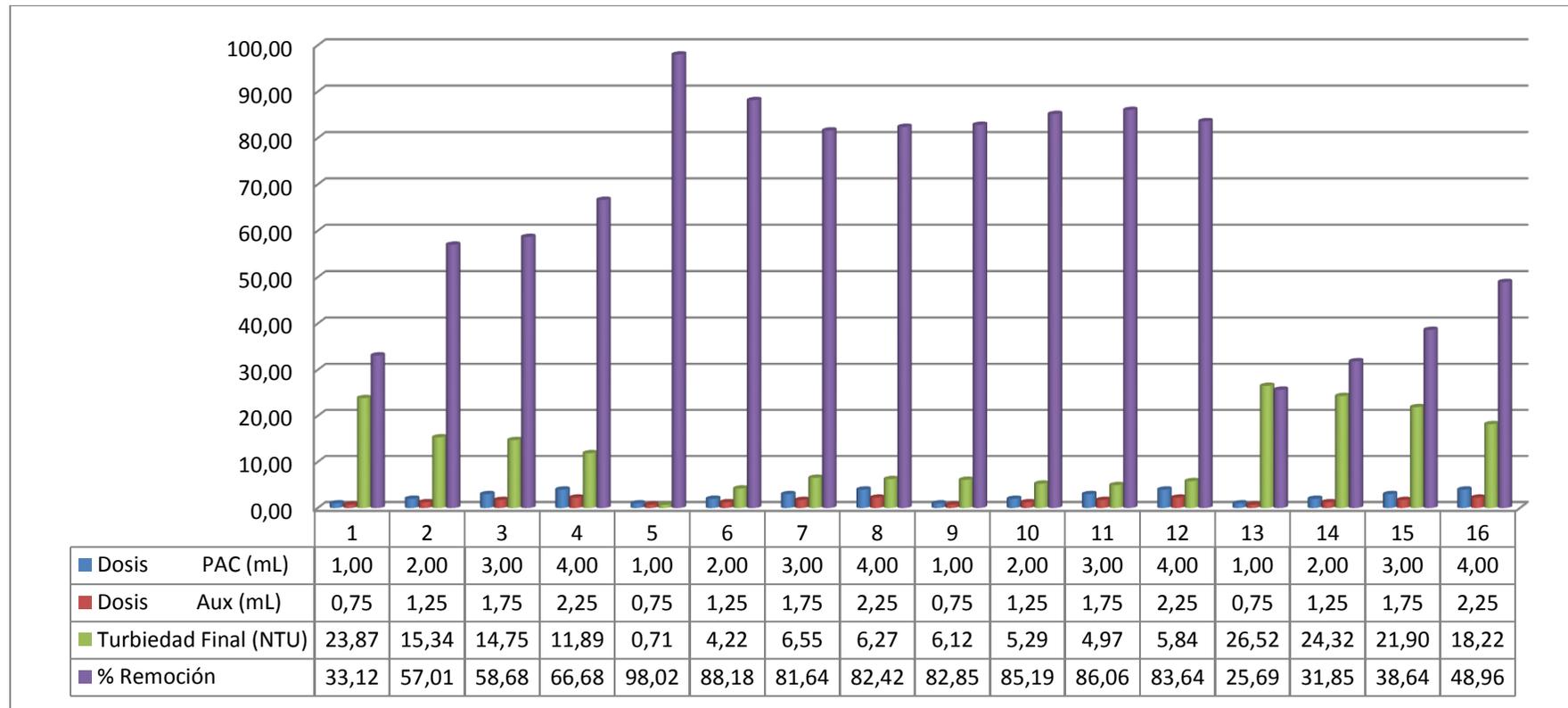
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 7 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 26 NTU que era la inicial a 0,75NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.2 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 30 NTU



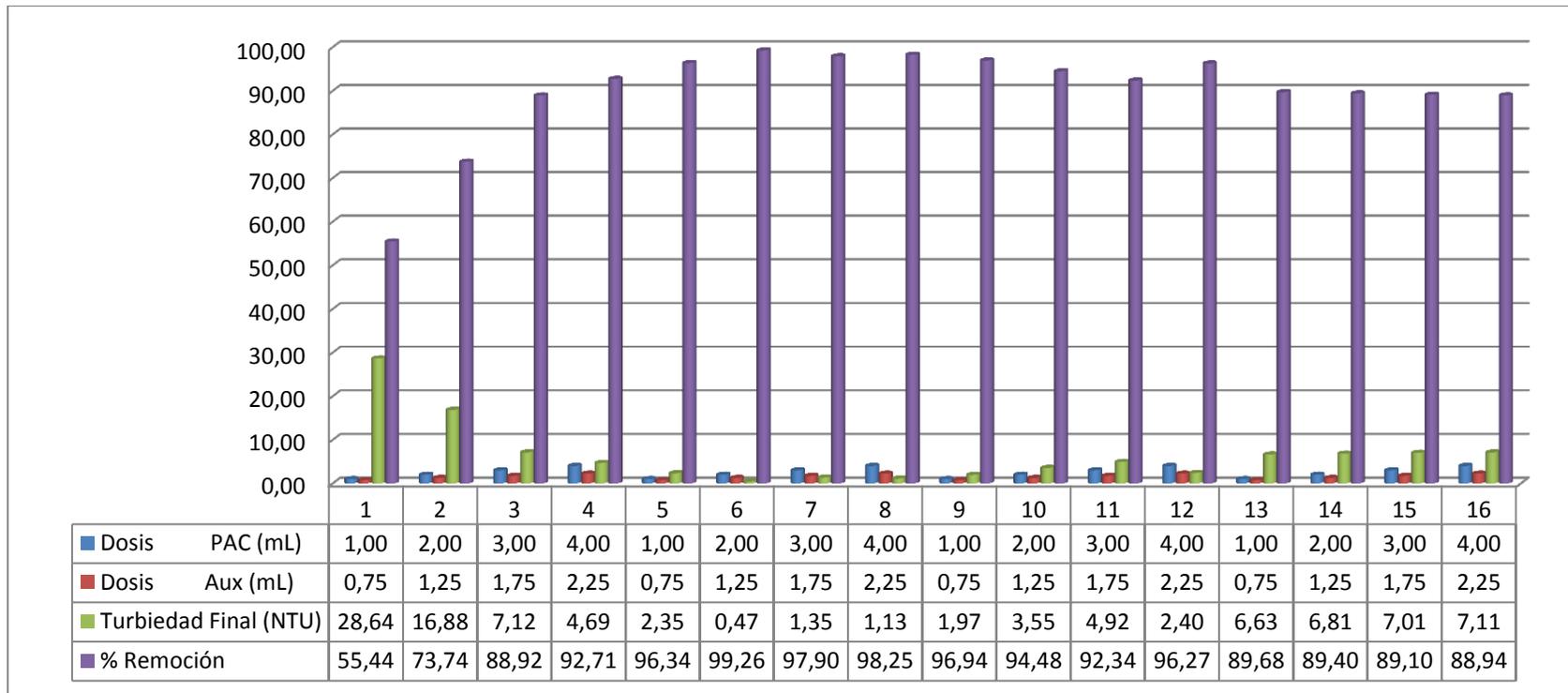
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 7 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 30 NTU que era la inicial a 0,45 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.3 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 35.69 NTU



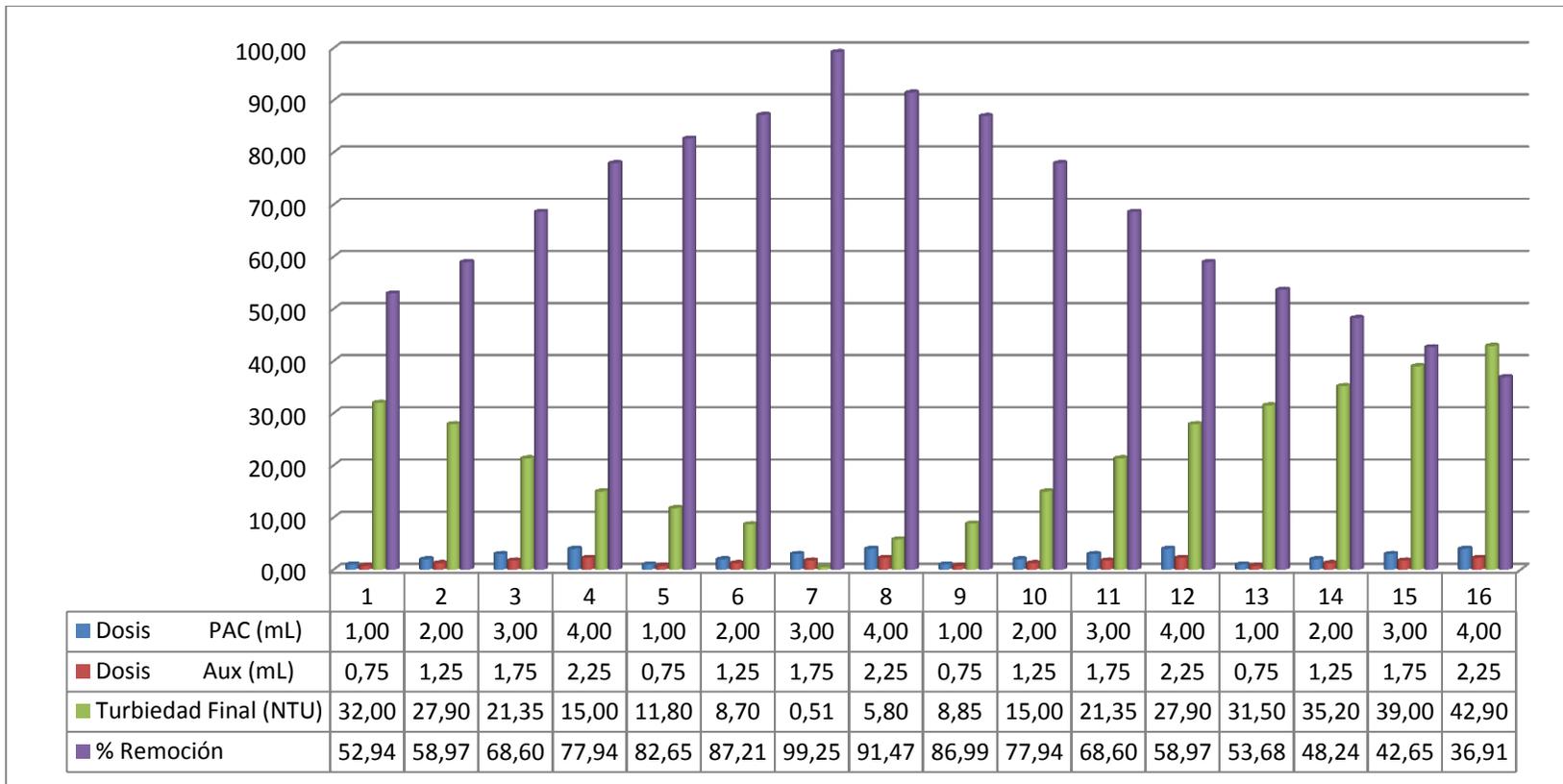
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 5 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 35.69 NTU que era la inicial a 0,71 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.4 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 64.27 NTU



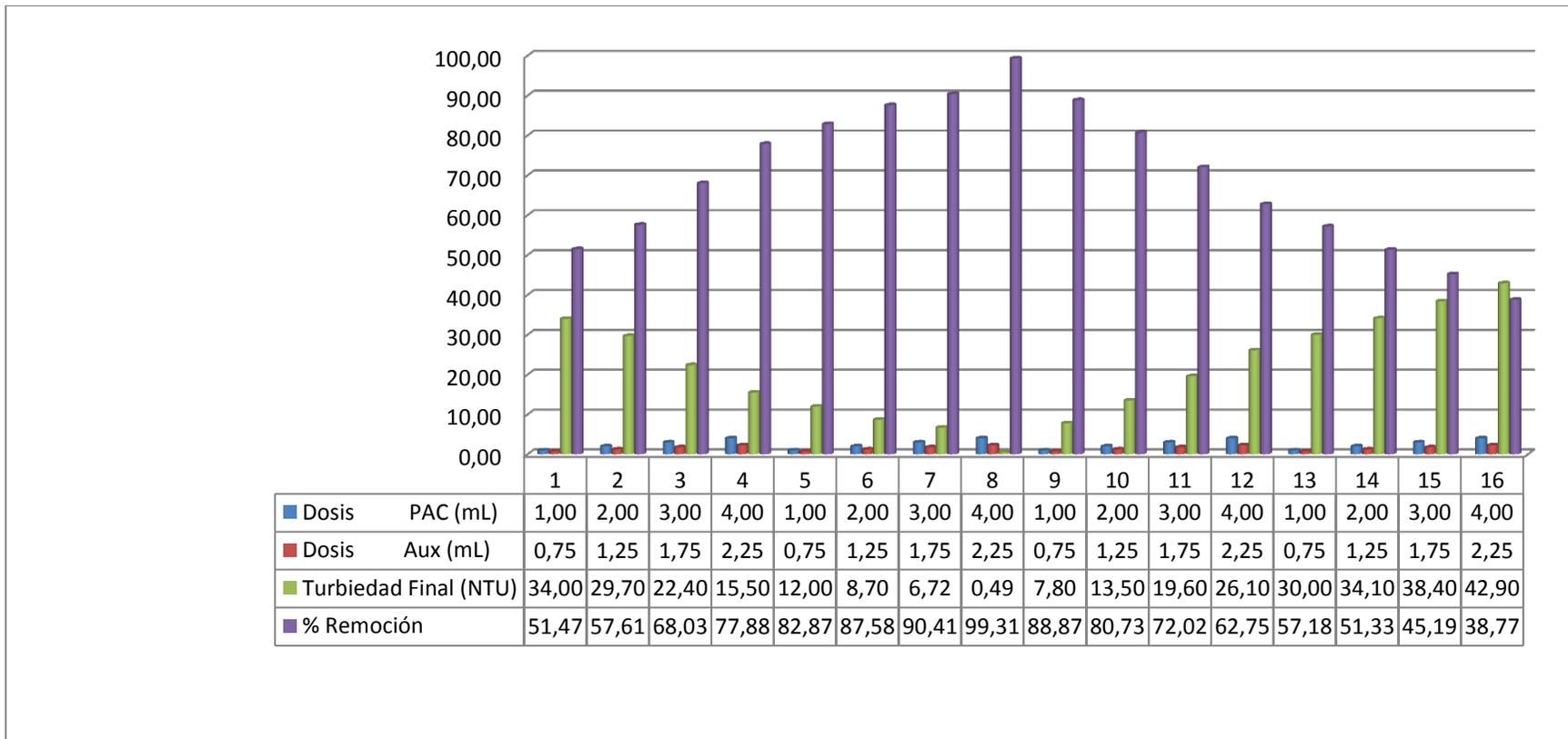
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 6 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 64.27 NTU que era la inicial a 0,47 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.5 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 68 NTU



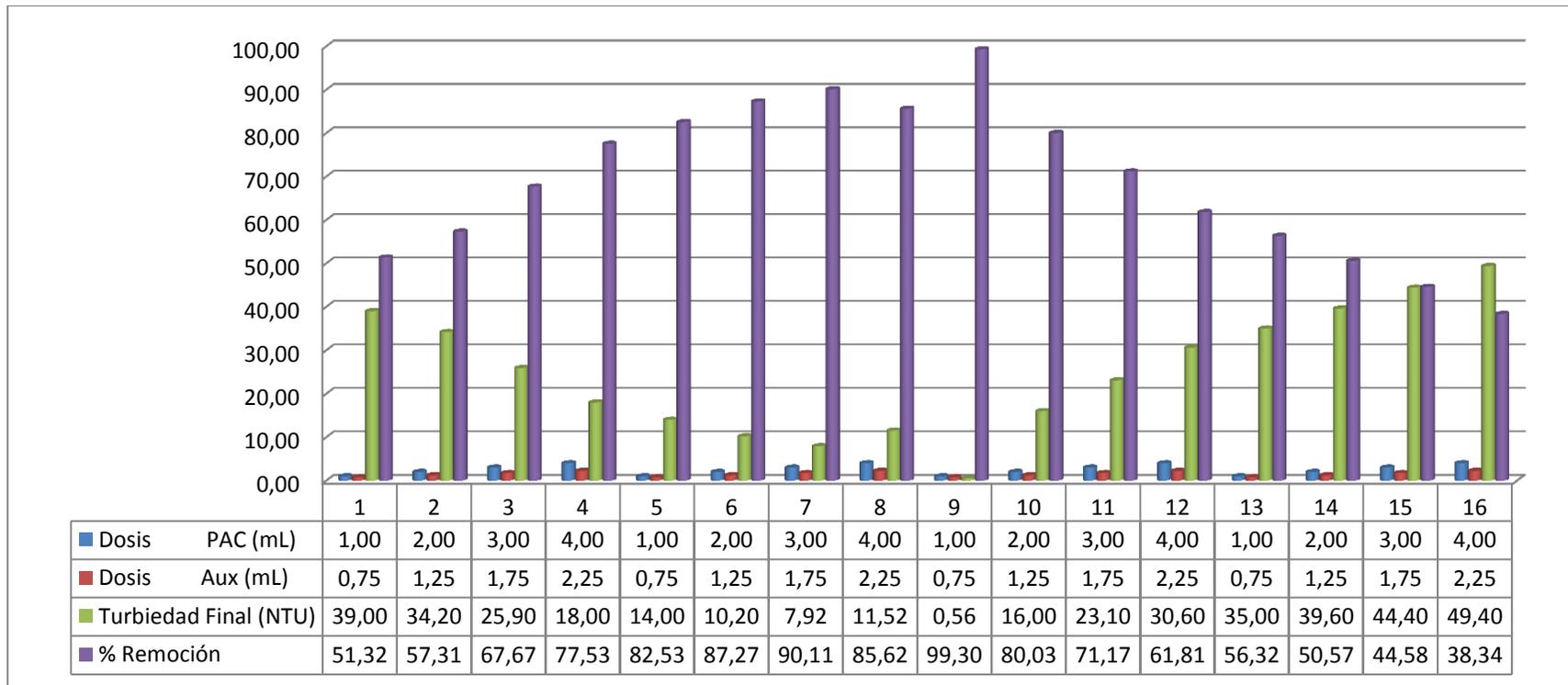
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 7 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 68 NTU que era la inicial a 0,51 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.6 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 70,06 NTU



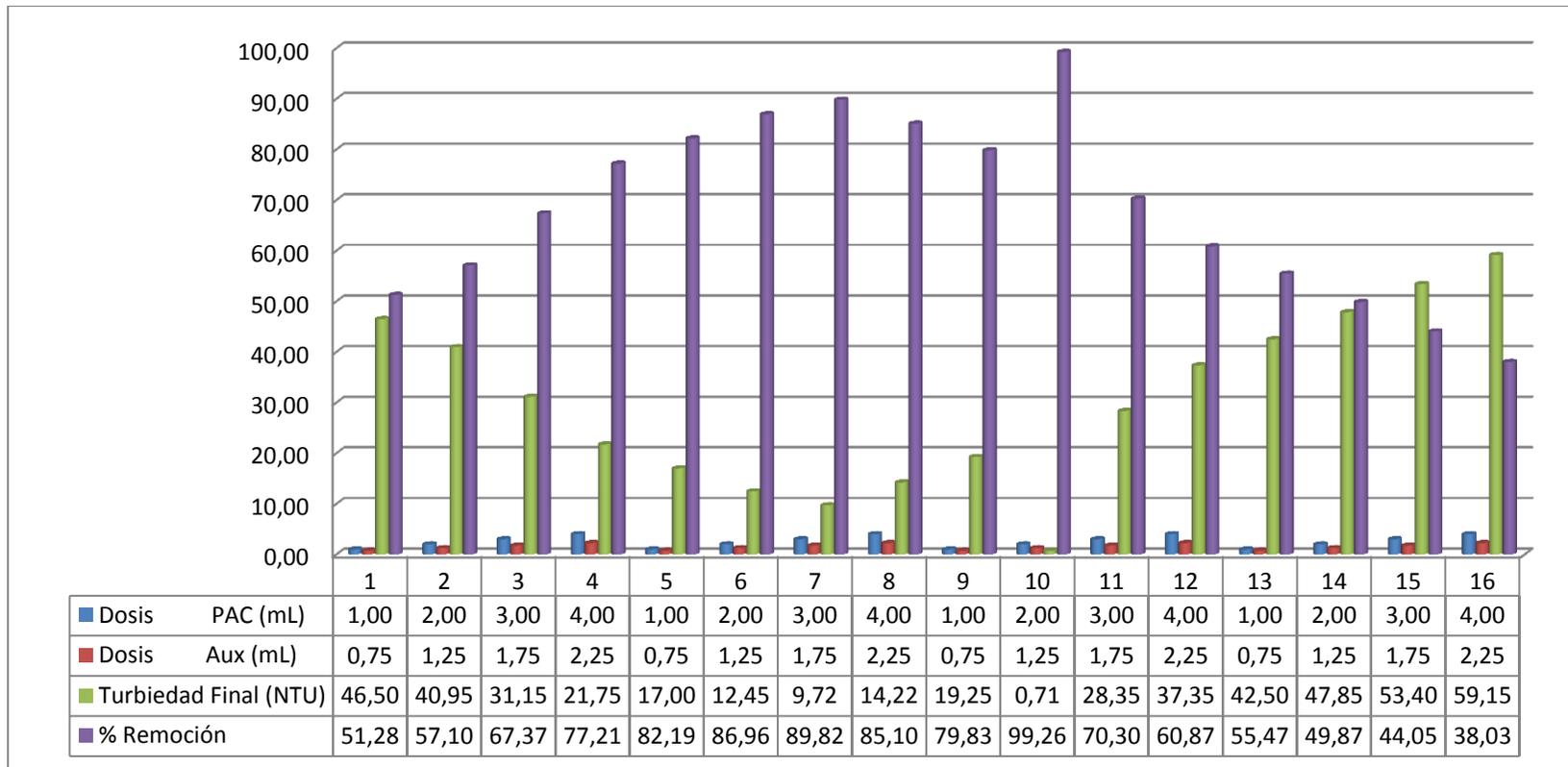
En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 8 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 70,06 NTU que era la inicial a 0,49 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.7 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 80,12 NTU



En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 9 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 80,12 NTU que era la inicial a 0,56 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.8 PRUEBAS DE JARRAS – TURBIEDAD 95,45 NTU



En el gráfico se puede prestar atención que en la prueba 10 hay menor turbiedad y el porcentaje de remoción es el más eficiente por cuanto la turbiedad bajo de 95,45 NTU que era la inicial a 0,71 NTU que es la final y las dosis de PAC y Auxiliar aniónico es en 1000ml de agua por lo que podemos decir que está dentro de los valores permitidos en la norma.

GRÁFICO 3.9 RESULTADOS FINALES

| RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PARAMETROS | UNIDAD | LÍMITE PERMISIBLE | 04-feb | 05-feb | 10-feb | 13-feb | 14-feb | | | | | |
| COLOR | UTC | 15 | 8,00 | 1,00 | 12,00 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 16,00 | 1,00 |
| TURBIEDAD | NTU | 5 | 12,00 | 0,75 | 20,00 | 0,48 | 10,00 | 0,71 | 25,00 | 0,47 | 30,00 | 0,51 |
| pH | ..... | 6,5-8,5 | 6,94 | 7,00 | 7,05 | 7,11 | 6,97 | 7,03 | 6,40 | 6,46 | 6,83 | 6,89 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 20 | 210,28 | 90,28 | 180,31 | 60,31 | 210,09 | 90,09 | 210,65 | 90,65 | 205,41 | 85,41 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 1000 | 110,05 | 36,05 | 130,48 | 56,48 | 150,40 | 76,40 | 160,27 | 86,27 | 178,09 | 104,09 |
| TEMPERATURA | ° C | ..... | 15,76 | 14,55 | 15,83 | 14,62 | 16,07 | 14,86 | 15,87 | 14,66 | 16,08 | 14,87 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 10 | 1,20 | 1,08 | 1,60 | 1,48 | 1,00 | 0,88 | 0,94 | 0,82 | 1,48 | 1,36 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0 | 0,006 | 0,005 | 0,008 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,009 | 0,008 | 0,009 | 0,008 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,1 | 0,25 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,30 | 0,22 | 0,25 | 0,17 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | ..... | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 200 | 18,00 | 2,00 | 20,00 | 4,00 | 11,00 | 3,00 | 10,00 | 4,00 | 15,00 | 4,00 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 1,5 | 0,70 | 0,42 | 0,63 | 0,35 | 0,36 | 0,26 | 0,52 | 0,40 | 0,36 | 0,26 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,53 | 0,15 | 0,47 | 0,20 | 0,46 | 0,17 | 0,35 | 0,17 | 0,42 | 0,23 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,1 | 0,038 | 0,009 | 0,042 | 0,013 | 0,051 | 0,009 | 0,037 | 0,008 | 0,029 | 0,010 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,05 | 0,009 | 0,007 | 0,008 | 0,006 | 0,011 | 0,009 | 0,008 | 0,006 | 0,010 | 0,008 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 1 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 300 | 100,00 | 100,00 | 140,00 | 140,00 | 120,00 | 120,00 | 140,00 | 140,00 | 136,00 | 136,00 |
| CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,25 | 0,12 | 1,12 | 0,16 | 1,16 | 0,16 | 1,16 | 0,62 | 1,62 | 1,80 | 1,45 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 250 | 0,043 | 0,008 | 0,036 | 0,006 | 0,005 | 0,002 | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,003 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,02 | 0,53 | 0,39 | 0,69 | 0,55 | 1,20 | 1,06 | 1,34 | 1,20 | 1,10 | 0,96 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,2 | 0,005 | 0,002 | 0,007 | 0,004 | 0,003 | 0,000 | 0,008 | 0,005 | 0,006 | 0,003 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,01 | 0,017 | 0,013 | 0,012 | 0,008 | 0,018 | 0,014 | 0,018 | 0,014 | 0,019 | 0,015 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | 3 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | 0,05 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | 0 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | 0,7 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,7 | 0,24 | 0,22 | 0,16 | 0,14 | 0,21 | 0,19 | 0,24 | 0,22 | 0,26 | 0,24 |
| BROMO (Br) | mg/L | ..... | 2,58 | 2,57 | 1,64 | 1,63 | 0,34 | 0,33 | 0,30 | 0,29 | 0,42 | 0,41 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 2 | 0,23 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 1,20 | 1,19 | 1,12 | 1,11 | 1,25 | 1,24 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 2 | 0,012 | 0,019 | 0,015 | 0,021 | 0,007 | 0,016 | 0,006 | 0,012 | 0,008 | 0,016 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | <2* | 16,00 | 13,80 | 24,00 | 21,80 | 18,00 | 15,80 | 15,00 | 12,80 | 21,00 | 18,80 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | <2* | 10 | < 1** | 20 | < 1** | 12 | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | ..... | 2 | < 1** | 8 | < 1** | 4 | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |

*Fuente: Renato Barragán

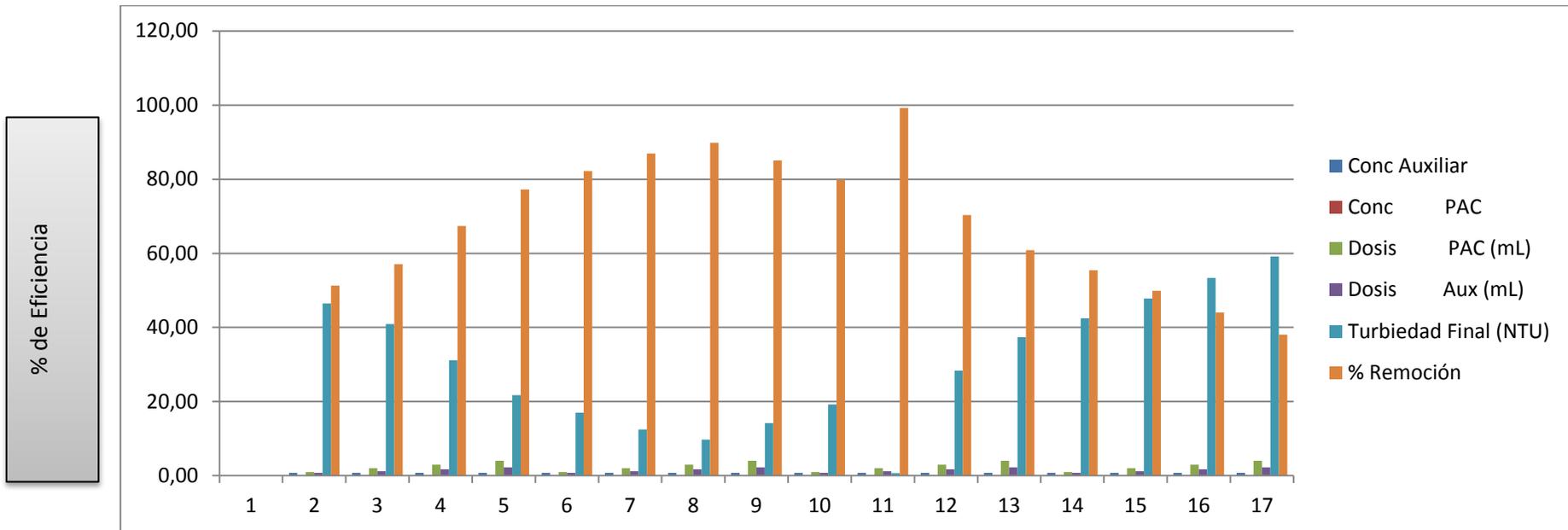
GRÁFICO 3.10 RESULTADOS FINALES

| PARAMETROS | UNIDAD | LÍMITE PERMISIBLE | 17-feb | | 18-feb | | 21-feb | | 26-feb | | 28-feb | |
|---|------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| COLOR | UTC | 15 | 20,00 | 1,00 | 12,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 10,00 | 1,00 | 18,00 | 1,00 |
| TURBIEDAD | NTU | 5 | 19,20 | 0,49 | 8,00 | 0,56 | 6,00 | 0,71 | 9,00 | 0,64 | 26,00 | 0,54 |
| pH | ..... | 6,5-8,5 | 8,37 | 7,63 | 7,59 | 6,85 | 8,14 | 7,40 | 7,95 | 7,21 | 8,75 | 8,01 |
| CONDUCTIVIDAD | uS/cm | 0,58 | 274,00 | 154,00 | 220,07 | 100,07 | 200,10 | 80,10 | 184,00 | 64,00 | 190,74 | 70,74 |
| SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS | mg/L | 1000 | 131,40 | 57,40 | 142,50 | 68,50 | 130,47 | 56,47 | 125,47 | 51,47 | 140,75 | 66,75 |
| TEMPERATURA | ° C | ..... | 16,60 | 15,39 | 16,24 | 15,03 | 16,08 | 14,87 | 15,23 | 14,02 | 15,97 | 14,76 |
| NITRATOS (N-NO ₃ ⁻) | mg/L | 10 | 0,60 | 0,48 | 0,98 | 0,86 | 1,25 | 1,13 | 0,85 | 0,73 | 0,98 | 0,86 |
| NITRITOS (N-NO ₂ ⁻) | mg/L | 0 | 0,005 | 0,004 | 0,008 | 0,007 | 0,007 | 0,006 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 |
| FOSFATOS (P-PO ₄ ³⁻) | mg/L | 0,1 | 0,25 | 0,17 | 0,20 | 0,12 | 0,25 | 0,17 | 0,20 | 0,12 | 0,19 | 0,11 |
| NITROGENO AMONIACAL (NH ₃ -N) | mg/L | ..... | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| SULFATOS (SO ₄ ²⁻) | mg/L | 200 | 26,00 | 6,00 | 20,00 | 4,00 | 24,00 | 4,00 | 20,00 | 4,00 | 24,00 | 3,00 |
| FLUORUROS (F) | mg/L | 1,5 | 0,22 | 0,12 | 0,28 | 0,18 | 0,27 | 0,17 | 0,18 | 0,08 | 0,18 | 0,08 |
| HIERRO TOTAL (Fe) | mg/L | 0,3 | 0,36 | 0,21 | 0,30 | 0,15 | 0,47 | 0,17 | 0,35 | 0,16 | 0,37 | 0,19 |
| MANGANESO (Mn ²⁺) | mg/L | 0,1 | 0,060 | 0,018 | 0,037 | 0,017 | 0,032 | 0,020 | 0,045 | 0,020 | 0,041 | 0,025 |
| CROMO (Cr ⁺⁶) | mg/L | 0,05 | 0,007 | 0,005 | 0,008 | 0,006 | 0,007 | 0,005 | 0,006 | 0,004 | 0,007 | 0,005 |
| COBRE (Cu) | mg/L | 1 | 0,08 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,02 |
| DUREZA TOTAL (CaCO ₃) | mg/L | 300 | 132,00 | 132,00 | 120,00 | 132,00 | 128,00 | 132,00 | 110,00 | 132,00 | 122,00 | 132,00 |
| COLOR LIBRE RESIDUAL (Cl ₂) | mg/L | 0,25 | 0,85 | 1,55 | 0,45 | 1,45 | 0,64 | 1,56 | 0,95 | 1,56 | 0,24 | 1,24 |
| ALUMINIO (Al ³⁺) | mg/L | 250 | 0,010 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,006 | 0,007 |
| CLORUROS (Cl ⁻) | mg/L | 0,02 | 0,54 | 0,40 | 0,67 | 0,53 | 0,62 | 0,48 | 0,62 | 0,48 | 0,58 | 0,44 |
| NIQUEL (Ni) | mg/L | 0,2 | 0,005 | 0,002 | 0,008 | 0,005 | 0,008 | 0,005 | 0,007 | 0,004 | 0,004 | 0,001 |
| COBALTO (Co) | mg/L | 0,01 | 0,013 | 0,009 | 0,020 | 0,016 | 0,019 | 0,015 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| PLOMO (Pb ²⁺) | mg/L | 3 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 |
| ZINC (Zn ²⁺) | mg/L | 0,05 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 |
| PLATA (Ag ⁺) | mg/L | 0 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 | < 0,20 |
| CIANURO (CN ⁻) | mg/L | 0,7 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 |
| BARIO (Ba ²⁺) | mg/L | 0,7 | 0,20 | 0,18 | 0,24 | 0,22 | 0,25 | 0,23 | 0,12 | 0,10 | 0,23 | 0,21 |
| BROMO (Br) | mg/L | ..... | 0,32 | 0,31 | 0,40 | 0,39 | 0,33 | 0,32 | 0,42 | 0,41 | 0,39 | 0,38 |
| MOLIBDENO (Mo ⁶⁺) | mg/L | 2 | 0,94 | 0,93 | 0,70 | 0,69 | 0,72 | 0,71 | 1,32 | 1,31 | 1,27 | 1,26 |
| CROMO TOTAL (Cr) | mg/L | 2 | 0,009 | 0,014 | 0,009 | 0,015 | 0,009 | 0,014 | 0,008 | 0,012 | 0,008 | 0,013 |
| OXIGENO DISUELTO (O ₂) | mg/L | <2* | 21,00 | 18,80 | 18,00 | 15,80 | 20,00 | 17,80 | 24,00 | 21,80 | 21,00 | 18,80 |
| COLIFORMES TOTALES | NMP/100 mL | <2* | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |
| COLIFORMES FECALES | NMP/100 mL | ..... | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** | < 1** |

*Fuente: Renato Barragán

GRÁFICO 3.11

PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN FUNCIÓN DEL POLIMERO UTILIZADO



*Fuente: Renato Barragán

El grafico nos indica que luego de la adición del Policloruro de Aluminio los datos de Turbiedad que estaban fueran de los límites establecidos en la Norma disminuyen notablemente ya que la turbiedad del agua a la entrada era mucho mayor que cuando ya se adicione la sustancia por lo que se puede decir que si existe un gran porcentaje de eficiencia tanto en la adición del policloruro como en el rediseño de los componentes del sistema de tratamiento de agua potable.

CAPÍTULO IV

Conclusiones y

Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Los diferentes análisis realizados al agua en el estado actual de la planta en sus diferentes procesos mostraron valores de algunos parámetros como eran la turbiedad con un valor de 26 NTU cuando el límite es de 5 NTU, el color con un valor de 38 UTC cuando el límite es de 15 UTC, el Hierro con un valor de 0,64 mg/l cuando el límite es 0,3mg/l por lo que estos valores están fuera de la norma NTE INEN 1108:2011.
- Para que la planta de potabilización de agua de San Miguel de Bolívar se desempeñe con la suficiente cantidad y calidad de agua potable a la población futura para el año 2029 se debe efectuar el presente proceso y dimensionamiento del estudio realizado en el cual se establece la implementación de nuevos procesos como es la construcción de una torre de aireación y la mejora de los otros procesos para un mayor caudal en el futuro.
- En relación con los cálculos y los respectivos análisis físico-químicos y microbiológicos la planta debe tener a consideración las siguientes características para el rediseño.

CAUDAL MAXIMO DE TRATAMIENTO: 0,08786m³/s para la población futura, actualmente el caudal es de 0,030m³/s.

AIREACION: Actualmente el sistema de tratamiento no cuenta con un proceso de aireación para oxidar el Fe y el Mn por lo que se ha diseñado una torre de aireación con las siguientes especificaciones: Altura total 2,5 metros, 6 torres con 5 bandejas en cada torre y el Tiempo de exposición 1,6s.

CANAL PARSHALL: La mezcla rápida es un proceso que esta sub-dimensionado para el caudal que se proyecta a futuro por lo que habría problemas si no se realiza cambios en su diseño por lo que es necesario modificarlo con las siguientes

descripciones: Ancho de la garganta 0,46 metros, Altura de la cresta 0,2 metros, Altura de agua sobre la garganta 0,14 metros.

FLOCULADOR: Este proceso en la actualidad tiene problemas al momento de realizar su trabajo con el caudal de $0,030\text{m}^3/\text{s}$ por lo que para un mayor caudal se tendría dificultades al momento de la floculación por lo que se debe mejorar este proceso con la ayuda del estudio del presente trabajo que consta de las siguientes dimensiones para el floculador: Longitud de 6 metros con profundidad 2 metros, Ancho 4,4metros, Tiempo de permanencia 10 minutos.

SEDIMENTADOR: Asimismo la operación de sedimentación tiene problemas al momento de cumplir su labor por lo que se hace indispensable tomar medidas en este importante elemento de potabilización con las medidas a continuación descritas: Longitud 3,60 metros, Altura 5metros y el Ancho 7,50metros.

FILTROS DE GRAVA Y ARENA: Los filtros es una de la principales operaciones en la lucha contra la eliminación de microorganismos y actualmente se debe modificar esta operación para que actúe con la mayor eficiencia para el caudal que se proyecta a futuro tomando en cuenta las siguientes descripciones de diseño: Profundidad del medio filtrante 1metro, Profundidad del sistema de drenaje 0,40metros, Área de filtración 12,55metros cuadrados.

CAMARA DE CLORACIÓN: Se cuenta con un sistema de desinfección que es mediante la adición de Hipoclorito de Calcio que actúa en las noches y en el día se dosificará cloro gas mediante una bomba dosificadora.

- Con el estudio de rediseño presentado se espera lograr un sistema óptimo de tratamiento del agua y conseguir que los valores que estaban fuera de la norma cumplan con los requisitos especificados en la Norma NTE INEN 1 108:2011.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda:

- Aprovechar el estudio del rediseño realizado para corregir los procesos de la planta de tratamiento y así mejorar la calidad de agua que se brinda a la población del Cantón San Miguel de Bolívar.
- Caracterizar constantemente el agua para crear una base de estudios posteriores.
- Dar un correcto mantenimiento a todos los procesos de tratamiento, el operador encargado debe tener el conocimiento apropiado de la planta para que realice un adecuado manejo del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION.**, Métodos Normalizados para el análisis de agua potable., Díaz de Santos., Madrid – España., 1992. Pp. 54.
2. **AMERICAN WATER WORKS ASOCIATION.**, Calidad y tratamiento del agua., Madrid-España., McGraw-Hill., 2002., P.p. 47-447.
3. **HERMAN E.**, Manual de Tratamiento de Aguas., Limusa., México D.F. - México., 1974., pp. 79-101.
4. **NORDEL, E.**, Tratamiento de Agua para industria y otros usos., México D.F.-México., Continental., 1979., P.p. 247-427.
5. **PERRY., R.**, Manual del Ingeniero Químico., 3ra.ed., México D.F– México., McGraw-Hill., 1992., Pp 505 – 515.
6. **ROMERO., J.**, Potabilización del Agua., México D.F.-México., Alfaomega., 1999., P.p. 117-259.
7. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).**, Guías para la calidad del agua potable.,3ra.e.d., s.l.,Volumen I., 2006., P.p. 263.

8. ECUADOR., INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION (INEN)., Norma Técnica Ecuatoriana - Requisitos para el agua de Potable INEN 1 108:2011., 2da.ed., Quito – Ecuador., 2011., Pp. 1-5

INTERNET

1. CALIDAD DEL AGUA

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_7/Pages/calidad_agua_continuacion.htm
2014-02-13

2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA EMAPA-SM

http://issuu.com/misgokus/docs/eia_gadmsmb
2013-12-20

3. MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf>
2014-02-17

4. MEDIDOR DE CAUDAL PARSHALL

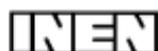
http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/canal_parshall.pdf
2014-01-10

5. PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUAS SUPERFICIALES

http://www.slideshare.net/david_123456/tratamientos-utilizados-en-potabilizacion-de-agua
2013-12-22

ANEXO 1

Norma NTE INEN 1 1108:2011



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL 01.05-401
CDU: 628.1.033
CIU: 4200
ICS: 13.060.20

| Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria | AGUA POTABLE. REQUISITOS | NTE INEN 1 108:2011 Cuarta revisión 2011-06 |
|---|--------------------------|--|
| <p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Agua potable.</i> Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.</p> <p>3.1.2 <i>Agua cruda.</i> Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.</p> <p>3.1.3 <i>Límite máximo permitido.</i> Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).</p> <p>3.1.4 <i>UFC/ml.</i> Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.</p> <p>3.1.5 <i>NMP.</i> Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.</p> <p>3.1.6 <i>mg/l.</i> (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.</p> <p>3.1.7 <i>Microorganismo patógeno.</i> Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.</p> <p>3.1.8 <i>Plaguicidas.</i> Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.</p> <p>3.1.9 <i>Desinfección.</i> Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.</p> <p>3.1.10 <i>Subproductos de desinfección.</i> Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.</p> <p>3.1.11 <i>Cloro residual.</i> Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.</p> <p>3.1.12 <i>Sistema de abastecimiento de agua potable.</i> El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.</p> | | |

3.1.13 *Sistema de distribución.* Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

| PARAMETRO | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Características físicas | | |
| Color | Unidades de color aparente (Pt-Co) | 15 |
| Turbiedad | NTU | 5 |
| Olor | — | no objetable |
| Sabor | — | no objetable |
| Inorgánicos | | |
| Antimonio, Sb | mg/l | 0,02 |
| Arsénico, As | mg/l | 0,01 |
| Bario, Ba | mg/l | 0,7 |
| Boro, B | mg/l | 0,5 |
| Cadmio, Cd | mg/l | 0,003 |
| Cianuros, CN ⁻ | mg/l | 0,07 |
| Cloro libre residual [*] | mg/l | 0,3 a 1,5 ^{††} |
| Cobre, Cu | mg/l | 2,0 |
| Cromo, Cr (cromo total) | mg/l | 0,05 |
| Fluoruros | mg/l | 1,5 |
| Manganeso, Mn | mg/l | 0,4 |
| Mercurio, Hg | mg/l | 0,006 |
| Níquel, Ni | mg/l | 0,07 |
| Nitratos, NO ₃ | mg/l | 50 |
| Nitritos, NO ₂ | mg/l | 0,2 |
| Piomo, Pb | mg/l | 0,01 |
| Radiación total α * | Bq/l | 0,1 |
| Radiación total β ** | Bq/l | 1,0 |
| Selenio, Se | mg/l | 0,01 |

[†] Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
^{*} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁸Pu
^{**} Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Sustancias orgánicas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|--|--------|-------------------------|
| Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP | | |
| Benzo [a]pireno | mg/l | 0,0007 |
| Hidrocarburos: | | |
| Benceno | mg/l | 0,01 |
| Tolueno | mg/l | 0,7 |
| Xileno | mg/l | 0,5 |
| Etileno | mg/l | 0,02 |
| 1,2dicloroetano | mg/l | 0,03 |
| Cloruro de vinilo | mg/l | 0,0003 |
| Tricloroetano | mg/l | 0,02 |
| Tetracloroetano | mg/l | 0,04 |
| Di(2-etilhexil) ftalato | mg/l | 0,008 |
| Acrylamida | mg/l | 0,0005 |
| Epiclorohidrina | mg/l | 0,0004 |
| Hexaclorobutadieno | mg/l | 0,0006 |
| 1,2Dibrometano | mg/l | 0,0004 |
| 1,4-Dioxano | mg/l | 0,05 |
| Acido Nitrotriacético | mg/l | 0,2 |

(Continúa)

Plaguicidas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|----------------------------|--------|-------------------------|
| Isoproturón | mg/l | 0,009 |
| Lindano | mg/l | 0,002 |
| Pendimetalina | mg/l | 0,02 |
| Pentaclorofenol | mg/l | 0,009 |
| Dicloroprop | mg/l | 0,1 |
| Alacloro | mg/l | 0,02 |
| Aldicarb | mg/l | 0,01 |
| Aldrin y Dieldrin | mg/l | 0,00003 |
| Carbofuran | mg/l | 0,007 |
| Clorpirifós | mg/l | 0,03 |
| DDT y metabolitos | mg/l | 0,001 |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano | mg/l | 0,001 |
| 1,3-Dicloropropano | mg/l | 0,02 |
| Dimetoato | mg/l | 0,006 |
| Endrin | mg/l | 0,0006 |
| Terbufosazina | mg/l | 0,007 |
| Clordano | mg/l | 0,0002 |

Residuos de desinfectantes

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|----------------|--------|-------------------------|
| Monocloramina, | mg/l | 3 |

Subproductos de desinfección

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---------------------------------|--------|-------------------------|
| 2,4,6-triclorofenol | mg/l | 0,2 |
| Trihalometanos totales | mg/l | 0,5 |
| Si pasa de 0,5 mg/l investigar: | | |
| • Bromodiclorometano | mg/l | 0,08 |
| • Cloroformo | mg/l | 0,3 |
| Ácido tricloroacético | mg/l | 0,2 |

Cianotoxinas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|-----------------|--------|-------------------------|
| Microcistina-LR | mg/l | 0,001 |

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Requisitos microbiológicos

| | Máximo |
|--|----------|
| Coliformes fecales ⁽¹⁾ : | |
| - Tubos múltiples NMP/100 ml ó | < 1,1 * |
| - Filtración por membrana UFC/ 100 ml | < 1 ** |
| <i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros | Ausencia |
| <i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros | Ausencia |
| * < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo | |
| ** < 1 significa que no se observan colonias | |
| ⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida | |

(Continúa)

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

ANEXO 2 Planta de Tratamiento Actual



NOTA:

DE
POTABLE

Categoría de Diagrama

- Certificado
- Por Aprobar
- Aprobado
- Para Información
- Por Calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

REALIZADO POR: RENATO BARRAGÁN.

ILUSTRACIONES DE LA PLANTA

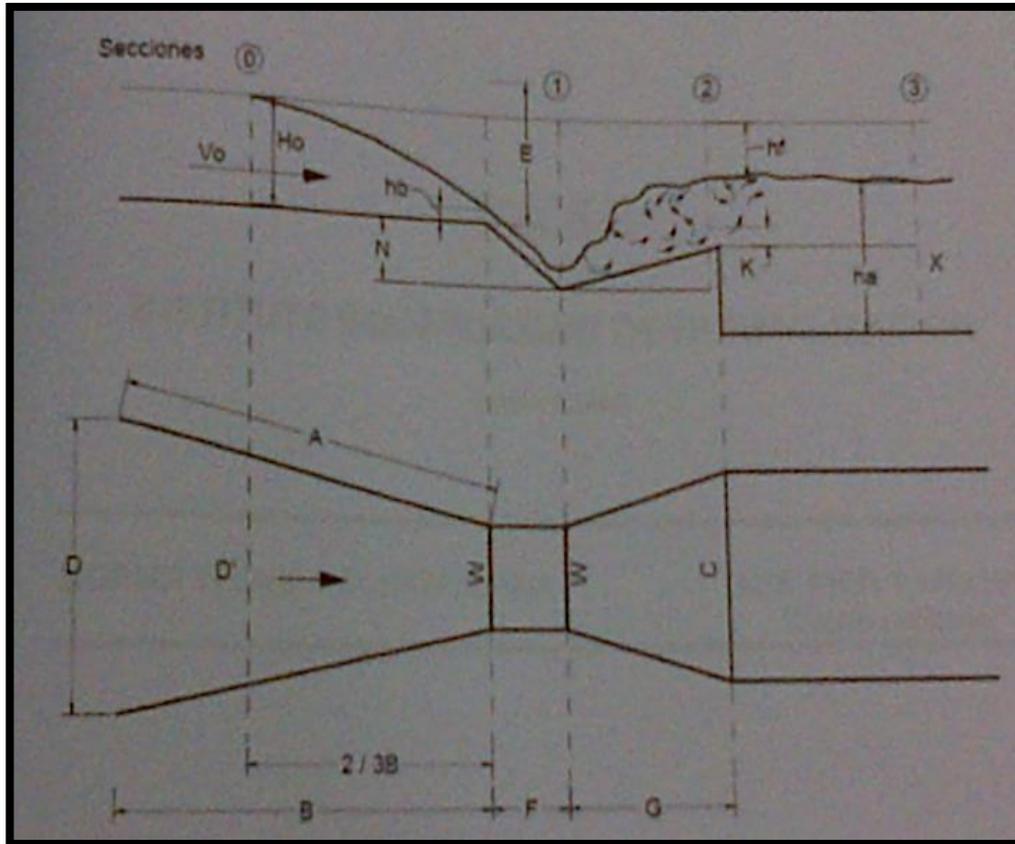
TRATAMIENTO DE AGUA

DE SAN MIGUEL DE BOLIVAR

| Lámina | Escala | Fecha |
|--------|--------|------------|
| 2 | | 2014/05/02 |

ANEXO 3

Dimensiones Estandarizadas para medidores Parshall



| W | | A | B | C | D | E | F | G | K ¹ | N |
|--------------------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|----------------|------|
| Pulg | Cm | cm | cm | Cm | Cm | cm | cm | cm | cm | cm |
| 1" | 2,5 | 36,3 | 35,6 | 9,3 | 16,8 | 22,9 | 7,6 | 20,3 | 1,9 | 2,9 |
| 3" | 7,6 | 46,6 | 45,7 | 17,8 | 25,9 | 45,7 | 15,2 | 30,5 | 2,5 | 5,7 |
| 6" | 15,2 | 61,0 | 61,0 | 39,4 | 40,3 | 61,0 | 30,5 | 61,0 | 7,6 | 11,4 |
| 9" | 22,9 | 88,0 | 86,4 | 38,0 | 57,5 | 76,3 | 30,5 | 45,7 | 7,6 | 11,4 |
| 1' | 30,5 | 137,2 | 134,4 | 61,0 | 84,5 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 1 ^{1/2} ' | 45,7 | 144,9 | 142,0 | 76,2 | 102,6 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 2' | 61,0 | 152,5 | 149,6 | 91,5 | 120,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| 3' | 91,5 | 167,7 | 164,5 | 122,0 | 157,2 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 4' | 122,0 | 183,0 | 179,5 | 152,5 | 193,8 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 5' | 152,5 | 198,3 | 194,1 | 183,0 | 230,3 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 6' | 183,0 | 213,5 | 209,0 | 213,5 | 266,7 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 7' | 213,5 | 228,8 | 224,0 | 244,0 | 303,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |
| 8' | 244,0 | 244,0 | 239,2 | 274,5 | 340,0 | 91,5 | 61,0 | 91,5 | 7,6 | 22,9 |

ANEXO 4

a) Clasificación de los materiales en suspensión según su tamaño

| Material | Diámetro (mm) |
|------------------|---------------|
| Arcilla coloidal | <0.0001 |
| Arcilla fina | 0,0001 |
| Arena fina | 0,1-0,25 |

b) Relación del diámetro de la partícula y la velocidad de sedimentación

| Material | Diámetro (mm) | Reynodls | Vs (cm/s) | Regimen | Ley aplicada |
|--------------|---------------|----------|-----------|------------|--------------|
| Arena fina | 0,1 | 0,8 | 0,8 | Laminar | Stokes |
| Arena gruesa | 0,15 | 2 | 15 | Transición | Hagen |
| Grava | | >10 000 | 100 | Turbulento | Newton |

ANEXO 5

RELACIÓN A/T – PORCENTAJES DE REMOCIÓN

| CONDICIONES | REMOCIÓN 50% | REMOCIÓN 75% | REMOCIÓN 87 ½ % |
|---|--------------|--------------|-----------------|
| Máximo teórico | 0,500 | 0,750 | 0,875 |
| Depósitos con muy buenos deflectores | 0,730 | 1,520 | 2,370 |
| Depósitos con buenos deflectores | 0,760 | 1,660 | 2,750 |
| Depósitos defientes deflectores o sin ellos | 1,000 | 3,000 | 7,000 |

ANEXO 6

Valores Típicos del coeficiente de Rugosidad(Coeficiente de Manning)

| Material | Coeficiente de Manning | Coeficiente Rugosidad Absoluta (mm) |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Asbestos cemento | 0,011 | 0,0015 |
| Latón | 0,011 | 0,0015 |
| Hierro fundido (nuevo) | 0,012 | 0,6 |
| Concreto (cimbra metálica) | 0,011 | 0,26 |
| Concreto (cimbra madera) | 0,015 | 0,18 |
| Concreto simple | 0,013 | 0,6 |
| Cobre | 0,011 | 0,0015 |
| Acero corrugado | 0,022 | 45 |
| Acero Galvanizado | 0,016 | 0,15 |
| Plomo | 0,011 | 0,0015 |
| Plástico (PVC) | 0,09 | 0,0015 |
| Madera (duelas) | 0,012 | 0,18 |
| Vidrio (laboratorio) | 0,011 | 0,0015 |

ANEXO 7 Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 1

| TORRE DE AIREACIÓN | | |
|---|----------------------------------|-----------------|
| Construcción | Unidades | Costo \$ |
| Área total del aireador | 30 m ² | 2710 |
| Número de Torres | 6 unidades | 146 c/u |
| Número de bandejas en Cada torre | 5 bandejas | 50 c/u |
| Accesorios | Bombas, Válvulas, Tubería Etc | 1200 |
| Bandejas metálicas de acero inoxidable y la base de hormigón con encofrado. | | |

| CANAL PARSHAL | | |
|---|-----------------|-----------------------|
| Construcción | Unidades | Costo Total \$ |
| Longitud | 1,37 m | 50 |
| Ancho | 0,61m | 50 |
| Profundidad | 0,14m | 50 |
| Material hormigón con encofrado con una resistencia de 210kg/m ² . | | |

| FLOCULADOR | | |
|--|----------------------------|-----------------|
| Construcción | Unidades | Costo \$ |
| Longitud | 6 m | 600 |
| Profundidad | 2 m | 200 |
| Ancho | 4,4 m | 400 |
| Accesorios | Válvulas, Tuberías, etc | 200 |
| La base de hormigón con encofrado con 9 compartimento. | | |

**ANEXO 8 Costos del Sistema de Tratamiento Planteado 2
SEDIMENTADOR**

| Construcción | Unidades | Costo \$ |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Longitud | 3,60 m | 300 |
| Profundidad | 5 m | 500 |
| Ancho | 7,50 m | 700 |
| Accesorios | Válvulas, Tuberías, etc | 800 |
| La base de hormigón con encofrado. | | |

FILTROS

| Construcción | Unidades | Costo \$ |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Longitud | 12,9 m | 1000 |
| Ancho | 8,14 m | 800 |
| La base de hormigón con encofrado. | | |

PRESUPUESTO TOTAL

| EQUIPOS | COSTO \$ |
|--------------------|-----------------|
| Torre de aireación | 5036 |
| Canal parshall | 150 |
| Floculador | 1400 |
| Sedimentador | 2300 |
| Filtros | 1800 |
| Mano de obra | 2100 |
| Total | 12786 |

PRESUPUESTOS VARIOS MENSUALES

| MATERIALES | COSTO \$ |
|------------------------------------|-----------------|
| Policloruro de Aluminio por mes | 366 |
| Costo del operador sueldo Promedio | 500 |
| TOTAL | 866 |

ANEXO 9 Planta de Tratamiento

