



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE PARA LA PARROQUIA DE VINCHOA DEL CANTÓN  
GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: JOSÉ MESÍAS CARVAJAL GUERRERO**

**TUTOR: ING. MÓNICA ANDRADE**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2015**



“Yo, JOSÉ MESÍAS CARVAJAL GUERRERO, soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en esta Tesis de y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

.....  
JOSÉ MESÍAS CARVAJAL GUERRERO

## **DEDICATORIA**

A las personas que más admiro, mis padres Zoila Guerrero y Dimas Carvajal quienes me sacaron adelante, dándome dignos ejemplos de fuerza, humildad y superación en las adversidades, enseñándome y formándome como una buena persona.

A mis hermanos que siempre me brindaron su cariño y amor durante todas las etapas de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios que ha iluminado y bendecido cada pasó de mi existencia y me ha permitido terminar con éxito una etapa más de mi vida.

A mis Padres Dimas Carvajal y Zoila Guerrero que han sido pilares fundamentales en mi vida que con su esfuerzo, sacrificio y una gran dedicación han permitido que se cumplan cada una de mis metas.

A mis hermanos, hermanas y esposa que me han brindado su apoyo incondicional durante toda mi vida.

A la E-MAPAG, por permitir el desarrollo de esta investigación, al Ign. Raúl Allan Técnico del departamento de Agua Potable de la Ciudad de Guaranda por brindarme todas las facilidades para la culminación de este trabajo.

A la Ing. Mónica Andrade en calidad de directora de tesis y al Ing. José Usiña miembro de tesis, quienes aportado con sus amplios conocimientos para la culminación de esta investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xviii
SUMARY .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I.....	3
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Planta de potabilización de agua .....</b>	<b>3</b>
<i>1.1.1 Agua .....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2 Calidad del agua subterránea .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3 Características del agua subterránea.....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.4 Agua potable .....</i>	<i>4</i>
<i>1.1.5 Potabilización de agua.....</i>	<i>5</i>
<b>1.2 Características y calidad de agua .....</b>	<b>6</b>
<i>1.2.1 Calidad de agua .....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2 Características físicas del agua.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3 Características químicas.....</i>	<i>8</i>
<b>1.3 Características microbiológicas .....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Proceso de potabilización de agua .....</b>	<b>12</b>
<i>1.4.1 Origen del agua.....</i>	<i>12</i>
<i>1.4.2 Sistema de captación.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.3 Aireación.....</i>	<i>13</i>
<i>1.4.3.1 Tipos de aireadores .....</i>	<i>14</i>
<i>1.4.4 Mezcla rápida.....</i>	<i>18</i>
<i>1.4.4.1 Vertedero Triangular.....</i>	<i>19</i>
<i>1.4.4.2 Medidor parshall.....</i>	<i>24</i>
<i>1.4.5 Coagulación.....</i>	<i>28</i>
<i>1.4.5.1 Tipos de coagulantes .....</i>	<i>28</i>
<i>1.4.5.2 Factores que influyen en la coagulación.....</i>	<i>30</i>
<i>1.4.5.3 Dosificación del coagulante .....</i>	<i>31</i>
<i>1.4.6 Flocculación .....</i>	<i>33</i>
<i>1.4.6.1 Factores que influyen en la flocculación.....</i>	<i>34</i>

1.4.6.2	<i>Floculadores de flujo horizontal</i>	35
1.4.6.3	<i>Floculador de flujo vertical</i>	36
<b>1.4.7</b>	<b><i>Sedimentación</i></b>	<b>41</b>
1.4.7.1	<i>Manejo de lodos del sedimentador</i>	42
1.4.7.2	<i>Tratamiento</i>	43
1.4.7.3	<i>Descarga</i>	43
<b>1.4.8</b>	<b><i>Filtración</i></b>	<b>48</b>
1.4.8.1	<i>Elección del tipo de filtración</i>	49
<b>1.4.9</b>	<b><i>Desinfección</i></b>	<b>55</b>
<b>1.5</b>	<b><i>Diseño</i></b>	<b>58</b>
<b>1.5.1</b>	<b><i>Generalidades</i></b>	<b>58</b>
<b>1.5.2</b>	<b><i>Parámetros de diseño</i></b>	<b>58</b>
<b>1.5.3</b>	<b><i>Población de proyecto</i></b>	<b>58</b>
<b>1.5.4</b>	<b><i>Periodo de diseño</i></b>	<b>59</b>
<b>1.5.5</b>	<b><i>Áreas de cobertura</i></b>	<b>59</b>
<b>1.5.6</b>	<b><i>Caudales para el diseño</i></b>	<b>60</b>
1.5.6.1	<i>Población actual</i>	60
1.5.6.2	<i>Población futura</i>	60
1.5.6.3	<i>Dotación básica</i>	60
1.5.6.4	<i>Dotación de agua</i>	61
<b>1.5.7</b>	<b><i>Caudales para el diseño</i></b>	<b>63</b>
1.5.7.1	<i>Caudal de captación</i>	63
1.5.7.2	<i>Caudal de la planta de tratamiento</i>	63
<b>1.5.8</b>	<b><i>Volúmenes de reserva</i></b>	<b>63</b>
1.5.8.1	<i>Volumen de Regulación</i>	63
1.5.8.2	<i>Es el volumen necesario para regular las aguas de acuerdo con los objetivos</i>	63
1.5.8.3	<i>Volumen contra Incendios</i>	64
1.5.8.4	<i>Volumen de Emergencia</i>	64
1.5.8.5	<i>Volumen Total</i>	64
	<b>CAPITULO II</b>	<b>65</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>65</b>

<b>2.6</b>	<b>Parte experimental</b> .....	<b>65</b>
<b>2.7</b>	<b>Muestreo</b> .....	<b>65</b>
<b>2.7.1</b>	<i>Localización de la investigación</i> .....	<b>65</b>
<b>2.7.2</b>	<i>Método de recopilación de información</i> .....	<b>65</b>
<b>2.7.3</b>	<i>Recolección de muestras</i> .....	<b>65</b>
<b>2.7.4</b>	<i>Metodología del Trabajo</i> .....	<b>66</b>
<b>2.7.5</b>	<i>Tratamiento de Muestras</i> .....	<b>66</b>
<b>2.7.6</b>	<i>Equipos materiales y reactivos</i> .....	<b>68</b>
<b>2.7.7</b>	<i>Métodos y técnicas</i> .....	<b>68</b>
<b>2.7.7.1</b>	<i>Métodos</i> .....	<b>68</b>
<b>2.8</b>	<b>Datos Experimentales</b> .....	<b>69</b>
<b>2.8.1</b>	<i>Descripción de la Situación Actual Existente en el Sector</i> .....	<b>69</b>
<b>2.8.2</b>	<i>Datos</i> .....	<b>69</b>
<b>2.8.2.1</b>	<i>Caracterización del Agua Captada</i> .....	<b>69</b>
<b>2.8.2.2</b>	<i>Prueba de jarras para la turbiedad</i> .....	<b>73</b>
<b>2.8.2.3</b>	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio</i> .....	<b>73</b>
	<b>CAPITULO III</b> .....	<b>74</b>
<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.</b>	<b>74</b>
<b>3.1</b>	<b>CÁLCULOS DE DISEÑO</b> .....	<b>74</b>
<b>3.2</b>	<b>Calculo de Población Futura</b> .....	<b>74</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Calculo de la Dotación Básica</i> .....	<b>74</b>
<b>3.2.2</b>	<i>Dotación Futura</i> .....	<b>75</b>
<b>3.2.3</b>	<i>Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)</i> .....	<b>76</b>
<b>3.2.4</b>	<i>Calculo del Consumo Máximo Diario ( CMD )</i> .....	<b>76</b>
<b>3.2.5</b>	<i>Calculo del Consumo Máximo Horario ( CMH )</i> .....	<b>77</b>
<b>3.3</b>	<b>Calculo de los caudales de diseño</b> .....	<b>77</b>
<b>3.3.1</b>	<i>Calculo del caudal de captación</i> .....	<b>77</b>
<b>3.3.2</b>	<i>Calculo de caudal de la planta de tratamiento</i> .....	<b>78</b>
<b>3.4</b>	<b>Calculo de los caudales de reserva</b> .....	<b>78</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Cálculo del volumen de regulación</i> .....	<b>78</b>
<b>3.4.2</b>	<i>Calculo del volumen contra incendios</i> .....	<b>79</b>
<b>3.4.3</b>	<i>Calculo del volumen de emergencia</i> .....	<b>79</b>
<b>3.4.4</b>	<i>Calculo del volumen total</i> .....	<b>79</b>
<b>3.5</b>	<b>Consideraciones de diseño</b> .....	<b>80</b>

<b>3.5.1</b>	<b><i>Cálculos de ingeniería</i></b> .....	<b>80</b>
3.5.1.1	<i>Calculo de aireador de bandejas</i> .....	80
3.5.1.2	<i>Dimensionamiento del vertedero triangular</i> .....	85
3.5.1.3	<i>Diseño de medidor de caudal parshall</i> .....	91
3.5.1.4	<i>Determinación del agente coagulante</i> .....	93
3.5.1.5	<i>Dimensionamiento del floculador de flujo horizontal</i> .....	95
3.5.1.6	<i>Dimensionamiento del sedimentador laminar de alta tasa</i> .....	101
3.5.1.7	<i>Dimensionamiento de filtros lento de arena y grava</i> .....	107
3.5.1.8	<i>Desinfección con hipoclorito de calcio</i> .....	114
<b>3.6</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>117</b>
3.6.1	<i>Proyección futura</i> .....	117
3.6.2	<i>Resultados procesos de potabilización</i> .....	117
3.6.3	<i>Resultados de la Prueba de Jarras</i> .....	120
3.6.4	<i>Resultados de la caracterización físico-química y microbiológica antes y después del tratamiento de potabilización</i> .....	124
<b>3.7</b>	<b>Caracterización físico-química y microbiológica primaria</b> .....	<b>127</b>
3.7.1	<i>Test de jarras</i> .....	129
<b>3.8</b>	<b>Propuesta de diseño</b> .....	<b>145</b>
<b>3.9</b>	<b>Presupuesto general de diseño</b> .....	<b>146</b>
3.9.1	<i>3.7.1. Presupuesto de implementación de la planta de agua potable</i> .....	146
3.9.2	<i>Presupuesto de obras preliminares de la planta de agua potable</i> .....	146
3.9.3	<i>Presupuesto del aireador de bandejas</i> .....	147
3.9.4	<i>Presupuesto del floculador de flujo horizontal</i> .....	147
3.9.5	<i>Presupuesto del sedimentador laminar</i> .....	148
3.9.6	<i>Presupuesto de Filtro Lento de Arena (FLA)</i> .....	148
3.9.7	<i>Costo de Químicos al Día</i> .....	149
<b>3.10</b>	<b>Análisis y discusión de datos</b> .....	<b>150</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....		<b>151</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		<b>152</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área de los canales del floculador
<b>A</b>	Ancho de canales del floculador
<b>Ab</b>	Ancho de bandejas
<b>Af</b>	Área de filtración
<b>A<sub>i</sub></b>	Área de aireación
<b>Ao</b>	Área de cada orificio
<b>As</b>	Área de sedimentación
<b>At</b>	Área total del aireador
<b>B</b>	Ancho del floculador
<b>B</b>	Ancho útil de la lámina
<b>Bs</b>	Ancho del sedimentador
<b>bf</b>	Ancho de la unidad de filtración
<b>C<sub>1</sub></b>	Concentración inicial de PAC
<b>C<sub>2</sub></b>	Concentración de PAC requerido
<b>CMD</b>	Caudal máximo diario
<b>CMH</b>	Caudal máximo horario
<b>CS</b>	Carga superficial de sedimentación
<b>Cmd</b>	Caudal medio diario
<b>C<sub>sln</sub></b>	Concentración de la Solución
<b>D</b>	Ancho de vueltas del floculador
<b>d</b>	Diámetro de la tubería
<b>DB</b>	Dotación básica (L/hab*día)
<b>DF</b>	Dotación futura de agua (L/hab*día)
<b>Ds</b>	Separación entre placas
<b>E</b>	Espesor de las láminas
<b>FM</b>	Factor de Mayorización
<b>G</b>	Gravedad
<b>G''</b>	Gradiente de velocidad
<b>H</b>	Altura de la torre
<b>Hf</b>	Perdida de carga total en el último tramo
<b>Ha</b>	Altura de cresta
<b>Hb</b>	Altura de garganta
<b>Ho</b>	Altura de flujo de agua

<b>Hp</b>	Altura de placas
<b>Hu</b>	Altura de agua en la unidad
<b>h<sub>1</sub></b>	Perdida de carga continua en los canales
<b>h<sub>2</sub></b>	Perdida de carga continua en las vueltas
<b>K</b>	Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas
<b>K<sub>1</sub></b>	Coefficiente de variación diaria
<b>K<sub>2</sub></b>	Coefficiente de variación horaria
<b>L</b>	Longitud del floculador
<b>L''</b>	Longitud recorrida a través del elemento
<b>Lc</b>	Longitud de canales
<b>Ls</b>	Longitud del sedimentador
<b>Lcr</b>	Longitud relativa del sedimentador de alta tasa
<b>Ltf</b>	Longitud total del filtro
<b>N</b>	Número de bandejas
<b>N'</b>	Numero de filtros deseados
<b>N</b>	Coefficiente de Manning
<b>Nf</b>	Población futura
<b>Nc</b>	Número de canales
<b>No</b>	Población al inicio del período
<b>Nt</b>	Número de unidades de aireación
<b>Ntorres:</b>	Número de torres
<b>Np</b>	Número de placas por módulo
<b>Ntf</b>	Población futura, resultado de la proyección
<b>Θ</b>	Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa
<b>P</b>	Población en miles
<b>P<sub>1</sub></b>	Cantidad inicial de PAC
<b>P<sub>2</sub></b>	Cantidad requerida de PAC
<b>Pf</b>	Profundidad del floculador
<b>Q</b>	Caudal de diseño
<b>Q''</b>	Dotación per cápita máxima
<b>Q<sub>captación</sub></b>	Caudal de captación
<b>Q<sub>tratamiento</sub></b>	Caudal de la Planta de Tratamiento
<b>Q<sub>D</sub></b>	Caudal de dosificación
<b>Q<sub>o</sub></b>	Caudal que ingresa a cada orificio
<b>Q<sub>t</sub></b>	Caudal que ingresa a la torre

<b>R</b>	Radio medio hidráulico
<b>R'</b>	Tasa media anual de crecimiento
<b>Sb</b>	Separación entre bandejas
<b>Sc</b>	Parámetro característico
<b>Sf</b>	Superficie filtrante
<b>T</b>	Tiempo de exposición
<b>T'</b>	Número de años que se va a proyectar la población
<b>TA</b>	Carga Hidráulica
<b>Tf</b>	Tasa de filtración
<b>Ts</b>	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación
<b>T's</b>	Tiempo de retención en el tanque sedimentador
<b>Trp</b>	Tiempo de retención en las placas
<b>Tus</b>	Total de usuarios servidos (habitantes)
<b>V</b>	Velocidad del fluido
<b>V'</b>	Velocidad en la tubería
<b>V<sub>1</sub></b>	Volumen de dilución inicial
<b>V<sub>2</sub></b>	Volumen requerido de agua
<b>Vd</b>	Volumen del sedimentador
<b>Ve</b>	Volumen de emergencia
<b>Vi</b>	Volumen para protección contra incendios
<b>Vt</b>	Volumen total
<b>Vr</b>	Volumen de regulación
<b>Vac</b>	Volumen de agua consumida (L/día)
<b>Vos</b>	Velocidad promedio de sedimentación
<b>Vsc</b>	Velocidad de sedimentación crítica
<b>W</b>	Ancho de la garganta

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Características físicas-límites permisibles.....	8
<b>Tabla 2-1:</b>	Características químicas-límites permisibles.....	11
<b>Tabla 3-1:</b>	Características microbiológicas-límites permitidos.....	12
<b>Tabla 4-1:</b>	Parámetros para el ancho de la garganta .....	25
<b>Tabla 5-1:</b>	Parámetros de diseño entre los valores de k y m.....	25
<b>Tabla 6-1:</b>	Parámetros recomendados de dotación de agua .....	61
<b>Tabla 7-2:</b>	Recolección de muestras .....	66
<b>Tabla 8-2:</b>	Parámetros de caracterización del agua potable .....	67
<b>Tabla 9-2:</b>	Equipos materiales y reactivos .....	68
<b>Tabla 10-2:</b>	Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda de Vinchoa.....	70
<b>Tabla 11-2:</b>	Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda de Vinchoa.....	71
<b>Tabla 12-2:</b>	Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda de Vinchoa.....	72
<b>Tabla 13-3:</b>	Parámetros de diseño de FLA.....	107
<b>Tabla 14-3:</b>	Resultados proyección futura (2030).....	117
<b>Tabla 15-3:</b>	Resultados de torres de aireación .....	117
<b>Tabla 16-3:</b>	Resultados mezclado rápido .....	117
<b>Tabla 17-3:</b>	Resultados de determinación de agente coagulante.....	118
<b>Tabla 18-3:</b>	Resultados del floculador de flujo horizontal.....	118
<b>Tabla 19-3:</b>	Resultados sedimentador laminar de alta tasa .....	118
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados de filtro lento de arena (FLA) .....	118
<b>Tabla 21-3:</b>	Resultados de la dosificación de HTH .....	119
<b>Tabla 22-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 25.00 NTU.....	120
<b>Tabla 23-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 35.00 NTU.....	120
<b>Tabla 24-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 42.00 NTU.....	121
<b>Tabla 25-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 58.94 NTU.....	121
<b>Tabla 26-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 74.08 NTU.....	122
<b>Tabla 27-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 84.25 NTU.....	122
<b>Tabla 28-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 110.27 NTU.....	123
<b>Tabla 29-3:</b>	Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de 120.65 NTU.....	123
<b>Tabla 30-3:</b>	Caracterización secundaria semana 1 (agua salida de planta v.s ensayo) .....	124
<b>Tabla 31-3:</b>	Caracterización secundaria semana 2 (agua salida de planta v.s ensayo) .....	125
<b>Tabla 32-3:</b>	Caracterización secundaria semana 3 (agua salida de planta v.s ensayo) .....	126
<b>Tabla 33-3:</b>	Resumen de presupuesto de planta de agua potable.....	146
<b>Tabla 34-3:</b>	Presupuesto obras preliminares .....	146

<b>Tabla 35-3:</b>	Presupuesto aireador de bandejas .....	147
<b>Tabla 36-3:</b>	Presupuesto floculador de flujo horizontal .....	147
<b>Tabla 37-3:</b>	Presupuesto sedimentador laminar .....	148
<b>Tabla 38-3:</b>	Presupuesto filtro lento de arena .....	148
<b>Tabla 39-3:</b>	Presupuesto de químicos al día.....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Aireadores de bandejas múltiples .....	15
<b>Figura 2-1:</b>	Caudales para el vertedero triangular.....	19
<b>Figura 3-1:</b>	Vertedero triangular .....	19
<b>Figura 4-1:</b>	Medidor de parshall .....	24
<b>Figura 5-1:</b>	Floculadores de flujo horizontal .....	35
<b>Figura 6-1:</b>	Floculador de flujo vertical.....	36
<b>Figura 7-1:</b>	Sedimentador de alta tasa.....	44
<b>Figura 8-1:</b>	Filtro lento de arena y grava .....	51

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Grafico 1-3:</b>	Promedio semanal de turbiedad.....	127
<b>Grafico 2-3:</b>	Promedio semanal de color .....	127
<b>Grafico 3-3:</b>	Promedio semanal de hierro total .....	128
<b>Grafico 4-3:</b>	Promedio semanal de coliformes totales .....	128
<b>Grafico 5-3:</b>	Promedio semanal de coliformes fecales .....	129
<b>Grafico 6-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 25.00 NTU.....	134
<b>Grafico 7-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 35.00 NTU.....	135
<b>Grafico 8-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 42.00 NTU.....	136
<b>Grafico 9-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 58.94 NTU.....	137
<b>Grafico 10-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 74.08 NTU.....	138
<b>Grafico 11-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 84.25 NTU.....	139
<b>Grafico 12-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 110.27 NTU.....	140
<b>Grafico 13-3:</b>	Tess de jarras – turbiedad 120.65 NTU.....	141
<b>Grafico 14-3:</b>	Test de jarras – remoción de turbiedad (NTU).....	142
<b>Grafico 15-3:</b>	Test de jarras – remoción de hierro (mg/l) .....	142
<b>Grafico 16-3:</b>	Test de jarras – remoción de color (UTC).....	143
<b>Grafico 17-3:</b>	Remoción de coliformes totales (NMP/100 mL) .....	143
<b>Grafico 18-3:</b>	Remoción de coliformes fecales (NMP/100 mL).....	144

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Descripción de métodos de análisis
- Anexo B:** Técnicas utilizadas recolección de muestras STÁNDAR MHETODS \*1060 C
- Anexo C:** Determinación de la temperatura
- Anexo D:** Manual de métodos analíticos para el control del tratamiento de aguas
- Anexo E:** Especificación técnica hipoclorito de calcio (HTH)
- Anexo F:** Especificación técnico PAC -08
- Anexo G:** Proyección de la población
- Anexo H:** Valores de la relación peso específico y viscosidad absoluta
- Anexo I:** Dimensiones típicas de medidores parshall (CM)
- Anexo J:** Valores típicos de rugosidad (COEFICIENTE DE MANNING)
- Anexo K:** Parámetros de diseño para drenajes por tuberías
- Anexo L:** Parámetros de diseños laterales
- Anexo M:** Dosificación de HTH a diferentes caudales de captación
- Anexo N:** Norma INEN 1108:2006 segunda revisión
- Anexo O:** Resultados de la caracterización del agua por E.P-EMAPAG
- Anexo P:** Análisis físico-químicos
- Anexo Q:** Reporte de análisis del agua
- Anexo R:** Análisis microbiológicos
- Anexo S:** Localización de la zona de diseño 1
- Anexo T:** Localización de la zona de diseño 2
- Anexo U:** Diseño de la planta completa
- Anexo V:** Torres de aireación
- Anexo W:** Canaleta parshal
- Anexo X:** Floculador de flujo horizontal
- Anexo Y:** Sedimentador de alta tasa
- Anexo Z:** Filtro de arena y grava

## RESUMEN

Se realizó el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable a la parroquia de Vinchoa del cantón Guaranda, provincia de Bolívar, para brindar agua en óptimas condiciones, con una cobertura y abastecimiento para 1200 familias, mejorando la calidad de vida de su población.

Para el desarrollo de esta investigación se realizó pruebas de caracterización físico-química y microbiológica, a las muestras de agua que se tomó desde el punto de captación, el tanque de abastecimiento y los grifos de ciertas casas durante 5 días por 3 semanas. Se obtuvo parámetros fuera de los límites máximos permisibles reportados en la Norma Obligatoria de calidad del agua NTE INEN 1108:2006 segunda revisión, utilizando Métodos Normalizados de análisis de agua Potable, Residual y el Manual de Métodos HACH, se encontró concentraciones elevadas de: hierro, turbiedad, color, coliformes totales y coliformes fecales. Mediante la prueba de jarras que se utiliza para la dosificación adecuada: del coagulante Policloruro de Aluminio (PAC), auxiliar iónico CHEMFLOC, Hipoclorito de Calcio (HTH). Usando equipos y materiales portátiles que simulan el funcionamiento de la planta las cuales se realizó en laboratorio de CHAQUISHCA de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Guaranda E.P-EMAPAG,

Por lo que se implementó una planta que cuenta con 2 torres de aireación con 6 bandejas cada torre, Dosificación de Coagulante, Floculador de flujo horizontal de 18m de longitud, 3m de ancho y 1m de profundidad, Sedimentador Laminares de 8m de longitud, 4m de ancho y 2.500m de profundidad, 2 Filtros lentos de arena y grava de 7 m de longitud, 3m de ancho C/U y 3.28m de profundidad con el sistema de recolección del agua; y la Desinfección empleando HTH, para una proyección de vida útil de la planta de 15 años que reflejan un caudal futuro de tratamiento de 22.000 L/s y una cobertura para el abastecimiento de 8648 habitantes. Se obtuvo porcentajes de remoción para turbiedad de un 99.38% para hierro de un 92.500 % para color de un 81.48% para coliformes fecales de un 99% y para coliformes totales una disminución de un 99%, cumpliendo así con los parámetros de la Norma Obligatoria de calidad del agua NTE INEN 1108:2006 segunda revisión.

Se recomienda que el Gobierno Autónomo y Descentralizado de la ciudad de Guaranda ponga en marcha el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia de Vinchoa, brindando así agua de calidad y en óptimas condiciones para su población.

**Palabras Claves:** < PARROQUIA VINCHOA > < CANTON GUARANDA > < PROVINCIA BOLIVAR > < DISEÑO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO > < AGUA POTABLE > < POLICLUORURO DE ALUMINIO PAC > < CHEFLOC >.

## SUMMARY

It was held the design of a treatment system of potable water, in the Parish of Vinchoa, canton Guaranda, Province of Bolívar, to provide water in optimal conditions, with coverage and provision for 1,200 families, improving the quality of life of its population. For the development of this research was performed characterization tests; Physical-chemical and microbiological, of the water samples taken from the point of capture, the supply tank and the taps of some homes for 5 days for 3 weeks. Parameters are obtained outside the maximum permissible levels reported in the Mandatory water quality standard NTE INEN 1108: 2006 second revision, using standardized methods for analyzing drinking water, wastewater and Methods Manual HACH, It was found high concentrations of iron, turbidity, color, total Coliforms and fecal coliforms. Through the test of jars used for proper dosing: Aluminium Polychloride coagulant (PAC), ion auxiliary CHEMFLOC, calcium hypochlorite (HTH). Using portable equipment and materials that simulate the operation of the plant which was carried out in laboratory of CHAQUISHCA of the Municipal Potable Water and Sewage of the city of Guaranda EP-EMAPAG.

So it was implemented, a plant that has 2 towers aeration with 6 trays each tower, coagulant dosage, Flocculator horizontal flow of 18m long, 3m wide and 1m deep, Settlers Laminar 8m in length, 4m wide and 2,500m deep, 2 slow sand filters and gravel than 7m long, 3m wide C / U and 3.28m deep with water collection system; and, disinfection using HTH, for a projected useful life of the plant 15 years reflecting future treatment flow of 22,000 L / s supply coverage for 8648 inhabitants. Removal percentages were obtained for turbidity of 99.38% for iron of a 92.500% for color of a 81.48% for fecal coliforms than 99% and for total coliforms decreased by 99%, thus meeting the parameters of the Mandatory Standard water quality NTE INEN 1108: 2006 second review.

It is recommended that the Autonomous and Decentralized Government of the city of Guaranda start the operation of the system of potable water to the parish of Vinchoa, providing quality water and optimal conditions for its population.

**Keywords:** < PARISH OF VINCHOA > <CANTON GUARANDA> <PROVINCE OF BOLIVAR > < DESIGN OF A TREATMENT SYSTEM > < POTABLE WATER > < ALUMINIUM POLYCHLORIDE PAC> < CHEFLOC>

## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

Vinchoa es una parroquia rural perteneciente al Cantón Guaranda situada en la provincia Bolívar se encuentra ubicada, a una distancia de 3.5 Km y a 25 min del centro de la ciudad de Guaranda, la parroquia se encuentra a una altitud de 2800 msnm con clima que oscila entre 14° C y 18° aproximadamente.

Ésta comunidad surge según versión de sus moradores de una hacienda conocida como San Nicolás de Vinchoa y se dividió en el tiempo con lo que hoy conocemos como: Quivillungo, Chaquishca, Vinchoa Central y Vinchoa Grande. Además es una comunidad que se dedica principalmente a la agricultura y a la venta de ganado.

Esta parroquia se encuentra habitada por 1 200 familias siendo en el centro de la parroquia donde se localiza la población más extensa y además cuenta con 13 comunidades las cuales se abastecen con agua entubada de asbesto para la transportación de la misma, que les provee alrededor de 15 litros por min, la misma que es proveniente de un sector denominado como Pachakutik, esta agua es llevada hacia un tanque donde usan como desinfectante solo cloro y ese es todo el tratamiento que se le da al agua para distribuir a los habitantes de esta parroquia, la cual no garantiza una agua potable de calidad.

### **JUSTIFICACIÓN**

Ya que el agua es imprescindible para el ser humano no puede pasar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. Para el desarrollo rural se requiere de una cierta cantidad de agua para que esta sea distribuida según el número de sus habitantes. Por tanto este recurso hídrico deberá pasar por una serie de procesos físicos y químicos que nos garantice que esta agua está libre de microorganismos y agentes patógenos que afecten la salud del ser humano.

Este líquido es de vital importancia que sea de calidad, para ser usada en diferentes actividades, ya sea en sectores dedicados a la producción agrícola y ganadera, como es el caso de la parroquia de Vinchoa, especialmente en las comunidades aledañas a la misma.

En la actualidad la empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado del Cantón Guaranda (E.P- EMAPA-G), es una entidad Autónoma descentralizada que se encuentra comprometida y trabajando por el bienestar de los habitantes de su Cantón, es la encargada de realizar el tratamiento del agua, y busca estudiar, analizar y proponer una alternativa para controlar el nivel de contaminantes presentes en el agua, ya que esta parroquia no cumple los parámetros mínimos necesarios de potabilización, por lo que se han visto en la necesidad de realizar, EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA DE VINCHOA, cuyo objetivo es transformar el agua cruda en agua de calidad garantizada, que cumpla con los parámetros establecidos en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 (Agua potable) y con la Organización Mundial de la Salud (ONS), utilizando procesos y operaciones unitarias para que el agua sea agradable para el consumo de los habitantes de la parroquia, y no afecte a la salud de los mismos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- “Diseñar un sistema de tratamiento de potabilización del agua en la Parroquia de Vinchoa del cantón Guaranda, Provincia de Bolívar”

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la caracterización Físico – Químicas y Microbiológicas en la captación de agua de la parroquia de Vinchoa en base a la norma NTE 1108
- Identificar los parámetros que se encuentran fuera de norma, de la calidad del agua, establecidos por la Norma NTE INEN – REQUISIRTOS 1108: 2006 y Calidad del Agua Potable de la OMS 1995.
- Establecer alternativas de tratabilidad más adecuado a nivel de proceso u operacional.
- Realizar el dimensionamiento de la planta de tratamiento de potabilización en base a cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño del sistema de tratamiento propuesto mediante la caracterización, establecidos por la Norma NTE INEN – REQUISIRTOS 1108: 2006 y de los parámetros de Calidad del Agua Potable de la OMS 1995.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Planta de potabilización de agua

##### 1.1.1 Agua

El agua es un componente esencial de la estructura y el metabolismo de los seres vivos. Además, es el compuesto más abundante en nuestro planeta.

Necesitamos el agua dulce para numerosas actividades (beber, preparar las comidas, lavar, irrigar cultivos). También hay agua almacenada como hielo en los polos. Sin agua, no existiría la vida como la conocemos.

El agua se la considerada como un recurso renovable cuando se controla su tratamiento, el uso que se le da y la circulación de la misma.

De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada.

No es muy común encontrar agua pura en forma natural, aunque en el laboratorio puede llegar a obtenerse o separarse en sus elementos constituyentes, que son el hidrógeno (H) y el oxígeno (O).

En el mundo las aguas ocupan una alta proporción en relación con las tierras emergidas, y se presentan en diferentes formas:

Como se indica:

- Mares y océanos, que contienen una alta concentración de sales y que llegan a cubrir un 71% de la superficie terrestre;
- Aguas superficiales, que comprenden ríos, lagunas y lagos
- Aguas del subsuelo, también llamadas aguas subterráneas, por fluir por debajo de la superficie terrestre.

Se menciona que el 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; y que apenas el 3% del agua total es agua dulce (no salina) y que un poco más de dos terceras partes se encuentra congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas.

### ***1.1.2 Calidad del agua subterránea***

Debido a que el agua subterránea se mueve a través de las rocas y la tierra del subsuelo, puede fácilmente disolver sustancias durante este movimiento. Por dicha razón, el agua subterránea muy frecuentemente puede contener más sustancias que las halladas en el agua superficial.

La contaminación del agua puede definirse como la modificación de las propiedades físicas, químicas o biológicas que restringen su uso. Las sustancias que modifican la calidad del agua de los acuíferos se dividen en: las presentes en la naturaleza y en aquellas producidas por las actividades del hombre (antropogénicas). Dentro de las primeras se encuentran: arsénico, flúor y elementos radiactivos, entre otros ; mientras que en las segundas se incluyen bacterias, virus, nitratos, orgánicos sintéticos e hidrocarburos (solventes, pesticidas, etc.) y materiales pesados. Las fuentes de contaminación se pueden originar en la superficie del terreno, por ejemplo, la agricultura; en el subsuelo por arriba del nivel freático, por ejemplo, basureros a cielo abierto; y en el subsuelo por debajo del nivel freático, como es el caso de pozos abandonados. Los acuíferos costeros pueden contaminarse por intrusión salina y las fosas sépticas son, quizá, las fuentes de aguas residuales que más contribuyen a la contaminación del agua subterránea.

### ***1.1.3 Características del agua subterránea***

El agua en dirección al acuífero viene de la lluvia con ciertas características adquiere otras en su trayecto de escorrentía y sigue transformándose en la infiltración, al llegar al acuífero tiene contacto con minerales de las rocas y seguirá transformándose lentamente. Los mecanismos que intervienen en la composición y evolución del agua son: la Disolución (de gases y sales) y el ataque químico (carbón disolución, hidrólisis, oxidación reducción, cambios de bases y reacciones bioquímicas). Por este motivo el agua subterránea presenta una mineralización elevada. En aguas subterráneas contaminadas pueden cambiar las características y concentración de los elementos presentes, también puede suceder en aguas no contaminadas que existan elementos presentes en mayores concentraciones a las aquí descritas.

### ***1.1.4 Agua potable***

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. Es el agua cuyas características físicas, químicas, microbiológicas, han sido tratadas a fin

de garantizar su aptitud para consumo humano, y que cumple con las normas de calidad promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

### ***1.1.5 Potabilización de agua***

Al proceso de conversión de agua común en agua potable se le denomina potabilización. Los procesos de potabilización son muy variados, y van desde una simple desinfección, para eliminar los patógenos, que se hace generalmente mediante la adición de cloro, mediante la irradiación de rayos ultravioletas, mediante la aplicación de ozono, etc.

Estos procedimientos se aplican a aguas que se originan en manantiales naturales o para las aguas subterráneas.

Si la fuente del agua es superficial, agua de un río arroyo o de un lago, ya sea natural o artificial, el tratamiento suele consistir en un stripping de compuestos volátiles seguido de la precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección con cloro u ozono. El caso extremo se presenta cuando el agua en las fuentes disponibles tiene presencia de sales y/o metales pesados.

El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, estas guías son también aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano, no obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto, y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Puede ser preciso que las personas con inmunodeficiencia grave tomen precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de bebida normalmente no sería preocupante. El agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. El agua potable, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida.

Para que el agua que captamos en embalses, pozos, lagos, etc. sea adecuada para el consumo humano, es necesario tratarla convenientemente para hacerla potable.

## **1.2 Características y calidad de agua**

### ***1.2.1 Calidad de agua***

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares.

En el caso del agua potable, las normas se basan en niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos. La calidad del agua se ha convertido en motivo de suma importancia a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, el crecimiento de la actividad industrial y agrícola y el cambio climático son causantes de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Las concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua a menudo indican una contaminación procedente de residuos humanos o animales o provenientes de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas. Cabe apuntar que es cada vez mayor la preocupación acerca del impacto en los ecosistemas acuáticos de los productos cosméticos y farmacéuticos como las píldoras anticonceptivas, analgésicos y antibióticos. Poco se sabe de sus efectos a largo plazo sobre los humanos y los ecosistemas, aunque se cree que algunos pueden suplantar las hormonas naturales en los humanos y otras especies.

El agua que no es tratada afecta directamente de muchas maneras, como para consumo diario, baño, la industria o la agricultura reduce claramente la cantidad de agua distribuida en un lugar.

### ***1.2.2 Características físicas del agua***

Son aquellas que se pueden detectar con los sentidos, lo cual implica que tiene incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua. Las características físicas son la turbiedad, el color, el sabor el olor y la temperatura.

#### **TEMPERATURA**

La temperatura del agua es afectada por la absorción de radiación en la superficie del líquido. Las diferencias de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como microbiología. La temperatura de las aguas subterráneas depende del terreno, naturaleza de las rocas, profundidad de la surgencia y fenómenos magmáticos que puedan existir.

El factor temperatura es importante porque actúa como elemento que retarda o acelera la actividad biológica, e influye en la proliferación de algas y en la precipitación de compuestos. Además afecta los procesos de tratamiento como la desinfección por cloro, e incide también indirectamente en los procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación y filtración.

#### **COLOR**

El color del agua se debe a materias orgánicas que se originan de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos que habitualmente se encuentran en ellas (coloraciones amarillentas). Además, la existencia de sales solubles de Fe y Mn (aguas subterráneas y superficiales poco oxigenadas) produce el color presente en el agua.

#### **OLOR-SABOR**

Las presencia de sabores y olores en el agua responden a dos orígenes: naturales y artificiales. Las naturales incluyen gases, sales, compuestos orgánicos e inorgánicos. Y las segundas están probablemente más definidos, al poder identificarse la fuente concreta productora del problema, y deben a la existencia de materia orgánica en descomposición y sustancias químicas volátiles.

## **TURBIEDAD**

La turbidez del agua se debe a la presencia de materias en suspensión, arcilla, limos, coloides orgánicos, organismos planctónicos y organismos microscópicos que poseen grandes diferencias de tamaño y ocasionan la turbidez del agua.

**Tabla 1-1:** Características físicas-límites permisibles

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LIMITE PERMITIDO</b>
<b>Color</b>	Unidad de color aparente (Pt- Co)	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	5
<b>Olor</b>	-----	No objetable
<b>Sabor</b>	-----	No objetable

**Fuente:** Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2006

### **1.2.3 Características químicas**

Existe la posibilidad de que una inmensa cantidad de elementos y compuestos estén presentes en ella en forma de solución; es por esto que se consideran algunos de ellos solamente, teniendo en cuenta su posible prevalencia en el agua.

## **DUREZA**

En la actualidad no se ha encontrado ninguna correlación entre las aguas de alto contenido de dureza y daños al organismo, más bien son de tipo doméstico e industrial: la dureza impide la formación de espuma causando mayor consumo de jabón y detergentes.

La situación es muy aguda en equipos metálicos en que se calienta el agua; como es en el caso de alimentación de calderas, ya los equipos llegan a corroerse.

## **ACIDES**

Se menciona que es la capacidad que tiene el agua de neutralizar alcalinidad, debido a la presencia de iones de hidrógeno positivo.

El agua adquiere acidez en forma natural por la interacción con la atmósfera, desde la cual puede tomar bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dependiendo de ciertas condiciones de temperatura y presión. Sin embargo, el contenido de bióxido de carbono nos indica que el agua posee características corrosivas que destruyen equipos de las plantas de tratamiento, tuberías en general, griferías, etc.

## **ALCALINIDAD**

Básicamente es la capacidad del agua para neutralizar ácidos:

En forma natural el agua puede adquirir alcalinidad al disolverse el bióxido de carbono en ella, el cual al disociarse produce ion bicarbonato e Ion carbonato.

La alcalinidad también se debe a bases fuertes que llegan a las aguas naturales por múltiples motivos, como por ejemplo la contaminación por desechos industriales y en este caso se denomina alcalinidad hidróxido.

## **CLORUROS.**

La forma más común de ocurrencia de los cloruros en el agua es el cloruro de sodio o sal común. El origen de los mismos son sales del suelo que se disuelven en el agua, siendo escasa su presencia en concentraciones altas en aguas superficiales, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas.

## **SULFATOS.**

Las aguas naturales no contienen generalmente altas concentraciones de sulfatos, pero cuando se hallan en cantidad apreciable, tienen efectos sobre el sabor y, son laxantes cuando simultáneamente están presentes el manganeso y el sodio.

Los sulfatos son reducidos por bacterias sulforreductoras dando origen al ácido sulfhídrico, lo que produce mal olor al agua y disminuye el P.H., aumentando su poder corrosivo.

## **COBRE.**

Su presencia en el agua es conveniente para el metabolismo humano y ocasionalmente es usado para controlar la proliferación de algas. Sin embargo produce sabor astringente y color al agua.

## **POTENCIAL HIDRÓGENO, PH.**

Es un término usado universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas de una solución cualquiera, mediante la concentración del Ion hidrógeno. El agua está compuesta por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, pero tiene la propiedad de ionizarse, así que juega un papel importante en ciertos procesos de potabilización, como la coagulación, la desinfección por cloro, el ablandamiento y el control de corrosión.

## **HIERRO Y EL MANGANESO**

Estos están muy frecuentemente asociados y son raras las aguas que los contienen en forma independiente. Tanto el hierro como el manganeso crean serios problemas en aguas de servicio público, siendo mayores los inconvenientes cuando se trata de aguas subterráneas.

La presencia de hierro en las aguas no tiene efectos de salubridad, pero afecta el sabor , interfiere en el lavado de ropa y se deposita en la red de distribución causando obstrucciones y alteraciones en la turbiedad y el color. Y es posible eliminarlas mediante aeración, floculación y filtración.

## **PESTICIDAS**

Los pesticidas pueden contaminar el agua superficial directamente en las labores de rociado, preparación de las soluciones a aplicar a los cultivos o de una manera indirecta, mediante la escorrentía en época de lluvias; así mismo, pueden contaminar los acuíferos y por consiguiente las aguas subterráneas.

**Tabla 2-1:** Características químicas-límites permisibles

PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMITIDO
Antimonio	mg/l	0.02
Arsénico	mg/l	0.01
Bario	mg/l	0.7
Boro	mg/l	0.5
Cadmio	mg/l	0.003
Cianuros	mg/l	0.07
Cloro libre residual	mg/l	0.3 a 1.5
Cobre	mg/l	2.0
Cromo	mg/l	0.05
Fluoruros	mg/l	1.5
Manganeso	mg/l	0.4
Mercurio	mg/l	0.006
Níquel	mg/l	0.07
Nitratos	mg/l	50
Nitritos	mg/l	0.2
Plomo	mg/l	0.01
Selenio	mg/l	0.01

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2006

### 1.3 Características microbiológicas

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

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

La calidad y cantidad de microorganismos va acompañando las características físicas y químicas del agua, ya que cuando el agua tiene temperaturas templadas y materia orgánica disponible, la población crece y se diversifica.

Los microorganismos más importantes desde el punto de vista de la Ingeniería Sanitaria son: las algas y bacterias aunque la presencia de hongos, mohos y levaduras es un índice de la existencia de materia orgánica en descomposición.

- ❖ **ALGAS:** Las algas contienen fundamentalmente clorofila necesaria para la actividad fotosintética y por lo tanto necesitan la luz solar para vivir y reproducirse. La mayor concentración se da en los lagos, lagunas, embalses, remansos de agua y con menor abundancia en las corrientes de agua superficiales.
- ❖ **BACTERIAS:** Las llamadas bacterias son de los géneros Sphaerotilus y Crenothrix, relacionadas con el hierro y el manganeso del agua y del género Beggiatoa del grupo de las bacterias sulfurosas. Las bacterias coliformes y los estreptococos que se utilizan como índice de contaminación fecal.

**Tabla 3-1:** Características microbiológicas-límites permitidos

PARAMETROS	UNIDAD	LIMITE PERMITIDO	LIMITE RECOMENDADO
Bacterias aerobias	Nº /mg	100	-----
Coliformes totales	NMP/100ml (Tubos filtrantes)	<2.2	-----
	NMP/100ml (Membranas filtrantes)	0	
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2.2	-----

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2006

## 1.4 Proceso de potabilización de agua

### 1.4.1 Origen del agua

La fuente es el espacio natural desde el cual se deriva los caudales demandados para la población a ser abastecida, según el origen del agua, para transformarle en agua potable deberá a ser sometida a tratamientos, que van desde la simple desinfección y filtración, desalinización.

### TIPOS DE FUENTE

- ❖ **Fuentes subterráneas:** son las aguas que se encuentran en el subsuelo como manantiales, pozos, nacientes, subálveas de los ríos.
- ❖ **Fuentes superficiales:** son las aguas de los ríos, lagos, arroyos, embalses, etc.
- ❖ **Fuentes pluviales:** estas aguas tienen sólidos disueltos en baja cantidad, muy baja turbiedad por su composición y tiene alto contenido de CO<sub>2</sub>.

### **1.4.2 Sistema de captación**

El sistema de abastecimiento a la población está formada esencialmente por: la fuente de agua y su obra de captación, obras de conducción o transporte, almacenamiento, tratamiento y distribución.

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, cuando esto no ocurre se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para satisfacer su demanda o es necesario su regulación.

En cuanto a su prestación en la naturaleza, pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas acuíferos).

### **1.4.3 Aireación**

La Aireación es un factor muy importante mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el fin de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella.

- ❖ Para introducir oxígeno del aire
- ❖ Para dejar que escapen los gases disueltos como el bióxido de carbono y el ácido sulfúrico.
- ❖ Disminuir la concentración de CO<sub>2</sub>.
- ❖ Disminuir la concentración de H<sub>2</sub>S.
- ❖ Eliminar las sustancias volátiles que causan olor y sabor.
- ❖ Remover el metano (CH<sub>4</sub>).
- ❖ Oxidar hierro (Fe) y manganeso (Mn).

En la aireación el agua cruda debe ponerse en contacto con el aire, con el fin de modificar la concentración de sustancias volátiles contenidas en ella.

Las bandejas de carbón coque consisten en una serie de superficies de 0.5 x 0.4 m con un lecho de coque de espesor de 0.15 m. conformado por partículas de 0.05 a 0.15 m. sobre las cuales se vierte el agua cruda. Tal que se genere una capa de aproximadamente 0.15 m. Lo que allí se genera es una caída del agua de bandeja a bandeja y por ende una aireación con la añadida capacidad del carbón para absorber y adsorber metales pesados como el hierro y el manganeso.

En la potabilización de aguas se agrega oxígeno mediante aireación para la remoción de hierro y manganeso principalmente. En plantas de ablandamiento se utiliza la aireación para remover CO<sub>2</sub> antes de ablandar con cal.

La aireación cumple sus objetivos de purificación del agua mediante el arrastre o barrido de las sustancias volátiles causado por la mezcla turbulenta del agua con el aire y por el proceso de oxidación de los metales y los gases.

Los principales aireadores utilizados en purificación de aguas de pozos, son los de cascadas, canales inclinados y aireadores por difusores y aireadores mecánicos superficiales o sumergidos.

#### *1.4.3.1 Tipos de aireadores*

Los tipos de aireadores más conocidos para las implementaciones, en las plantas de agua potable son:

- ❖ Aireadores de fuente o surtidores
- ❖ Aireadores de bandejas múltiples
- ❖ Aireadores de cascadas y vertedores (agua en aire)

##### *1.4.3.1.1 Aireadores de fuente o surtidores.*

Consisten usualmente en una serie de toberas fijas, sobre una malla de tuberías, las cuales dirigen el agua hacia arriba, verticalmente o en ángulo inclinado, de tal manera que el agua se rompe en gotas pequeñas. Este tipo de aireadores ha sido usado para la remoción de CO<sub>2</sub> y la adición de oxígeno; tiene gran valor estético, pero requieren un área grande.

##### *1.4.3.1.2 Aireadores de cascadas y vertedores (agua en aire)*

En este tipo de aireadores, el agua se deja caer, en láminas o capas delgadas, sobre uno o más escalones de concreto. El aireador de cascada se diseña como una escalera; entre más grande sea el área horizontal, más completa es la aireación. La aireación ocurre en las áreas de salpicamiento en forma similar a la que ocurre en un río turbulento; por ello se acostumbra

colocar salientes, bloques o vertedores en los extremos de los escalones. La aireación en vertedores es factible cuando existe suficiente energía disponible; en ese caso el sistema es económico, no se requiere energía adicional y el mantenimiento es sencillo. Es posible mejorar la aireación creando turbulencia.

#### *1.4.3.1.3 Aireadores de bandejas múltiples.*

Un aireador de bandeja múltiple consiste en una serie de bandejas equipadas con ranuras, fondos perforados o mallas de alambre, sobre las cuales se distribuye el agua y se deja caer a un tanque receptor en la base. En muchos aireadores de bandeja se coloca medio grueso de 5 – 15 cm de espesor, para mejorar la eficiencia del intercambio de gases y la distribución del agua.

Generalmente se usan de 3 a 9 bandejas. La ventilación es un factor importante en el diseño de estos aireadores y debe estudiarse cuidadosamente para la selección del sitio de localización.

Pertenece a un sistema de bandejas con perforaciones en su parte inferior ubicadas en forma continua con intervalos de 0.300 a 0.750 m. La entrada de agua es por la parte superior, través de una tubería perforada debiendo caer a la primera bandeja y así continuamente. Los orificios con diámetros de 0.005 a 0.001 m.



**Figura 1-1:** Aireadores de bandejas múltiples

Fuente:<https://www.google.com.ec/search?q=TORRES+DE+AIREACION+FOTOS&sa>

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

### **Altura Total**

La altura para la aireación del hierro se allá entre 2-2.500 m, recomendado por el Ing. Químico de E.P.-EMAPAG, por lo que adoptamos una altura de 2.250 m referido a la torre de CHAQUISHCA.

#### **a) Área total del aireador**

$$At = \frac{Q}{TA}$$

**Dónde:**

**At:** Área Total del Aireador: (m<sup>2</sup>)

**Q:** Caudal de Diseño: (L/s)

**TA:** Carga Hidráulica: (L/sm<sup>2</sup>, dada por la E.P-EMAPA-G)

#### **b) Área de aireación (bandejas)**

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

**Dónde:**

**L:** Lado de cada bandeja 1m

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

#### **c) Número de unidades de aireación requerida**

$$Nt = \frac{At}{Ai}$$

**Dónde:**

**At:** Área Total de Aireación:

**Ai:** Área de Cada Unidad de Aireación:

#### **d) Numero de torres**

$$N_{\text{Torres}} = \frac{Qd}{Qt}$$

**Dónde:**

**Qd:** Caudal de diseño: L/s

**Qt:** Caudal que Ingresa a la Torre: L/s

**e) Separación entre bandejas**

Separación entre cada bandeja de 0.0300 m. (Referido de las Torres de aireación de la planta de tratamiento de agua potable del Cantón Guaranda)

$$S_b = 0.300 \text{ m}$$

**f) Espesor de cada bandeja**

El espesor de cada bandeja es de 15 cm.

$$A_b = 0.150 \text{ m}$$

**g) Tiempo de exposición**

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

**Dónde:**

**H:** Altura Total de la Torre: (m)

**t:** tiempo de exposición: (s)

**n:** Numero de bandejas: (unidades)

**g:** Gravedad: (9. 800 m/s)

**h) Área de Cada Orificio**

$$A_{\text{Orificio}} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

**Dónde:**

**D:** Diámetro de orificio: 0.006 m.

**i) Calculo del caudal sobre cada bandeja**

$$Q_{\text{Bandejas}} = L \times A_{\text{Orificio}} \times \sqrt{2 \times g \times h_{\text{Lamina}}}$$

**Dónde:**

**$Q_{Bandejas}$ :** Caudal sobre cada bandeja, (L/s)

**L:** Lado de la Bandeja: (m)

**g:** Gravedad: (9.800 m/s)

**$h_{Lamina}$ :** Altura de Agua Sobre las Bandejas: (m)

**$A_{Orificio}$ :** Área de Cada Orificio: (m<sup>2</sup>)

**j) Determinación del número de perforaciones**

$$Np = \frac{Q}{Q_{Bandejas}}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de Diseño: L/s

**$Q_{Bandejas}$ :** Caudal Sobre Cada Bandeja: L/s

**Np:** Numero de perforaciones (perforaciones)

#### **1.4.4 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. La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida.

Debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la masa de agua se dé en forma instantánea. La mezcla rápida puede realizarse aprovechando la turbulencia provocada por dispositivos hidráulicos o mecánicos.

#### 1.4.4.1 Vertedero Triangular

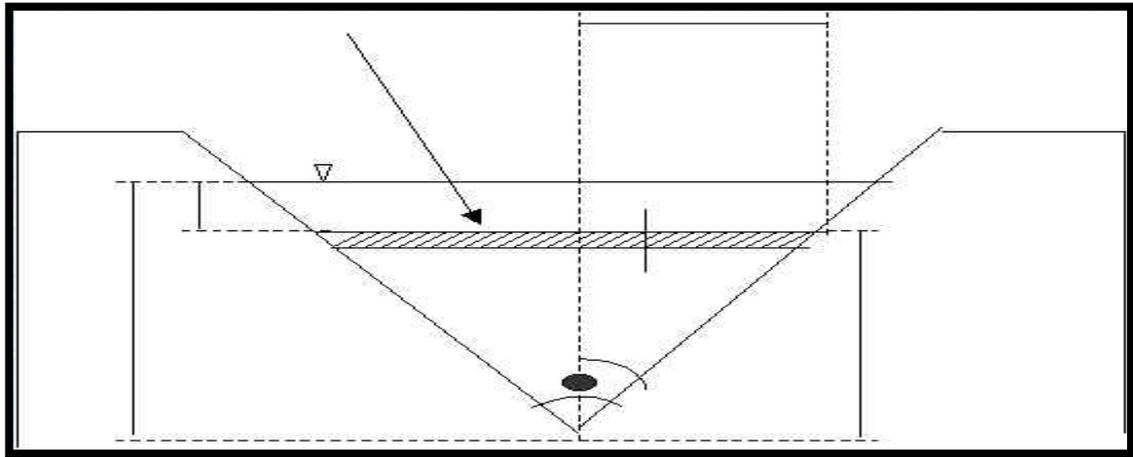
La escotadura de este tipo de vertedero es de forma triangular. El ángulo que se forma es de 90 grados.

El vertedero triangular es el más preciso para medir caudales pequeños. La tabla siguiente proporciona los gastos “Q” (caudal) en litros por segundo para este tipo de vertedero, con distintos valores de altura “H” en centímetros.

Caudales en L/seg. para vertedero triangular de 90°											
H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]	H [cm]	Q [L/seg.]
1	0.01	6.5	1.51	12	6.98	17.5	17.94	23	35.52	28.5	60.71
1.5	0.04	7	1.81	12.5	7.73	18	19.24	23.5	37.48	29	63.40
2	0.08	7.5	2.16	13	8.53	18.5	20.61	24	39.51	29.5	66.17
2.5	0.14	8	2.53	13.5	9.37	19	22.03	24.5	41.60	30	69.01
3	0.22	8.5	2.95	14	10.27	19.5	23.51	25	43.75	30.5	70.01
3.5	0.32	9	3.40	14.5	11.21	20	25.04	25.5	45.97	31	71.01
4	0.45	9.5	3.89	15	12.20	20.5	26.64	26	48.26	31.5	72.01
4.5	0.60	10	4.43	15.5	13.24	21	28.29	26.5	50.61	32	73.01
5	0.78	10.5	5.00	16	14.34	21.5	30.01	27	53.03	32.5	74.01
5.5	0.99	11	5.62	16.5	15.48	22	31.78	27.5	55.52	33	75.01
6	1.23	11.5	6.28	17	16.68	22.5	33.62	28	58.08	33.5	75.01

**Figura 2-1:** Caudales para el vertedero triangular

Fuente: <http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusiondocumentos>



**Figura 3-1:** Vertedero triangular

Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/vertedortriang2/verttriang2.html>

**a) Cálculo de la Altura del Vertedero Triangular**

$$Q = 1.420H^{5/2}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal en m<sup>3</sup>/s

**H:** Altura del Agua en el Vertedero (m)

**1.420:** Constante adimensional

**b) Ancho de la Lámina Vertical y Ancho de Canal**

$$L = 2H$$

**Dónde:**

**H:** Altura del Agua en el Vertedero: (m)

**L:** Ancho de la *Lámina* Vertical y Ancho de Canal

**c) Caudal Promedio Unitario**

$$q = \frac{Q}{B}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de Diseño en m<sup>3</sup>/seg

**B:** Ancho del Canal: m (asumido)

**d) Altura Crítica**

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

**Dónde:**

**q:** Caudal Promedio Unitario: m<sup>3</sup>/seg.m

**g:** Gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

**e) Altura al Inicio del Resalto**

$$h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{p}{h_c}}}$$

**Dónde:**

**P:** Altura desde el vertical del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: (m)

**h<sub>c</sub>:** Altura crítica: (m)

**f) Velocidad al Inicio del Resalto**

$$V_1 = \frac{q}{h_1}$$

**Dónde:**

**q:** Caudal promedio unitario: m<sup>3</sup>/seg.m

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto: (m)

**g) Número de Froude**

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

**Dónde:**

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto: (m)

**V<sub>1</sub>:** Velocidad al inicio del resalto: m/s

**g:** Gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

**h) Altura del Agua Después del Resalto Velocidad al Final del Resalto**

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

**Dónde:**

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto: (m)

**F<sub>1</sub>:** Número de Froude: 4.800

**i) Velocidad al Final del Resalto**

$$V_2 = \frac{q}{h_2}$$

**Dónde:**

**q:** Caudal promedio unitario: m<sup>3</sup>/seg. m

**h<sub>2</sub>:** Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: (m)

**j) Energía Disipado en el Resalto**

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4(h_1 \times h_2)}$$

**Dónde:**

**h<sub>2</sub>:** Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: (m)

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto: (m)

**k) Longitud del Resalto**

$$L_m = 6(h_2 - h_1)$$

**Dónde:**

**h<sub>2</sub>:** Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: (m)

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto: (m)

**l) Distancia del Vertedero a la Sensación 1**

$$L' = 4.300 P \left( \frac{h_c}{P} \right)^{0.900}$$

**Dónde:**

**P:** Altura desde el vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: (m)

**h<sub>c</sub>:** Altura crítica: (m)

**m) Velocidad promedio en el resalto**

$$V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

**Dónde:**

$V_1$ : Velocidad al inicio del resalto: m/s

$V_2$ : Velocidad al final del resalto: m/s

**n) Tiempo de Mezcla**

$$T = \frac{L_m}{V_m}$$

**Dónde:**

$V_m$ : Velocidad promedio en el resalto: m/s

$L_m$ : Longitud del resalto: m

**o) Gradiente de Velocidad**

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

**Dónde:**

$T$ : Tiempo de mezcla: (s)

$h_p$ : Energía disipada en el resalto: (m)

$\sqrt{\gamma/\mu}$ : Relación de peso específico y viscosidad absoluta: (anexo)

#### 1.4.4.2 Medidor parshall

La canaleta Parshall cumple un doble propósito en las plantas de tratamiento de agua, de servir de medidor de caudales y en la turbulencia que se genera a la salida de la misma, servir de punto de aplicación de coagulantes. Se muestra esquemáticamente la canaleta, la cual consta de una contracción lateral que forma la garganta (W), y de una caída brusca en el fondo, en la longitud correspondiente a la garganta, seguida por un ascenso gradual coincidente con la parte divergente.



**Figura 4-1:** Medidor de parshall

Fuente:<https://www.google.com.ec/search?q=CANAL+PARSHALL>

Consta de cuatro partes principales:

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

Al inicio de la entrada, el piso tiene una elevación sobre el fondo del canal, con una pendiente pequeña y las paredes se van estrechando. Esta puede ser en línea recta o circular.

En la sección convergente, su fondo es horizontal y el ancho tiende a disminuir.

En la parte de la garganta el piso vuelve a bajar para finalmente conseguir una pendiente ascendente en la sección divergente.

En la parte del aforador, desde el inicio de la sección de entrada hasta la salida, el aforador tiene una sección rectangular.

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

**a) Grado de sugerencia (m/m)**

Para que la unidad no trabaje ahogada debe cumplir la condición de la (Tabla)

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

**Dónde:**

**S:** Sugerencia máxima (m/m)

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

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

**Tabla 4-1:** Parámetros para el ancho de la garganta

Ancho de la garganta(W)		Máxima Sugerencia (Hb/Ha)
Pulgada-pie	M	
3 a 9 pulgadas	0.075-0.229	0.600
1-8 pies	0.305-2.440	0.700
10-50 pies	3.050-15.250	0.800

Fuente: ARBOLEDA J. 2000. Teoría y Práctica de la purificación de las gargantas

La relación **Ha/W** deberá estar entre 0.400 y 0.800 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.

$$H_a/W = 0.400 \text{ y } 0.800$$

**Tabla 5-1:** Parámetros de diseño entre los valores de k y m con relación al ancho de la garganta

Ancho de la garganta (W)		K	M
Pulgada-Pie	Metros		
3"	0.075	3.704	0.646
6"	0.150	1.842	0.636
9"	0.229	1.486	0.633
1'	0.305	1.276	0.657
1.500'	0.460	0.966	0.650
2'	0.610	0.795	0.645

3'	0.915	0.608	0.639
4'	1.220	0.505	0.634
5'	1.525	0.436	0.630
6'	1.830	0.389	0.627
8'	2.440	0.324	0.623

Fuente: CEPIS. 1992. Criterios de Diseño de Plantas Potabilizadoras de Agua. Tomo V

#### b) Cálculo de la Altura de Flujo de Agua

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

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/s

**K:** Constante adimensional: (tablas)

**m:** Constante adimensional: (tablas)

#### c) Cálculo de la Altura de Cresta (Ha)

$$H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1.570} \times W^{0.026}}}{(0.372 \times W) \frac{1}{Q^{1.570} \times W^{0.026}} \times 3.281}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/s

**W:** Ancho de la garganta: (m)-(tabla)

#### d) La Velocidad en la Sensación de Medición

$$V_o = \frac{Q}{H_o \times D^1}$$

**Dónde:**

**H<sub>o</sub>:** Altura de agua en la sensación de medición: m

**D<sup>1</sup>:** Ancho de la sensación de medición: (m)- (anexo)

**Q:** Caudal de agua: m<sup>3</sup>/s

**e) Carga Hidráulica Disponible**

$$E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

**Dónde:**

**V<sub>o</sub>:** Velocidad en la sensación de medición: m/s

**g:** Gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

**H<sub>o</sub>:** Altura de agua en la sensación de medición: m

**N:** Dimensiones de la canaleta: (ver Anexo)

**f) Cálculo de la Altura de Garganta (Hb): tomando**

$$H_b = S \times H_a$$

**Dónde:**

**H<sub>a</sub>:** Altura de agua de la cresta: (m)

**S:** Sugerencia máxima: (m/m)

**g) Calculo de Perdida de Carga**

$$p = \frac{5.072}{(W + 4.570)^{1.460}} (1 - S) 0.720 \times Q^{0.670}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/s

**W:** Ancho de la garganta: (m)

**S:** Sumergencia máxima: (m/m)

### **1.4.5 Coagulación**

Se denomina coagulación al proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua, para potenciar la etapa de decantación o espesado en la que esas partículas deben separarse del agua. La desestabilización se consigue neutralizando sus cargas eléctricas negativas sobre su superficie, haciendo que repela las partículas vecinas, como se repelan mutuamente dos polos negativos.

Normalmente, las partículas a coagular proceden:

- ❖ Del suelo, por arrastre de minerales en disolución
- ❖ De descomposición de materia orgánica natural en los cursos de agua
- ❖ De vertidos domésticos e industriales

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

#### **1.4.5.1 Tipos de coagulantes**

Un buen rendimiento operacional depende de la selección de un determinado tipo de compuesto químico, entre los diferentes tipos de coagulantes usados en el tratamiento son:

#### **Sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ):**

Se obtiene de la reacción mineral de bauxita o arcillas ricas en óxidos de aluminio  $Al_2O_3$  con ácido sulfúrico. Se conoce como alúmina o alumbre. Reacciona con la alcalinidad del agua y con los fosfatos. Fue el coagulante más utilizado aunque actualmente se ha eliminado debido a los problemas de operacionalidad y taponamientos de tuberías por la sedimentación de aluminio en el interior.

**Sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>):**

Se usa generalmente junto con la cal (CaO) o junto con el cloro para llevar a cabo una coagulación efectiva. La reacción del FeSO<sub>4</sub> con la cal hidratada se ve favorecida a pH altos.

**Sulfato férrico (Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)**

Disponible comercialmente en forma granular, muy soluble en agua. Puede reaccionar con la alcalinidad del agua o con materiales alcalinos añadidos como la cal.

**Cloruro férrico (FeCl<sub>3</sub>):**

Está disponible en fase sólida y líquida. Se genera por la oxidación del sulfato ferroso con cloro. Tiene la ventaja de que la coagulación puede ser llevada bajo diferentes pH (entre 4, 8 y 11). Reacciona con la alcalinidad del agua y con los compuestos alcalinos añadidos.

**Policloruro de aluminio PAC:**

Siendo el más utilizados el Policloruro de aluminio PAC; cuando se adiciona se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos, reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio que son insolubles formando los precipitados.

Es el resultado de un proceso complejo y controlado de fabricación, comúnmente denominado Policloruro de aluminio, polihidroxiclورو de aluminio, cloruro de polialuminio, cloruro de aluminio polibásico, cloruro básico de aluminio, clorhidróxido de aluminio, oxiclورو de aluminio, entre otros.

Presenta ciertas ventajas frente a los coagulantes comunes:

- Mayor potencia de coagulación.
- Mayor velocidad de coagulación y floculación.
- Menor gasto de coagulantes especialmente de turbiedad alta.
- No importa el aluminio disuelto en agua.
- Se obtiene la menor turbiedad final del proceso.
- Menor consumo de álcalis.
- Es efectivo en un amplio rango de pH.
- Igual rendimiento a distintas temperaturas.

Algunos fabricantes ofrecen diferentes tipos de PAC según sea su contenido de óxidos útiles o su basicidad. Son distribuidos al granel mediante carro tanques o en contenedores plásticos, éstos se deben almacenar en bodegas amplias y ventiladas con temperatura ambiente entre 0 y 40 °C, y no exponerlos al sol.

#### *1.4.5.2 Factores que influyen en la coagulación*

En la coagulación influyen un conjunto de factores, los principales son:

- ❖ Tipo y cantidad de coagulante: Aunque hay una relación entre la turbidez del agua bruta y la dosis de coagulante, la cantidad se debe efectuar mediante ensayos para evitar sobredosificaciones que rompan la adsorción superficial.
- ❖ pH del agua: Para cada coagulante, existe una zona de pH donde se produce una buena floculación y una buena dosis de coagulante en plazo corto para optimizar productos y rendimientos.
- ❖ Tiempo de mezcla y floculación (periodo de coagulación): Es el tiempo transcurrido entre la adición de coagulante y el final de la agitación a una velocidad que impida la decantación de las materias floculadas.
- ❖ Temperatura del agua: La temperatura influye en el tiempo requerido para una buena formación de coágulos, (más fría, más tiempo)
- ❖ Agitación y presencia de núcleos (sólidos en suspensión)

El coagulante debe distribuirse de manera uniforme en toda la masa de agua, para que la mezcla se realice en una forma completa. Para que este resultado se obtenga, el coagulante tiene que ser aplicado en una zona de gran turbulencia. A esta zona le denomina mezcla rápida.

La coagulación es utilizada en las aguas crudas naturales que contienen dos tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos y disueltos. Los sólidos suspendidos que están conformados por limo fino, bacterias, partículas causantes de turbiedad, etc. Los cuales no sedimentan en períodos razonables y su causa se traduce en el color y turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación. Los sólidos disueltos, materia orgánica e inorgánica son invisibles separadamente, pero generalmente son las causantes de olor, color y sabor, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos.

El proceso de coagulación se utiliza para remover del agua:

- ❖ El color
- ❖ La turbiedad
- ❖ Las bacterias
- ❖ Los virus
- ❖ Las algas
- ❖ Otras partículas que se remueven con el coagulante

#### *1.4.5.3 Dosificación del coagulante*

La dosificación de coagulante es muy variable en los diferentes ámbitos, siendo necesario establecer un valor óptimo mediante pruebas de laboratorio y ajustes de fábrica. Dentro de las pruebas de laboratorio, destaca el ensayo Jar-Test. La importancia del ensayo deriva de su facilidad de realización, interpretación y versatilidad al estudiar diferentes parámetros que influyen en el proceso de coagulación – floculación, determinando:

- Selección de coagulantes y/o floculantes
- Dosificación óptima
- Determinación de los puntos de dosificación
- Fijación de un pH óptimo de coagulación
- Ajuste de velocidades y tiempos de agitación
- Incidencia de otros reactivos

El coagulante empleado es el Policloruro de Aluminio (PAC), y la dosificación del PAC se realiza de la siguiente forma:

**a) Calculo de la Cantidad Requerida de PAC**

$$C_1 \rightarrow P_1$$

$$C_2 \rightarrow X = P_2$$

**Dónde:**

$P_1$ : Cantidad inicial de PAC: Kg

$C_1$ : Concentración inicial de PAC: g/L

$C_2$ : Concentración de PAC requerido: g/L

**b) Calculo del Volumen Requerido de Agua**

$$P_1 \rightarrow V_1$$

$$P_2 \rightarrow X = V_2$$

**Dónde:**

$P_1$ : Cantidad inicial de PAC: Kg

$V_1$ : Volumen de dilución inicial: L

$P_2$ : Cantidad de PAC requerido: Kg

**c) Concentración de la Solución**

$$C_{\text{Sin}} = \frac{P_2}{V_2}$$

**Dónde:**

$P_2$ : Cantidad de PAC requerido: Kg

$V_2$ : Volumen de dilución requerido: L

#### d) Caudal de Dosificación

$$Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Sin}} \times Q_d$$

**Dónde:**

$C_{PAC}$ : Concentración de PAC: g/L

$C_{Sin}$ : Concentración de la solución: g/L

$Q_d$ : Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/h

Transformando m<sup>3</sup>/h a ml/min para ver el goteo de la solución de PAC. Se debe aforar en un vaso de precipitación la cantidad de la solución en ml mediante la utilización de un cronometro y el goteo es el volumen resultante que se requiere para disminuir la turbiedad.

#### 1.4.6 Floculación

La floculación consiste en la aglomeración de partículas desestabilizadas en los floculadores primero en microflóculos, formados en el proceso de coagulación se aglutinan formando flóculos, mediante la agitación moderada del agua.

Después que el coagulante ha sido uniformemente difundido en la masa de agua cruda, se requiere un período de acondicionamiento, con el fin de que los microflóculos formados puedan aumentar de tamaño. Esto se consigue por medio de una agitación suave del agua tendiente a que las partículas entren en contacto y se adhieran unas a otras, dando origen al floculo sedimentable. Lo ideal para la formación del floculo es una agitación moderada continua decreciente, ya que el floculo se hace más frágil a medida que crece. La velocidad óptima debe variar entre 0,15 a 0,40 m/seg.

Los canales con desviadores o tabiques, son estructuras que obligan a la corriente de agua a cambios de dirección, ya sea vertical u horizontal, producen la agitación deseada. La experiencia indica que la velocidad óptima para la floculación en este tipo de dispositivos, varía de 0,30 a 0,40 m/seg.

De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos, los que deben

adquirir un tamaño y densidad adecuados al proceso de remoción que sigue: clarificación por sedimentación o por flotación y/o filtración.

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

**Floculación Pericinéctica:** Por el propio movimiento de las partículas (movimiento browniano). En este caso se habla de Floculación pericinéctica o por convección natural, que sólo influye en partículas de tamaños menores a un micrón.

**Floculación Ortocinéctica:** Contactos por turbulencia del líquido, o por el movimiento del fluido que contiene a las partículas. Esta turbulencia causa el movimiento de las partículas a diferentes velocidades y direcciones, lo cual aumenta la probabilidad de colisión.

#### *1.4.6.1 Factores que influyen en la floculación*

**Concentración y naturaleza de las partículas:** La velocidad de formación del floculo es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas.

**Tiempo de detención:** La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayos de jarras, esto se puede lograr dividiendo la unidad de floculación en cámaras. Por razones de orden práctico el número de cámaras no puede ser muy grande, estableciéndose un mínimo de tres (3) unidades.

**Gradiente de velocidad:** Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floc. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados.

En el proceso de floculación pueden emplearse los floculadores hidráulicos y mecánicos. Entre los floculadores hidráulicos que pueden ser implementados están los de flujo horizontal, flujo vertical, flujo helicoidal y Alabama.

Los floculadores hidráulicos más utilizados son los de pantallas, de flujo horizontal o de flujo vertical.

#### 1.4.6.2 Floculadores de flujo horizontal



**Figura 5-1:** Floculadores de flujo horizontal

Fuente: <https://www.google.com.ec/search?q=FLOCULADOR+HORIZONTAL+&imgrc>

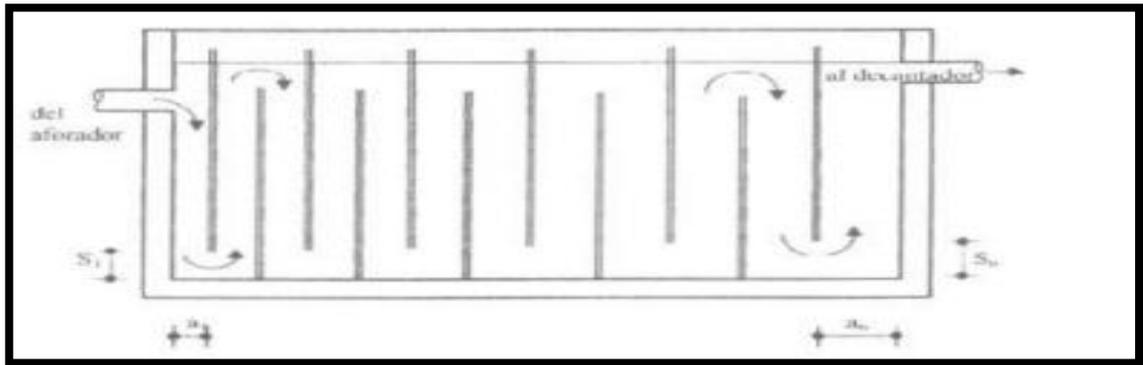
Para utilizar floculador de flujo horizontal, el tanque debe estar dividido por pantallas de concreto u otro material adecuado, dispuesto de forma que el agua haga un recorrido de ida y vuelta alrededor de las mismas. Debe dejarse suficiente espacio para la limpieza de los canales; si éstos son muy estrechos las pantallas deben ser removibles.

##### 1.4.6.2.1 Parámetros de recomendación de diseño de flujo horizontal

- Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo.
- Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.
- Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto, cemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación.
- Entre los materiales indicados para las pantallas, los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, los tabiques de concreto prefabricados y la madera.
- La elección del material dependerá del tamaño de la planta, del costo del material y de los recursos disponibles. Si se empleara madera, se pueden disponer tabiques de madera machihembrada.

- También puede emplearse madera revestida con una capa de fibra de vidrio. La unidad puede tener una profundidad de 1,00 a 2,00 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.

#### 1.4.6.3 Floculador de flujo vertical



**Figura 6-1:** Floculador de flujo vertical

Fuente: [http://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria](http://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria)

En el floculador de flujo vertical el agua debe fluir por encima y por debajo de las pantallas que dividen el tanque. La unidad puede tener una profundidad de 2 m a 5 m, debe dejarse una abertura en la base de cada pantalla con un área equivalente al 5% del área horizontal del compartimiento, para prevenir la acumulación de lodos. Es un floculador ideal para plantas de medianas a grandes, porque debido a la mayor profundidad que requieren estas unidades, ocupan áreas más reducidas que los canales de flujo horizontal. Otra ventaja importante es que el área de la unidad guarda proporción con respecto a los decantadores y filtros, con lo que resultan sistemas más compactos y mejor proporcionados.

##### 1.4.6.3.1 Parámetro de recomendación para flujo vertical

- Las unidades de flujo vertical son recomendables para plantas de capacidad mayor de 50 L/s
- Se proyectan para profundidades de 3 a 4 m, ya que ocupan un área menor que las unidades de flujo horizontal.
- Los tabiques pueden ser de fibra de vidrio, prefabricados de concreto, de madera o de asbesto-cemento.
- El gradiente de velocidad en los canales no deberá ser menor de 20 s<sup>-1</sup>.

- Para la acumulación de lodos en el fondo y facilitar el vaciado del tanque, se recomienda una abertura equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimiento en la base de cada tabique que llega hasta el fondo.
- De la misma manera que en las unidades de flujo horizontal, se debe tener cuidado en el ancho de la unidad para que en el diseño de los tramos con bajos gradientes de velocidad, las pantallas se entrecrucen por lo menos en 1/3 de la altura útil. Así se evitará la formación de espacios muertos.

Para el diseño de nuestra planta utilizaremos un Floculador de flujo horizontal se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

**a) Longitud de Canales**

$$L_c = V \times T \times 60$$

**Dónde:**

**T:** Tiempo de retención: min

**V:** Velocidad de fluido: m/s

**b) Área de los Canales del Floculador**

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

**Dónde:**

**Q:** Caudal del agua: m<sup>3</sup>/s

**V:** Velocidad del Fluido: m/s

**c) Ancho de Canales del Floculador**

$$a = \frac{A}{H_u}$$

**Dónde:**

**A:** Área de los canales del Floculador: m<sup>2</sup>

**H<sub>u</sub>:** Altura de agua en la unidad: m

**d) Ancho de Vueltas del Floculador**

$$d = 1.500 \times a$$

**Dónde:**

**a:** Ancho de los canales de floculación: m

**e) Ancho del Floculador**

$$B = 3b + d$$

**Dónde:**

**b:** Ancho útil de la lámina: m.

**d:** Ancho de los canales de floculación: 0.245 m

**f) Número de Canales**

$$Nc = \frac{L_c}{B}$$

**Dónde:**

**B:** Ancho del Floculador: m

**L<sub>c</sub>:** Longitud de canales: m

**g) Longitud del Floculador**

$$L = (Nc \times a) + (Nc - 1) e$$

**Dónde:**

**Nc:** Número de canales: Unid.

**a:** Ancho de los canales de floculación: m

**e:** Espesor de las láminas: m.

**h) Perímetro Mojado de las Secciones del Tramo**

$$P = 2Hu + a$$

**Dónde:**

**Hu:** Altura de agua en la unidad: m

**a:** Ancho de los canales de floculación: m

**i) Radio Medio Hidráulico**

$$r = \frac{A}{P}$$

**Dónde:**

**A:** Área de los canales del Floculador: m<sup>2</sup>

**P:** Perímetro mojado de las secciones: m

**j) Perdida de Carga continua en los Canales**

$$h_1 = \left[ \frac{n * V}{r^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * L_c$$

**Dónde:**

**V:** Velocidad del fluido: m/s

**n:** Coeficiente de Manning: 0.013

**r:** Radio medio hidráulico: m

**L<sub>c</sub>:** Longitud de canales: m

### k) Pérdida de Carga Continúa en las Vueltas

$$h_2 = \frac{K \times V^2 (N_c - 1)}{2g}$$

**Dónde:**

**K:** Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas: Unid.

**V:** Velocidad de fluido: m/s

**N<sub>c</sub>:** Número de canales: Unid.

**g:** Aceleración de la gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

### l) Pérdida de Carga Total en el Último Tramo

$$h_f = h_1 + h_2$$

**Dónde:**

**h<sub>2</sub>:** Pérdida de la carga en los canales: m

**h<sub>1</sub>:** Pérdida de carga en las vueltas: m

### m) Gradiente de Velocidad

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_f}{T}}$$

**Dónde:**

$\sqrt{\gamma/\mu}$ : Relación peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010

**h<sub>f</sub>:** Pérdida de carga total: m

**T:** Tiempo de retención: seg.

**G:** Gradiente de velocidad, ( $S^{-1}$ )

#### **1.4.7 Sedimentación**

Los sedimentadores que pueden emplearse son el de flujo horizontal y flujo vertical. También puede realizarse la sedimentación en unidades con manto de lodos, los que a su vez se dividen en sedimentadores de manto de lodos de suspensión hidráulica y sedimentadores de manto de lodos de suspensión mecánica. Puede además emplearse los sedimentadores de alta tasa.

Para los niveles bajo y medio de complejidad se acepta el empleo del sedimentador de flujo horizontal o de alta tasa, no se acepta para ningún caso los sedimentadores de manto de lodos de suspensión mecánica o hidráulica.

Por lo general, los tanques de sedimentación no se proyectan con remoción mecánica de lodos por su costo y por consiguiente, deben ser removidos a intervalos que varían de algunas semanas a varios meses dependiendo de la turbiedad y la temperatura del agua por posible descomposición de los lodos. Para este tipo de tanque se diseñan sistemas de drenaje que incluyen una o varias canaletas con pendiente hacia los extremos o centro de la unidad.

Cuando las aguas a tratar tienen gran turbiedad, se recomienda diseñar los tanques de sedimentación con limpiadores mecánicos continuos. Pueden ser de movimiento circular o longitudinal. El primer tipo se usa en tanques cuadrados o circulares, en los cuales hay dispositivos especiales con rastrillos raspadores que giran en torno a un eje, desplazando los lodos al centro del tanque. En los tanques rectangulares, el dispositivo se desliza en sentido longitudinal contrario al escurrimiento del agua. La velocidad de desplazamiento del sistema que remueve los lodos no debe permitir que se levante nuevamente el sedimento. La velocidad máxima para esta operación es de 0,30 m/seg. Para barros muy floculables se requieren velocidades más bajas aún.

El rendimiento de la sedimentación es función, entre otros factores, de la cantidad y tipo de coagulante, características del sedimento que se encuentra en suspensión. El rendimiento

bacteriano y parasitario en general es similar al rendimiento de la sedimentación de los sólidos suspendidos.

Para que el estudio de un tanque de sedimentación sea más sencillo, y considerante uno de flujo continuo se puede dividir en cuatro zonas:

- Una zona de entrada, en la que el flujo entrante y la materia suspendida se dispersa a través de la sección transversal en ángulo recto al flujo.
- Una zona de sedimentación en la que las partículas en suspensión se sedimentan dentro del agua sujeta a flujo.
- Una zona de fondo, en la que los sólidos removidos se acumulan y se extraen de ahí como flujo inferior.
- Una zona de salida, en la que el flujo y las partículas en suspensión remanente se llevan al conducto del efluente.

#### *1.4.7.1 Manejo de lodos del sedimentador*

##### *1.4.7.1.1 Evacuación periódica*

En todos los casos, el fondo debe tener una pendiente mínima del 5% hacia las bocas de desagüe colocadas en el piso y éstas no deben quedar a más de 10 m del punto más alejado de recolección.

Este volumen muerto debe ser del 10 al 20% del volumen total del tanque para decantadores de flujo horizontal, en decantadores de placas no debe ser inferior al 50% del volumen total del tanque para que los procesos de llenado y vaciado no sean demasiado frecuentes.

##### *1.4.7.1.2 Remoción hidráulica*

Los métodos hidráulicos deben dejar escurrir gravitacionalmente el lodo hasta las bocas de salida y de ahí extraerlo, en este caso el lodo se mueve por su propio peso y las bocas de salida están quietas. Es especialmente apropiada para decantadores de alta tasa debido a su menor área construida que permite atolvar los fondos sin que el costo sea excesivo.

Puede proyectarse el uso de tolvas para la remoción hidráulica de los lodos, entre las cuales tenemos, las tolvas continuas y tolvas separadas para cada orificio de drenaje. Como no se puede colocar una válvula en cada orificio deben unirse por medio de un múltiple aspirador.

En el diseño de las tolvas se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Es recomendable darle a las tolvas una inclinación de 50° a 60° para material floculado y de 40° a 50° para material no floculado, ya que se ha demostrado que en estos rangos rara vez se permite adhesión de fangos a las paredes.
- El volumen de lodos recolectados en relación al tamaño de la tolva. Para el correcto funcionamiento de las tolvas deben conocerse el volumen de lodos que deben depositarse en ellas a fin de poder dimensionar tanto su forma y capacidad.
- En los sedimentadores de placas la tolva debe acomodarse de tal manera que exista una fácil circulación peatonal entre el tope de dichas tolvas y la parte inferior de las placas (mínimo 1.50 m).

#### *1.4.7.2 Tratamiento*

##### *1.4.7.2.1 Espesado gravitacional*

Deben adicionarse polímeros para incrementar el tamaño de partícula, reducir los sólidos en el agua de lavado retenida de tal forma que se aumente la velocidad de sedimentación.

#### *1.4.7.3 Descarga*

##### *1.4.7.3.1 Alcantarillados sanitarios*

Debe coordinarse con las autoridades locales, considerando el impacto en el medio ambiente y el volumen de lodos existente en las aguas de descarga. Para descargarlos en alcantarillados (con o sin tratamiento) debe verificarse que los posibles daños a éste no resultan significativos.



**Figura 7-1:** Sedimentador de alta tasa

Fuente:<https://www.google.com.ec/search?q=SEDIMENTADOR+DE+ALTA+TASA&imgcr=rOP8cVgOpMKtXM%253A%3Bb-f0rR->

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

**a) Área de Sedimentación**

$$C_s = \frac{Q}{A_s}$$

**Dónde:**

**$C_s$ :** Carga superficial de sedimentación:

**Q:** Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/s

**b) Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinas**

$$V_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño:

**A<sub>s</sub>:** Área de sedimentación: m<sup>2</sup>

**θ:** Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60°

**c) Longitud Relativa del Sedimentador**

$$Lr = \frac{I}{d_p}$$

**Dónde:**

**I:** Longitud recorrida a través del elemento (placa): m

**d<sub>p</sub>:** Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: m

**d) Numero de Reynolds**

$$Re = \frac{V_o \times d_p}{\nu}$$

**Dónde:**

Se trabaja con una temperatura del agua de 15°C

**V<sub>o</sub>:** Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: m/s

**d<sub>p</sub>:** Ancho del conducto o espacio entre placas: m

**ν:** Viscosidad cinemática: m<sup>2</sup>/s

**e) Longitud de transición**

$$L' = 0.013 \times Re$$

**Dónde:**

**Re:** Número de Reynolds: m

**f) Longitud Relativa del Sedimentador de Alta Tasa Corregida en la Longitud de Transición**

$$L_{cr} = L_r - L'$$

**Dónde:**

**L<sub>r</sub>:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: m

**L':** Longitud de transición: m

**g) Velocidad de Sedimentación Crítica**

$$V_{sc} = \frac{S_c \times V_o}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$$

**Dónde:**

**S<sub>c</sub>:** Parámetros característicos; iguales a 1.0 para sedimentadores de placas paralelas

**V<sub>o</sub>:** Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: m/s

**θ:** Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60°

**L<sub>cr</sub>:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: m

**h) Tiempo de Retención en las Placas**

$$t_{rp} = \frac{I}{V_o}$$

**Dónde:**

**I:** Longitud recorrida a través del elemento (placa):

**V<sub>o</sub>:** Velocidad promedio de fluido en el sedimentador: m/s

**i) Tiempo de Retención en el Tanque de sedimentación**

$$t_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño: m<sup>3</sup>/s

**A<sub>s</sub>:** Área total: m<sup>2</sup>

**H<sub>s</sub>:** Altura total: m

**j) Ancho del Sedimentado**

$$b_s = \sqrt{\frac{A_s}{5}}$$

**Dónde:**

**A<sub>s</sub>:** Área de sedimentador: m<sup>2</sup>

**k) Longitud de sedimentación**

$$L_s = \frac{A_s}{b_s}$$

**Dónde:**

**A<sub>s</sub>:** Área de sedimentación: m<sup>2</sup>

**b<sub>s</sub>:** Ancho del sedimentador: m

**l) Número de Placas por Modulo**

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + d_s}{d_s + ep}$$

**Dónde:**

$L_s$ : Longitud de sedimentación: m

$\theta$ : Angulo de sedimentación de las placas:  $60^\circ$

$d_s$ : Separación entre placas:

$ep$ : Espesor de las placas:

**m) Volumen del Sedimentador**

$$Vd = Ls \times b_s \times h$$

**Dónde:**

$Ls$ : Longitud del sedimentador: m

$b_s$ : Ancho del sedimentador: m

$h$ : Altura del sedimentador:

**1.4.8 Filtración**

Para la depuración de las aguas se emplearon filtros lentos de arena. Por medio de su utilización, se puede eliminar impurezas existentes y disminuir drásticamente personas enfermas con el cólera.

De esta manera, aquellas aguas que tengan un aspecto turbio, son pasadas por materiales filtrantes y mejorar las condiciones del agua mediante este proceso. En estos filtros, se desarrollan bacterias que ayudan con la eliminación de parásitos causantes de enfermedades en las aguas turbias a filtrar. Los elementos que intervienen en la filtración son:

- ❖ Medio filtrante
- ❖ Fluido con sólidos en suspensión
- ❖ Una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar
- ❖ Dispositivos mecánicos, que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza

#### 1.4.8.1 Elección del tipo de filtración

La elección entre los diversos tipos de filtración sobre soporte y la filtración sobre lecho filtrante, depende de diversos criterios:

- ❖ Características del líquido a filtrar, de sus impurezas y de su evolución con el tiempo;
- ❖ Calidad del filtrado que debe obtenerse y tolerancias admitidas;
- ❖ Calidad del aglomerado de las materias retenidas, si se tiene como fin su recuperación;
- ❖ Condiciones de instalación;
- ❖ Posibilidades y medios disponibles para el lavado.

Las diversas soluciones se diferenciarán en los costes de instalación y en los costes de explotación, estando éstos, además, relacionados con las condiciones del líquido a filtrar, la forma de lavado, el grado de automatismo y de control, etc.

En la elección de un filtro es tan importante un lavado fácil, eficaz y económico, como la obtención de la mejor calidad de agua filtrada, ya que esta última sólo se obtendrá, de forma constante, si el lavado mantiene siempre intacto el material filtrante.

Este proceso se puede realizar por filtración rápida o filtración lenta. La filtración rápida se divide en filtración ascendente y descendente. Puede filtrarse por gravedad o por presión, el lavado puede ser intermitente o continuo. También puede emplearse la filtración lenta sola o con diversas etapas de pre-filtración.

##### 1.4.8.1.1 Filtración Rápida

Debe filtrarse agua previamente tratada (coagulación y/o floculación con o sin sedimentación o flotación) para lograr la remoción de las últimas partículas que no hayan sido retenidas por el sedimentador.

Estas unidades se clasifican en dos grupos: filtros rápidos de flujo descendente y flujo ascendente. El flujo a través de los medios filtrantes debe pasar por gravedad. No se aceptan filtros a presión para municipios.

#### 1. Filtros rápidos de flujo descendente

En el diseño de la unidad deben considerarse los siguientes componentes:

- Sistema de entrada de agua

- Medio filtrante
- Caja del filtro
- Sistema de drenaje
- Sistema efluente
- Sistema de lavado del filtro

## 2. Filtros rápidos de flujo ascendente

- El agua cruda debe entrar por debajo del lecho y asciende para descargar en un sistema efluente.
- Puede hacerse lavado continuo o lavado intermitente.

Entre los filtros rápidos se tiene:

### a) *Filtración directa*

La filtración puede ser de contacto (sin floculación, ni sedimentación) o filtración directa propiamente dicha (sin sedimentación pero con coagulación-floculación total o parcial). En este proceso debe trabajarse con una coagulación por neutralización de cargas diferente de la coagulación de barrido. El agua cruda debe tener una turbiedad y un color inferiores a 8 UNT y 30 UC respectivamente el 90% del tiempo

### b) *Filtración convencional*

Debe utilizarse como pulimento final de los procesos de mezcla rápida, floculación y sedimentación. Generalmente se emplea cuando se ha realizado una coagulación de barrido. La turbiedad de ingreso a los filtros no debe ser mayor de 8.0 UNT y el color no mayor de 20 UC.

#### 1.4.8.1.2 *Filtración lenta*

El uso de plantas de filtración lenta debe ser considerado preferentemente en los niveles bajo y medio de complejidad.

La unidad de filtración lenta debe constar de un tanque que contiene una capa sobrenadante de agua cruda, de un lecho de arena filtrante, de un sistema de drenaje y de un juego de dispositivos de regulación y control del filtro.

El material poroso del lecho filtrante puede ser cualquier material estable; el material granular que se recomienda emplear es la arena, por ser un material barato, inerte, durable, disponible y que ofrece muy buenos resultados.



**Figura 8-1:** Filtro lento de arena y grava

Fuente:<https://www.google.com.ec/search?q=FILTROS+DE+ARENA+Y+GRAVA>

La filtración lenta en diversas etapas combina dos etapas de pre-tratamiento en medios gruesos (filtro grueso dinámico y filtro grueso ascendente) y un tratamiento en filtros lentos de arena. Las etapas de pre- tratamiento permiten enfrentar las concentraciones de sólidos suspendidos y microorganismos presentes en el agua cruda, mientras que la filtración lenta en arena es una etapa de pulido o tratamiento final antes de la desinfección como barrera de seguridad.

Para el diseño de un filtro de la planta se tomara en cuenta las siguientes condiciones:

**a) Superficie filtrante requerida**

$$Sf = \frac{Q}{Tf}$$

**Dónde:**

**Q:** Caudal de diseño:  $m^3/h$

**Tf:** Tasa de filtración:  $m^3/m^2h$

**b) Área de Filtración**

$$A_f = \frac{S_t}{n}$$

**Dónde:**

**S<sub>f</sub>:** Superficie filtrante requerida: m<sup>2</sup>

**n:** Numero de filtros deseados: Unid.

**c) Determinación del Número de Módulos de Filtración**

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{A_f}$$

**Dónde:**

**A<sub>f</sub>:** Área filtrante: m<sup>2</sup>

**d) Determinación del Área de Cada Unidad**

$$A_i = \frac{A_f}{nf}$$

**Dónde:**

**A<sub>f</sub>:** Área de filtración: m<sup>2</sup>

**nf:** Numero de filtros calculados: Unid

**Determinación de las Dimensiones del Filtro**

Para determinar el ancho y la longitud del filtro se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

**e) Determinación de la Longitud de la Unida**

$$a_f = \left( \frac{2 \times nf \times A_i}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

**Dónde:**

**Ai:** Área de unidad: m<sup>2</sup>

**nf:** Número total de unidades de filtración: Unid.

**f) Calculo para el Ancho de la Unidad**

$$b_f = \left[ \frac{(nf + 1) \times Ai}{2 \times nf} \right]^{0.5}$$

**Dónde:**

**Ai:** Area de unidad filtrante: m<sup>2</sup>

**nf:** Número total de unidades de filtración: Unid.

**g) Calculo de la Longitud Total de Pared**

$$L_{tp} = (2 \times b_f \times nf) + a_f \times (nf + 1)$$

**Dónde:**

**nf:** Número total de unidades de filtración: Unid.

**b<sub>f</sub>:** Ancho de la unidad: m

**a<sub>f</sub>:** Longitud de filtración: m

**h) Calculo de la Longitud Mínima de Pared**

$$L_m = 2 \times a_{f'} \times (nf + 1)$$

**Dónde:**

**nf:** Número total de unidades de filtración: Unidad.

**a<sub>f'</sub>:** Longitud de pared común por unidad: m

**i) Tubería de Entrada al Filtro**

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

**Dónde:**

**Q<sub>i</sub>:** Caudal de diseño para cada filtro: m<sup>3</sup>/s

**v:** Velocidad de la tubería: m/s

**Sistema de Drenaje**

Los parámetros que se manejan para el sistema de drenaje se muestran en los (Anexos 10)

**j) Área de Cada Orificio**

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

**Dónde:**

**D:** Diámetro de tubería: m

**k) Caudal que Ingresa a Cada Orificio**

$$Q_o = A_o \times v_o$$

**Dónde:**

**v<sub>o</sub>:** Velocidad de orificio: m/s

**A<sub>o</sub>:** Área de cada orificio: m<sup>2</sup>

**l) Numero de Laterales**

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

**Dónde:**

**L<sub>pt</sub>:** Longitud total del filtro: m

**el:** Separación entre laterales: m

**n:** Numero de laterales por lado: Unid.

**m) Separación Entre Orificios**

$$\# \text{Orificios} / \text{Laterales} = 2 \times \frac{\text{LI}}{e}$$

**Dónde:**

**LI:** Longitud de cada lateral: m

**e:** Espacio entre orificios: m

**n) Número Total de Orificios**

$$\# \text{ Total de orificios} = \# \text{ laterales} \times \# \text{Orificios} / \text{Laterales}$$

**Dónde:**

**# Laterales:**

**# Orificios / Lateral:**

**o) Área Total de Orificios**

$$\text{Ato} = \text{Ao} \times \# \text{total de orificios}$$

**Dónde:**

**Ao:** Area de cada orificio: m<sup>2</sup>

**1.4.9 Desinfección**

La calidad microbiológica del agua se puede mejorar con el mantenimiento de la fuente y tratando el agua cruda. No obstante, en los casos en los que las aguas crudas no son de buena calidad, es indispensable la desinfección para poder tener la seguridad de que el agua es consumible desde el punto de vista microbiológico.

Los métodos de desinfección pueden ser físicos o químicos.

Entre los métodos químicos más comunes tenemos:

- ❖ La adición de ozono y más comúnmente,
- ❖ El cloro y sus derivados

El cloro es un agente oxidante que reacciona rápidamente con la materia orgánica e inorgánica. El cloro actúa como algicida, bactericida y en menor medida virucida, mejorando la capacidad de los procesos de coagulación y floculación, favoreciendo la formación de flóculos.

El cloro (Cl<sub>2</sub>) es un gas tóxico, más denso que el aire, de color verde amarillento. Es un producto muy oxidante que puede reaccionar con diferentes compuestos. En presencia de humedad, es extremadamente corrosivo, por ese motivo las tuberías y materiales que son usados para las plantas de tratamiento del agua son especiales.

El hipoclorito cálcico (Ca (ClO)<sub>2</sub>) es un sólido blanco con contenido de 20 y el 70% de cloro activo. Es muy corrosivo y que puede inflamarse al entrar en contacto con ciertos compuestos ácidos. Sin embargo, presenta dos ventajas respecto al hipoclorito sódico: contiene mayor concentración de cloro y estabilidad. Para ser utilizado, se diluye con agua para obtener una solución de concentración más manejable, por ejemplo, 2%.

Para la desinfección del agua usaremos el hipoclorito de calcio (HTH) y para la dosificación necesaria recurrimos diferentes ecuaciones:

**a) Cantidad de HTH lb/día**

$$\text{Lb/día} = 0.012 \times Q_d \times C$$

**Dónde:**

**0.012:** Constante adimensional

**Q:** Caudal de diseño: gpm

**C:** Concentración de HTH:

**b) Volumen HTH**

$$V = \frac{m}{\rho_{HTH}}$$

**Dónde:**

**m:** Cantidad de HTH:

**$\rho_{\text{HTH}}$ :** Densidad de HTH:

**c) Volumen de HTH al 65%**

$$V \rightarrow 8,5\%$$

$$X = V_1 \rightarrow 65\%$$

**Dónde:**

**V:** Volumen de HTH:

**d) Volumen de Agua Requerida para Diluir la Solución Madre**

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

**Dónde:**

**V1:** Volumen de solución madre:

**C1:** Concentración de la dosificación de HTH:

**C2:** Concentración de HTH:

**e) Volumen Total de la Solución**

$$V_T = V_1 + V_2$$

**Dónde:**

**V1:** Volumen (solución madre: ml)

**V2:** Volumen de agua para diluir la solución madre: (L)

Transformando los L/día a ml/ min podremos obtener el goteo de la solución de HTH en ml que necesitamos para desinfectar el agua a tratar.

## **1.5 Diseño**

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia Vinchoa, mejorando la calidad del agua empleada que cumpla los requisitos establecidos en la normas de calidad NTE INEN 1108:2006

### **1.5.1 Generalidades**

Para lograr una integración entre los procesos de tratamiento de agua con la rentabilidad económica y lograr satisfacer los requerimientos de calidad del agua potable. El diseño de una planta normal debe ser mayor que la demanda máxima diaria proyectada al periodo de diseño, que en este caso será para 15 años. Además es necesario que la planta de tratamiento pueda operar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

Las especificaciones de construcción deben ser económicas pero durables, tomando en cuenta que los sistemas de tratamiento son usados por muchos años.

El paso inicial para efectuar un proyecto, es la realización de un estudio de factibilidad técnico, económico y financiero, cuyo objetivo primordial es justificar la elaboración del proyecto, garantizando que su ejecución se efectúe mediante un análisis de todos los factores técnicos, sociales, económicos, financieros, políticos y culturales que intervienen.

### **1.5.2 Parámetros de diseño**

Los parámetros para el diseño deben estar bien definidos en el desarrollo de todas las actividades:

### **1.5.3 Población de proyecto.**

La población de proyecto, también denominada “población futura”, es la cantidad de habitantes que beneficiaran del servicio al terminar el periodo de diseño del proyecto de un sistema de tratamiento de agua potable que se va a realizar.

Existen varios métodos por medio de los cuales se puede calcular la población de proyecto, siendo algunos de ellos, Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación, Ajuste por Mínimos Cuadrados.

#### **1.5.4      *Periodo de diseño.***

Es el tiempo que se supone la obra estará trabajando al 100% de su capacidad. El periodo de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros. Esto tiene como consecuencia que el ingeniero, trate de diseñar las obras modularmente para que la construcción de los sistemas se vaya realizando conforme se requiera, por lo cual se recomienda que el periodo de diseño sea generalmente de cinco años, exceptuando las obras que no se puedan modular.

Los periodos de diseño de los diferentes componentes del sistema se determinarán considerando los siguientes factores:

Vida útil de las estructuras y equipos.

- ❖ Grado de dificultad para realizar la ampliación de la infraestructura.
- ❖ Crecimiento poblacional.
- ❖ Economía de escala.

Los periodos para el diseño máximos recomendables, son los siguientes

- ❖ Capacidad de las fuentes de abastecimiento: 15 años
- ❖ Obras de captación: 15 años
- ❖ Pozos: 15 años
- ❖ Plantas de tratamiento de agua de consumo humano, reservorio: 20años.
- ❖ Tuberías de conducción, impulsión, distribución: 15años
- ❖ Equipos de bombeo: 10 años
- ❖ Caseta de bombeo: 15 años

Se ha proyectado para satisfacer las necesidades de una población en estudio del sistema de agua potable durante un lapso de tiempo de 15 años, denominado periodo de diseño, lo adecuadamente extenso para solucionar las necesidades de servicio, pero que a la vez no represente grandes inversiones iniciales que imposibiliten su ejecución.

#### **1.5.5      *Áreas de cobertura***

El área de cobertura dirigida al 100%, en el sector de la parroquia de Vinchoa, determinándose según la caracterización efectuada por la EP.-EMAPAG, para la facturación, brindando el servicio a 1 300 usuarios.

## **1.5.6 Caudales para el diseño**

### *1.5.6.1 Población actual*

De acuerdo al censo poblacional realizado en el 2011 por INEC, la parroquia de Vinchoa tiene una población de 6500 habitantes con una tasa de crecimiento poblacional de 1.95%.

### *1.5.6.2 Población futura*

Para obtener los datos de la población futura empleamos en método gráfico que es un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, se supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo, las personas aumentan y el crecimiento geométrico se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$N_t = N_0 (1 + r)^t$$

#### **Dónde:**

**N<sub>t</sub>:** Población futura (de diseño).

**N<sub>0</sub>:** Población actual.

**R:** Tasa media de crecimiento poblacional.

**t:** Tiempo de diseño.

### *1.5.6.3 Dotación básica*

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se distribuye para cada habitante incluyendo el consumo de todos los servicios realizados en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros. / habitante-día.

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

**Dónde:**

**D<sub>B</sub>:** Dotación Básica (L/hab\*día)

**V<sub>ac</sub>:** Volumen de agua consumida (L/día)

**T<sub>us</sub>:** Total de usuarios servidos (habitantes)

\*Apreciación E.P-EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

*1.5.6.4 Dotación de agua*

Esta es la revisión del consumo del agua potable a futuro, en la cual influyen muchos factores como el clima, tamaño de la ciudad, grado de industrialización en la demanda de agua, por lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda los siguientes parámetros.

**Tabla 6-1:** Parámetros recomendados de dotación de agua

Población (habitantes)	Clima	
	Frío	Cálido
2 000 – 10 000	120	150
10 000 – 50 000	150	200
50 000	200	250

Fuente: Organización Mundial de la Salud

*1.5.6.4.1 Dotación futura*

Para obtener la Dotación futura se debe multiplicar la dotación Básica (DB) por un factor de mayorización (FM) que incluye en los consumos comerciales, institucionales e industriales. El Factor de Mayorización recomendado por la E.P.- EMAPA-G es de: 1.180.

$$DF = 1.180 \times DB$$

**Dónde:**

**FM:** Factor de Mayorización.

**DB:** Dotación Básica.

*1.5.6.4.2 Consumo medio diario (cmd.)*

El consumo medio diario; es la cantidad de agua necesaria para satisfacer necesidades primordiales de la población en un día de consumo promedio. La expresión definida del consumo medio diario es la siguiente:

$$\text{cmd} = \frac{q * N}{86.400}$$

**Dónde:**

**cmd:** Consumo medio diario, en L/s

**N:** Población futura, hab.

**q:** Dotación per cápita máxima, en L/hab/día

**86.400:** Segundos/día, s/d

#### 1.5.6.4.3 *Consumo máximo diario (CMD).*

Este consumo es usado para calcular el volumen de extracción diaria de la fuente, usando el equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regularización y almacenamiento. Este consumo es obtenido en base a la expresión:

$$\text{CMD} = k \times \text{cmd}$$

**Dónde:**

**CMD:** Consumo máximo diario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación diaria, adimensional (1.300 según la E.P.-EMAPA-G)

**cmd:** consumo medio diario, en L/s

#### 1.5.6.4.4 *Consumo máximo horario (CMH).*

Este consumo máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día que tiene el máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este consumo es utilizado, para calcular las redes de distribución en la población, en ciertos casos se utiliza para líneas de conducción, y se define a partir de la siguiente expresión:

$$\text{CMH} = K \times \text{CMD}$$

**Dónde:**

**CMH:** Consumo máximo horario, en L/s

**K:** Coeficiente de variación horaria, adimensional (1.600 según la E.P.-EMAPA-G)

**CMD:** Consumo máximo diario, en L/s

### **1.5.7 Caudales para el diseño**

El dimensionamiento de la red de abastecimiento debe efectuarse para garantizar un suficiente suministro en cualquier circunstancia hay que tener en cuenta el caudal de captación, de conducción los volúmenes de reserva.

#### **1.5.7.1 Caudal de captación**

La estructura de la captación es diseñada con una capacidad de 1.5 veces el consumo máximo diario (CMH), de la misma manera se utilizará como caudal de conducción ( $Q_{\text{conducción}}$ )

$$Q_{\text{captación}} = 1.500 \times \text{CMD}$$

#### **1.5.7.2 Caudal de la planta de tratamiento.**

La planta es diseñada para un caudal equivalente a 1.100 veces el caudal máximo diario (CMD)

$$Q_{\text{tratamiento}} = 1.100 \times \text{CMD}$$

### **1.5.8 Volúmenes de reserva**

El dimensionamiento del tanque se basa en el consumo medio diario y en la demanda de la ciudad, también se debe tomar en cuenta un volumen extra de almacenamiento para cubrir cualquier emergencia, que por sugerencia de la E.P.-EMAPA-G será de un 25%, el volumen de reserva estará compuesto de volumen de regulación, volumen de emergencia y volumen contra incendios.

#### **1.5.8.1 Volumen de Regulación**

#### **1.5.8.2 Es el volumen necesario para regular las aguas de acuerdo con los objetivos.**

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_r = 0.250 \times \text{cmd}$$

**Dónde:**

**V<sub>r</sub>:** Volumen de regulación en m<sup>3</sup>.

**cmd:** Consumo medio diario.

### 1.5.8.3 Volumen contra Incendios

La cantidad de agua que se deben considerar en la extinción de incendios se define en función de la acumulación de materiales combustibles que se encuentran en las diferentes áreas urbanas. Es recomendable que el caudal contra incendios, sea expresado de la siguiente manera.

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

**Dónde:**

**p:** Población en miles.

### 1.5.8.4 Volumen de Emergencia

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

$$V_e = 0,25 \times V_r$$

### 1.5.8.5 Volumen Total

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

$$V_t = V_r + V_i + V_e$$

**Dónde:**

**V<sub>r</sub>**= Volumen de regulación

**V<sub>i</sub>**= Volumen contra incendios

**V<sub>e</sub>**= Volumen de emergencia

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.6 Parte experimental

#### 2.7 Muestreo

##### 2.7.1 *Localización de la investigación*

Para el desarrollo de la investigación del Diseño de un Sistema de Tratamiento de Agua Potable se lo realizara en el sector de “Quivillungo” la cual se encuentra localizada en la parroquia de Vinchoa del Cantón Guaranda provincia Bolívar.

##### 2.7.2 *Método de recopilación de información*

El método que se utilizara para la Investigación y el desarrollo del trabajo será de tipo comparativo los cuales se basan en la recopilación de datos estadísticos los que al compararlos con los datos obtenidos en el desarrollo del proyecto nos permite diseñar y dimensionar el sistema de agua potable.

##### 2.7.3 *Recolección de muestras*

La toma de muestras que se realizó en el proyecto es de tipo sistemático simple, las muestras fueron tomadas de la captación de las aguas Subterráneas, del tanque de almacenamiento y de un grifo domiciliario durante 3 semanas. Esta toma de muestras se lo realizo de acuerdo al cronograma establecido e inmediatamente se llevó estas muestras al laboratorio de la planta “Chaquishca” donde se realizaron los análisis respectivos, evitando así alteraciones de las mismas.

**Tabla 7-2: Recolección de muestras**

Lugar de Muestreo	Días de Muestreo	Numero de Muestras	Total de Muestras en la
	Semanal	Diarias	Semana
CAPTACIÓN	5	3	15
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	5	3	15
GRIFO DOMICILIARIO	5	3	15
TOTAL DE MUESTRAS EN EL MES	15	9	45

**Realizado por:** Carvajal José. 2015

#### **2.7.4 Metodología del Trabajo**

Para la realización del proyecto se tomó diariamente muestras de agua cruda, durante 5 días por tres semanas en el transcurso de un mes, las cuales se tomaron del tanque de captación, del tanque de almacenamiento y de una casa en la Parroquia de Vinchoa, para lo cual se tomó las debidas laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”

#### **2.7.5 Tratamiento de Muestras**

Se tomó cinco muestras semanales en los distintos puntos, en las que se realizó la caracterización Físico-Química y Microbiológica que consta de 33 parámetros especificados en el cuadro siguiente.

**Tabla 8-2:** Parámetros de caracterización del agua potable

No	PARÁMETRO	UNIDAD
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS</b>		
1	Color	UCV
2	Turbiedad	NTU
3	Olor	-----
4	Sabor	-----
5	Ph	-----
6	Sólidos Totales Disueltos	mg/L
<b>SUSTANCIAS INORGÁNICAS</b>		
7	Aluminio	mg/L
8/9	Amonio (Salicílico / Nessler)	mg/L
10	Bario	mg/L
11	Bromo	mg/L
12	Cianuro	mg/L
13	Cloruros	mg/L
14	Cobalto	mg/L
15	Cobre	mg/L
16	Cromo IV	mg/L
17	Cromo Total	mg/L
18	Dureza	mg/L
19	Fluoruros	mg/L
20	Fosfatos	mg/L
21	Hierro	mg/L
22	Manganeso	mg/L
23	Molibdeno	mg/L
24	Níquel	mg/L
25	Nitratos	mg/L
26	Nitritos	mg/L
27	Plata	mg/L
28	Plomo	mg/L
29	Sulfatos	mg/L
30	Zinc	mg/L
31	Trihalometanos	mg/L
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>		
32	Coliformes Totales	NMP/100 ml
33	Coliformes Fecales	NMP/ 100 ml

Fuente: Norma INEN 1108: 2006, Segunda Edición

## 2.7.6 Equipos materiales y reactivos

**Tabla 9-2:** Equipos materiales y reactivos

EQUIPOS	MATERIALES	REACTIVOS
• <b>Balanza Analítica</b>	• Buretas	• Reactivos HACH
• <b>Baño María</b>	• Erlenmeyer	• Indicadores PAN (0,3% y 0,1%)
• <b>Colorímetro</b>	• Film Protector	• Solución EDTA
• <b>Conductímetro</b>	• Peras	• Solución Buffer
• <b>Equipo de Jarras</b>	• Pinzas	• Solución de Tiosanato de Mercurio
• <b>Espectrofotómetro o HACH</b>	• Pipetas	• Solución Férrica
• <b>Estufa</b>	• Probetas	• Indicador Cianuro Alcalino
• <b>Fotómetro</b>	• Tubos de Ensayo	• Spands
• <b>Incubadora</b>	• Vasos de Precipitación	• Agua Destilada
• <b>pH-metro</b>	• Matraz	• Soluciones Amortiguadoras De Ph4, Ph7
• <b>Reverbero</b>		• Colorante Negro de Eriocromo T (Indicador)
• <b>Turbidímetro</b>		•

Realizado por: Carvajal José. 2015

## 2.7.7 Métodos y técnicas

### 2.7.7.1 Métodos

Los métodos utilizados para esta investigación están adaptados al manual “Estándar Methods for Examination of Wather and Wastewater” (Métodos para el Análisis de Agua Potable y Residual); y el manual de métodos HACH.

La descripción de los métodos y técnicas utilizadas en esta investigación se las puede encontrar en el ANEXO 1,2 Y 3.

## **2.8 Datos Experimentales**

### ***2.8.1 Descripción de la Situación Actual Existente en el Sector***

La parroquia de Vinchoa del Cantón Guaranda no cuenta con una Planta de Tratamiento de Agua Potable, se abastecen con agua entubada de asbesto para la transportación, la misma que es proveniente de la vertiente del sector denominado como Pachakutik Quivillungo.

### ***2.8.2 Datos***

#### ***2.8.2.1 Caracterización del Agua Captada***

Para la caracterización del agua se tomó diariamente muestras de agua cruda, durante 5 días por tres semanas en el transcurso de un mes, las cuales se tomaron del tanque de captación, del tanque de almacenamiento y de un grifo domiciliario. Demostrando con estos resultados los problemas de dureza, Turbiedad y la presencia de bacterias que se evidencian.

Para establecer la calidad de agua se realizó los análisis Físico-Químicas y Microbiológicas, donde los resultados obtenidos se los demuestra en las tablas siguientes, indicando los parámetros que se encuentran fuera de límites máximos establecidos reportado en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006.

**Tabla 10-2:** Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda al tanque de almacenamiento del sector Vinchoa

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO ENTRADA AGUA CRUDA VERTIENTE QUE ABASTECE JUNTA VINCHOA						
PARÁMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		05-ene	06-ene	07-ene	08-ene	09-ene
COLOR	UTC	10,00	20,00	1,00	15,00	10,00
TURBIEDAD	NTU	25,00	42,00	0,75	35,00	84,25
pH	.....	6,63	7,02	7,46	6,05	6,97
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	90,56	102,68	94,62	97,50	100,28
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	45,62	39,86	40,29	41,73	40,08
TEMPERATURA	° C	14,05	13,98	13,57	13,84	13,67
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,42	0,98	0,92	1,28	0,95
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,008	0,009	0,005	0,006	0,009
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,54	0,63	0,57	0,50	0,61
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1,00	1,00	2,00	2,00	1,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,35	0,46	0,38	0,41	0,43
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,42	0,40	0,38	0,45	0,47
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,072	0,064	0,068	0,070	0,059
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,008	0,006	0,005	0,006	0,008
COBRE (Cu)	mg/L	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	80,00	100,00	90,00	92,00	84,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,008	0,009	0,009	0,008	0,009
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,84	0,86	0,76	0,80	0,78
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,006	0,008	0,007	0,007	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0,007	0,008	0,007	0,008	0,008
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0,16	0,18	0,14	0,16	0,17
BROMO (Br)	mg/L	1,90	2,43	1,95	2,07	1,92
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,20	0,28	0,26	0,32	0,27
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,008	0,008	0,008	0,009
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	10,00	12,00	14,00	8,00	10,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	60	80	64	96	56
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	32	56	38	46	42

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 11-2:** Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda al tanque de almacenamiento del sector Vinchoa

PARÁMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		26-ene	27-ene	28-ene	29-ene	30-ene
COLOR	UTC	1,00	25,00	1,00	1,00	35,00
TURBIEDAD	NTU	0,54	58,94	0,48	0,39	74,08
pH	.....	7,05	7,15	6,97	7,24	7,06
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	102,38	98,64	84,45	92,84	90,73
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	39,65	40,27	41,63	39,41	42,57
TEMPERATURA	° C	13,94	13,07	14,05	13,58	14,12
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,11	1,16	1,08	1,22	1,19
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,008	0,008	0,007	0,008	0,009
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,62	0,60	0,67	0,62	0,69
NITROGENO AMONICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,45	0,36	0,43	0,39	0,40
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,42	0,48	0,46	0,53	0,51
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,054	0,062	0,056	0,070	0,068
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,007	0,006	0,006	0,008	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	0,02	0,003	0,00	0,02	0,03
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	90,00	84,00	96,00	88,00	86,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,007	0,008	0,008	0,006	0,006
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,80	0,78	0,82	0,76	0,74
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,008	0,006	0,006	0,007	0,007
COBALTO (Co)	mg/L	0,008	0,007	0,007	0,007	0,008
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0,15	0,12	0,20	0,18	0,14
BROMO (Br)	mg/L	2,03	1,94	2,16	2,08	2,16
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,40	0,38	0,34	0,41	0,39
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,009	0,009	0,008	0,009
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	12,00	10,00	14,00	11,00	16,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	120	94	46	84	74
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	64	42	12	36	46

Realizado por: Carvajal José. 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 12-2:** Análisis físico-químico y bacteriológico entrada de agua cruda al tanque de almacenamiento del sector Vinchoa

PARÁMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		23-feb	24-feb	25-feb	26-feb	27-feb
COLOR	UTC	45,00	1,00	1,00	1,00	40,00
TURBIEDAD	NTU	120,65	0,58	0,34	0,46	110,27
pH	.....	6,98	7,06	7,14	7,09	7,26
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	98,63	80,64	86,57	91,64	88,42
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	42,07	38,67	38,64	40,08	37,63
TEMPERATURA	° C	13,98	14,35	14,07	14,12	13,67
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,05	0,97	1,14	1,10	1,18
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,006	0,007	0,007	0,008	0,008
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,64	0,58	0,68	0,54	0,52
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	0,45	0,54	0,49	0,34	0,45
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,54	0,68	0,73	0,69	0,72
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,072	0,062	0,054	0,064	0,066
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,008	0,007	0,007	0,008	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	82,00	100,00	84,00	88,00	92,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,007	0,007	0,008	0,008	0,009
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,81	0,80	0,74	0,82	0,74
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,009	0,007	0,007	0,008	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0,008	0,008	0,009	0,007	0,007
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0,12	0,10	0,11	0,16	0,18
BROMO (Br)	mg/L	2,24	2,18	2,19	2,27	2,34
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,28	0,37	0,25	0,28	0,26
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,009	0,008	0,008	0,009
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	14,00	10,00	12,00	16,00	12,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	100	92	82	140	96
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	56	48	34	76	38

Realizado por: Carvajal José. 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

### *2.8.2.2 Prueba de jarras para la turbiedad*

Es un método de simulación de los procesos de coagulación y Floculación, realizando a nivel de laboratorio que permite obtener agua de buena calidad, fácilmente separable por decantación; los flóculos formados por diferentes dosis del coagulante dan como resultado valores de turbiedad diferentes.

Para realizar las pruebas de jarra utilizamos el coagulante Policloruro de Aluminio (PAC) y CHEMFLOC 932, un floculante aniónico con la finalidad de acelerar el proceso de floculación. Para realizar las pruebas del test de jarras se inició con valores de turbiedad de 25,00 NTU como valor mínimo y con un valor máximo de 120,65 NTU, resultados obtenidos de la caracterización físico-química realizada previamente. Los resultados del test de jarras reportan a diferentes concentraciones PAC Y CHEMFLOC se dividen en tablas (22, 23,24, 25, 26, 27, 28 y 29)

### *2.8.2.3 Caracterización físico-química y microbiológica del agua después de realizar las pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio*

Para los parámetros fuera de los límites máximos permisibles reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006 de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales se simulo a nivel de laboratorio los procesos de aireación, floculación y sedimentación (test de jarras), filtración y desinfección, realizando el análisis físico-químico y microbiológico al agua tratada se obtuvo eficientemente una disminución de las concentraciones de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales por debajo de los límites máximos permisibles establecidos, los cuales se evidencian en las tablas ( 30, 31 y 32)

## CAPITULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 CÁLCULOS DE DISEÑO

En base a los análisis realizados al agua consumida por los habitantes de la parroquia de Vinchoa se determinó que es necesario el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable con el fin de mejorar la calidad del líquido vital y que cumpla con los parámetros establecidos en la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006

#### 3.2 Calculo de Población Futura

$$\text{Ecuación 1} \quad Nt = No \left(1 + \frac{r}{100}\right)^t$$

##### Datos

**No:** Población Actual: 6500 habitantes dada por (GAD)

**r:** Tasa de crecimiento anual: 1.95 % según el INEC

**t:** Tiempo de diseño: 15 años

$$Nt = 6500 \left(1 + \frac{1.95}{100}\right)^{15}$$

$$Nt = 8684 \text{ habitantes}$$

##### 3.2.1 *Calculo de la Dotación Básica*

$$\text{Ecuación 2} \quad DB = \frac{Vac}{Tus}$$

**Datos:**

**Vac:** Volumen de agua consumida:  $18748.8 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$  (EP-EMAPAG 2015)

**Tus:** Total de usuarios servidos: 1300 (EP-EMAPAG 2015)

\*Apreciación E.P- EMAPAG cada usuario representa a 5 habitantes.

$$DB = \frac{18748.8}{1300}$$

$$DB = 14.42 \frac{\text{m}^3}{\text{mes. usuar.}} * \frac{100\text{lt}}{1\text{m}^3} * \frac{1\text{mes}}{31\text{ dias}} * \frac{1\text{usr.}}{5\text{ hab.}}$$

$$DB = 93.03 \frac{\text{lt}}{\text{hab. dia}}$$

**3.2.2 Dotación Futura**

**Ecuación 3**                      **DF=FM x DB**

**Datos:**

**FM:** Factor de Mayorización: 1.180 dada por E.P EMAPAG

**DB:** Dotación Básica:  $93.03 \frac{\text{lt}}{\text{hab. dia}}$

$$DF=1.180*93.03$$

$$DF= 109.76 \frac{\text{lt}}{\text{hab. dia}}$$

### 3.2.3 *Calculo del Consumo Medio Diario (cmd)*

$$\text{Ecuación 4} \quad cmd = \frac{q \times N}{86400}$$

**Dónde:**

**N:** Población futura: 8684 hab.

**q:** Dotación Percápita Máxima:  $109.76 \frac{lt}{hab.dia}$

**86400:** Segundos/ días, s/d

$$cmd = \frac{109.76 \times 8684}{86400}$$

$$cmd = 11.032 \frac{lt}{seg}$$

### 3.2.4 *Calculo del Consumo Máximo Diario ( CMD )*

$$\text{Ecuación 5} \quad CMD = k \times cmd$$

**Dónde:**

**k:** Coeficiente de Variación diaria: 1.300 dada por E.P EMAPAG

**cmd:** Consumo Medio Diario:  $11.032 \frac{lt}{seg}$

$$CMD = 1.300 \times 11.032$$

$$CMD = 14.342 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.2.5 *Calculo del Consumo Máximo Horario ( CMH )*

$$\text{Ecuación 6. } CMH = k_2 \times CMD$$

**Datos:**

**K2:** Coeficiente de Variación Horaria, Adimensional: 1.600 dada por E.P EMAPAG

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $14.342 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$

$$CMH = 1.600 \times 14.342$$

$$CMH = 22.947 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

## 3.3 *Calculo de los caudales de diseño*

### 3.3.1 *Calculo del caudal de captación*

$$\text{Ecuación 7. } Q_{\text{Captacion}} = k_3 * CMD$$

**Datos:**

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $14.342 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$

**K3:** 1.500 según E.P-EMAPAG

$$Q_{\text{Captacion}} = 1.500 \times 14.432$$

$$Q_{\text{Captacion}} = Q_{\text{Cond.}} = 21.513 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### 3.3.2 *Calculo de caudal de la planta de tratamiento*

$$\text{Ecuación 8.} \quad Q_{\text{Tratamiento}} = k4 * \text{CMD}$$

**Datos:**

**CMD:** Consumo Máximo Diario:  $14.342 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$

**k4:** Constante Adimensional: 1.100 según E.P-EMAPAG

$$Q_{\text{Tratamiento}} = 1.100 \times 14.432$$

$$Q_{\text{Tratamiento}} = 15.776 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

## 3.4 **Calculo de los caudales de reserva**

### 3.4.1 *Cálculo del volumen de regulación*

$$\text{Ecuación 9.} \quad V_r = 0.250 * \text{cmd}$$

**Datos:**

**cmd:** Consumo Medio Diario:  $953.156 \text{ m}^3$

$$V_r = 0.250 \times 953.156 \text{ m}^3$$

$$V_r = 238.289 \text{ m}^3$$

### 3.4.2 *Calculo del volumen contra incendios*

$$\text{Ecuación 10. } Vi = 100 * \sqrt{p}$$

**Datos:**

**Vi:** Volumen para Protección Contra Incendios Expresado en m<sup>3</sup>

**p:** Población en Miles: 8.684m<sup>3</sup>

$$Vi = 100 * \sqrt{8.684}$$

$$Vi = 294.686m^3$$

### 3.4.3 *Calculo del volumen de emergencia*

$$\text{Ecuación 11. } Ve = 0.250 * Vr$$

**Datos:**

**Vr:** Volumen de Regulación: = 238.289m<sup>3</sup>

$$Ve = 0.250 * 238.289$$

$$Ve = 59.572m^3$$

### 3.4.4 *Calculo del volumen total*

$$\text{Ecuación 12. } Vt = Vr + Vi + Ve$$

**Datos:**

**Vr:** 238.289m<sup>3</sup>

**Vi:** 294.686m<sup>3</sup>

**Ve:** 59.572m<sup>3</sup>

$$\mathbf{Vt = 238.289+294.686+59.572}$$

$$\mathbf{Vt = 592.547m^3}$$

### **3.5 Consideraciones de diseño**

En base a los análisis físico-químicos y microbiológicos del agua se estableció un tratamiento apto e indispensable para el consumo de las personas, mediante un proceso convencional para potabilizar el líquido vital.

#### **3.5.1 Cálculos de ingeniería**

##### *3.5.1.1 Calculo de aireador de bandejas*

Este proceso de aireación será diseñado para un caudal de 21.513 lt/seg y este proceso permite que se oxide el Hierro así como los sulfatos con una eficiencia del 70-80%

##### *3.5.1.1.1 Área total*

**Ecuación 13.**       $\mathbf{At = \frac{Q}{TA}}$

**Dónde:**

**At:** Área Total del Aireador:

**Q:** Caudal de Diseño: 21.513 lt/seg

**TA:** Carga Hidráulica: 3.50 L/sm<sup>2</sup>, dada por la E.P-EMAPG

$$\mathbf{At = \frac{21.513}{3.50}}$$

$$A_t = 6.147 \text{ m}^2 \approx 6 \text{ m}^2$$

### 3.5.1.1.2 Dimensionamiento de la torre de aireación

Se tiene que 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 generado por el Ministerio de Servicios y Obras Públicas.

#### 3.5.1.1.2.1 Altura total

La altura recomendada para la aireación del Hierro dada por E.P-EMAPAG para una eficiencia del 90% es de 2.250

#### 3.5.1.1.2.2 Área de aireación

Asumiendo bandejas cuadradas de 1m de lado.

$$\text{Ecuación 14.} \quad A_i = L \times L = \text{m}^2$$

**Datos:**

**L:** Lado de cada bandeja 1m

$$A_i = 1 \times 1 = 1\text{m}^2$$

#### 3.5.1.1.2.3 Número de unidades de aireación requerida

$$\text{Ecuación 15.} \quad N_t = \frac{A_t}{A_i}$$

**Datos:**

**A<sub>t</sub>:** Área Total de Aireación: 6m<sup>2</sup>

**A<sub>i</sub>:** Área de Cada Unidad de Aireación: 1m<sup>2</sup>

$$N_t = \frac{6}{1}$$

$$N_t = 6$$

#### 3.5.1.1.2.4 Número de bandejas

El número de bandejas recomendado es de 15 unidades (E.P-EMAPAG)

#### 3.5.1.1.2.5 Número de torres

$$\text{Ecuación 16.} \quad N_{\text{Torres}} = \frac{Q_d}{Q_t}$$

**Datos:**

**Qd:** Caudal de diseño: 21.513 lt/seg

**Qt:** Caudal que Ingresa a la Torre: 10.00 lt/seg (E.P-EMAPAG)

$$N_{\text{Torres}} = \frac{21.513}{10.00}$$

$$N_{\text{Torres}} = 2.151 \approx 2$$

#### 3.5.1.1.2.6 Separación entre bandejas

Separación entre cada bandeja de 300 cm. (E.P-EMAPAG)

$$S_b = 0.300 \text{ m}$$

### 3.5.1.1.2.7 Ancho de cada bandeja

El ancho de cada bandeja es de 15 cm. (E.P-EMAPAG)

$$A_b = 0.150 \text{ m}$$

### 3.5.1.1.2.8 Tiempo de exposición (t)

$$\text{Ecuación 17.} \quad t = \sqrt{\frac{2 \times H \times n}{g}}$$

**Datos:**

**H:** Altura Total de la Torre: 2.250 m

**n:** Numero de bandejas: 6

**g:** Gravedad: 9. 800 m/s

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2.250 \times 6}{9.800}}$$

$$t = 1.660 \text{ seg.}$$

### 3.5.1.1.2.9 Área de cada orificio

$$\text{Ecuación 18.} \quad A_{\text{Orificio}} = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

**Datos:**

**D:** Diámetro de orificio: 0.006 m.

$$A_{\text{Orificio}} = \frac{\pi \times 0.006^2}{4}$$

$$A_{\text{Orificio}} = 2.830 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

3.5.1.1.2.10 *Calculo del caudal sobre cada bandeja*

**Ecuación 19.** 
$$Q_{Bandejas} = L \times A_{Orificio} \times \sqrt{2 \times g \times h_{Lamina}}$$

**Datos:**

**L:** Lado de la Bandeja: 1m

**g:** Gravedad: 9.800 m/s

**h<sub>Lamina</sub>:** Altura de Agua Sobre las Bandejas: 0.14m

**A<sub>Orificio</sub>:** Área de Cada Orificio:  $2.830 \times 10^{-5} m^2$

$$Q_{Bandejas} = 1 \times 2.830 \times 10^{-5} \times \sqrt{2 \times 9.800 \times 0.14}$$

$$Q_{Bandejas} = 4.688 \times 10^{-5} m^3/seg \approx 0.050 \frac{lt}{seg}$$

3.5.1.1.2.11 *Numero de perforaciones*

**Ecuación 20.** 
$$Np = \frac{Q}{Q_{Bandejas}}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de Diseño: 21.513 lt/seg

**Q<sub>Bandejas</sub>:** Caudal Sobre Cada Bandeja:  $0.050 \frac{lt}{seg}$

$$Np = \frac{21.513}{0.050}$$

$$Np = 430.26 \approx 430 \text{ perforaciones}$$

### 3.5.1.2 Dimensionamiento del vertedero triangular

#### 3.5.1.2.1 Cálculo de la altura del vertedero triangular

$$\text{Ecuación 21.} \quad Q = 1.4H^{5/2}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal en m<sup>3</sup>/s :(0.022 m<sup>3</sup>/s )

**H:** Altura del Agua en el Vertedero (m): 1.420 m

$$H = \left( \frac{0.022}{1.4} \right)^{2/5}$$

$$H = 0.189 \text{ m}$$

#### 3.5.1.2.2 Ancho de la lámina vertical y ancho de canal

$$\text{Ecuación 22.} \quad L = 2H$$

**Datos:**

**H:** Altura del Agua en el Vertedero: 0.189m

$$L = 2 \times 0.189$$

$$L = 0.378 \text{ m}$$

#### 3.5.1.2.3 Caudal promedio unitario

$$\text{Ecuación 23.} \quad q = \frac{Q}{B}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de Diseño: 0.022 m<sup>3</sup>/seg

**B:** Altura del Canal: 0.390 m (E.P-EMAPAG)

$$q = \frac{0.022}{0.390}$$

$$q = 0.056 \text{ m}^3/\text{seg. m}$$

#### 3.5.1.2.4 Altura crítica

$$\text{Ecuación 24.} \quad h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

**Datos:**

**q:** Caudal Promedio Unitario: 0.056 m<sup>3</sup>/seg. m

**g:** Gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0.056^2}{9.800}}$$

$$h_c = 0.068 \text{ m}$$

#### 3.5.1.2.5 Altura al inicio del resalto

$$\text{Ecuación 25.} \quad h_1 = \frac{1.41 \times h_c}{\sqrt{2.56 + \frac{p}{h_c}}}$$

**Datos:**

**P:** Altura desde el vertical del vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1.00 m (Cost. Establecida)

**h<sub>c</sub>:** Altura crítica: 0.068 m

$$h_1 = \frac{1.41 \times 0.068}{\sqrt{2.56 + \frac{1.00}{0.068}}}$$

$$h_1 = 0.023 \text{ m}$$

3.5.1.2.6 *Velocidad al inicio del resalto*

$$\text{Ecuación 26.} \quad V_1 = \frac{q}{h_1}$$

**Datos:**

**q:** Caudal promedio unitario:  $0.056 \text{ m}^3/\text{seg. m}$

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto:  $0.023 \text{ m}$

$$V_1 = \frac{0.056}{0.023}$$

$$V_1 = 2.434 \text{ m/s}$$

3.5.1.2.7 *Numero de froude*

$$\text{Ecuación 27.} \quad F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{g \times h_1}}$$

**Datos:**

**h<sub>1</sub>:** Altura al inicio del resalto:  $0.023 \text{ m}$

**V<sub>1</sub>:** Velocidad al inicio del resalto:  $2.434 \text{ m/s}$

**g:** Gravedad:  $9.800 \text{ m}^2/\text{s}$

$$F_1 = \frac{2.434}{\sqrt{9.800 \times 0.023}}$$

$$F_1 = 5.126$$

3.5.1.2.8 *Altura del agua después del resalto velocidad al final del Resalto*

$$\text{Ecuación 28.} \quad h_2 = \frac{h_1}{2} \times [\sqrt{1 + 8F_1} - 1]$$

**Datos:**

$h_1$ : Altura al inicio del resalto: 0.023 m

$F_1$ : Número de Froude: **5.126**

$$h_2 = \frac{0.023}{2} \times \left[ \sqrt{1 + (8 \times 5.126)} - 1 \right]$$

$$h_2 = 0.063 \text{ m}$$

3.5.1.2.9 *Velocidad al final del resalto*

$$\text{Ecuación 29.} \quad V_2 = \frac{q}{h_2}$$

**Datos:**

$q$ : Caudal promedio unitario: 0.056 m<sup>3</sup>/seg. m

$h_2$ : Altura del agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.060 m

$$V_2 = \frac{0.056}{0.063}$$

$$V_2 = 0.888 \text{ m/s}$$

3.5.1.2.10 *Energía disipado en el resalto*

$$\text{Ecuación 30.} \quad h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4(h_1 \times h_2)}$$

**Datos:**

$h_2$ : Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.063 m

$h_1$ : Altura al inicio del resalto: 0.023 m

$$h_p = \frac{(0.063 - 0.023)^3}{4(0.023 \times 0.063)}$$

$$h_p = 0.011 \text{ m}$$

3.5.1.2.11 *Longitud del resalto*

$$\text{Ecuación 31.} \quad L_m = 6(h_2 - h_1)$$

**Datos:**

$h_2$ : Altura de agua después del resalto velocidad al final del resalto: 0.063 m

$h_1$ : Altura al inicio del resalto: 0.023 m

$$L_m = 6(0.063 - 0.023)$$

$$L_m = 0.240 \text{ m}$$

3.5.1.2.12 *Distancia del vertedero a la sensación 1*

$$\text{Ecuación 32.} \quad L' = 4.300 P \left( \frac{h_c}{P} \right)^{0.900}$$

**Datos:**

$P$ : Altura desde el vertedero hasta el fondo del canal agua abajo: 1 m (constante establecida)

$h_c$ : Altura crítica: 0.068 m

$$L' = 4.300 * 1 \left( \frac{0.068}{1} \right)^{0.900}$$

$$L' = 0.383 \text{ m}$$

3.5.1.2.13 *Velocidad promedio en el resalto*

$$\text{Ecuación 33.} \quad V_m = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

**Datos:**

$V_1$ : Velocidad al inicio del resalto: 2.434 m/s

$V_2$ : Velocidad al final del resalto: 0.888 m/s

$$V_m = \frac{2.434 + 0.888}{2}$$

$$V_m = 1.661 \text{ m/s}$$

#### 3.5.1.2.14 *Tiempo de mezcla*

**Ecuación 34.**  $T = \frac{L_m}{V_m}$

**Datos:**

$V_m$ : Velocidad promedio en el resalto: 1.661 m/s

$L_m$ : Longitud del resalto: 0.240 m

$$T = \frac{0.240}{1.661}$$

$$T = 0.144 \text{ s}$$

#### 3.5.1.2.15 *Gradiente de velocidad*

**Ecuación 35.**  $G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_p}{T}}$

**Datos:**

$T$ : Tiempo de mezcla: 0.144 s

$h_p$ : Energía disipada en el resalto: 0.011 m

$\sqrt{\gamma/\mu}$ : Relación de peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010 (ver anexo 8)

$$G = 2920.010 \times \sqrt{\frac{0.011}{0.144}}$$

$$G = 0.807 \text{ s}^{-1}$$

### 3.5.1.3 Diseño de medidor de caudal parshall

#### 3.5.1.3.1 Cálculo de la altura de flujo de agua

$$\text{Ecuación 36.} \quad H_o = K \times Q^m$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de diseño: 0.022 m<sup>3</sup>/s

**K:** Constante adimensional: 3.704 (ver tabla 5)

**m:** Constante adimensional: 0.657 (ver tabla 5)

$$H_o = 3.704 \times 0.022^{0.657}$$

$$H_o = 0.301 \text{ m}$$

#### 3.5.1.3.2 Cálculo de la altura de cresta (Ha)

$$\text{Ecuación 37.} \quad H_a = \frac{\frac{1}{Q^{1.570 \times 0.340^{0.026}}}}{(0.372 \times W)^{\frac{1}{1.570 \times W^{0.026}} \times 3.281}}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de diseño: 0.022 m<sup>3</sup>/s

**W:** Ancho de la garganta: 0.150 m (ver tabla 5)

$$H_a = \frac{\frac{1}{0.022^{1.570 \times 0.340^{0.026}}}}{(0.372 \times 0.150)^{\frac{1}{1.570 \times 0.150^{0.026}} \times 3.281}}$$

$$H_a = 0.17 \text{ m}$$

3.5.1.3.3 *Cálculo de la altura de garganta (Hb): tomando*

**Ecuación 38.**                     **$H_b = S \times H_a$**

**Dónde:**

**Ha:** Altura de agua de la cresta: 0.17 m

**S:** Sugerencia máxima: 0.600 m/m (ver tabla 4)

$$H_b = 0.600 \times 0.17$$

$$H_b = 0.102 \text{ m}$$

3.5.1.3.4 *Calculo de perdida de carga*

**Ecuación 39.**                     **$p = \frac{5.072}{(W+4.570)^{1.460}} (1 - S)0.720 \times Q^{0.670}$**

**Datos:**

**Q:** Caudal de diseño: 0.022 m<sup>3</sup>/s

**W:** Ancho de la garganta: 0.150 m (ver tabla 5)

**S:** Sumergencia máxima: 0.600 m/m (ver tabla 4)

$$p = \frac{5.072}{(0.150 + 4.570)^{1.460}} (1 - 0.700)0.720 \times 0.022^{0.670}$$

$$p = 0.011 \text{ m}$$

3.5.1.3.5 *La Velocidad en la sensación de medición*

**Ecuación 40.**                     **$V_o = \frac{Q}{H_o \times D^1}$**

**Datos:**

**H<sub>o</sub>:** Altura de agua en la sensación de medición: 0.301 m

**D<sup>1</sup>**: Ancho de la sensación de medición: 0.605 (Valor asumido E.P-EMAPAG)

**Q**: Caudal de agua: 0.022 m<sup>3</sup>/s

$$V_o = \frac{0.022}{0.301 \times 0.605}$$

$$V_o = 0.120 \text{ m/s}$$

### 3.5.1.3.6 Carga hidráulica disponible

$$\text{Ecuación 41.} \quad E_o = \frac{V_o^2}{2g} + H_o + N$$

**Datos:**

**V<sub>o</sub>**: Velocidad en la sensación de medición: 0.120 m/s

**g**: Gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

**H<sub>o</sub>**: Altura de agua en la sensación de medición: 0.301 m

**N**: Dimensiones de la canaleta: 0.114 (datos asumido anexo 8)

$$E_o = \frac{0.120^2}{2 * 9.800} + 0.301 + 0.114$$

$$E_o = 0.420 \text{ m}$$

### 3.5.1.4 Determinación del agente coagulante

Mediante una simple regla de tres obtenemos la cantidad de PAC a emplear en base a la consideración que se establecen a continuación.

#### 3.5.1.4.1 Calculo de la cantidad requerida de PAC

$$\text{Ecuación 42.} \quad C_1 \rightarrow P_1$$

$$C_2 \rightarrow X = P_2$$

**Datos:**

**P<sub>1</sub>**: Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

**C<sub>1</sub>**: Concentración inicial de PAC: 0.015 g/L

**C<sub>2</sub>**: Concentración de PAC requerido: 0.005 g/L

$$P_2 = \frac{P_1 \times C_2}{C_1}$$

$$P_2 = \frac{25 \times 0.005}{0.015}$$

$$P_2 = 8.330 \text{ Kg}$$

3.5.1.4.2 *Calculo del volumen requerido de agua*

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 43.} \quad P_1 &\rightarrow V_1 \\ P_2 &\rightarrow X = V_2 \end{aligned}$$

**Datos:**

**P<sub>1</sub>**: Cantidad inicial de PAC: 25 Kg

**V<sub>1</sub>**: Volumen de dilución inicial: 200 L

**P<sub>2</sub>**: Cantidad de PAC requerido: 8.330 Kg

$$V_2 = \frac{P_2 \times V_1}{P_1}$$

$$V_2 = \frac{8.330 \times 200}{25}$$

$$V_2 = 66.640 \text{ lt}$$

3.5.1.4.3 *Concentración de la solución*

$$\text{Ecuación 44.} \quad C_{\text{Sin}} = \frac{P_2}{V_2}$$

**Datos:**

$P_2$ : Cantidad de PAC requerido: 8.330 Kg  $\approx$  8330 g

$V_2$ : Volumen de dilución requerido: 66.640 L

$$C_{Sin} = \frac{8330}{66.640}$$

$$C_{Sin} = 125 \text{ g/lt}$$

3.5.1.4.4 *Caudal de dosificación*

**Ecuación 45.**  $Q_D = \frac{C_{PAC}}{C_{Sin}} \times Q_d$

**Datos:**

$C_{PAC}$ : Concentración de PAC: 0.005 g/L

$C_{Sin}$ : Concentración de la solución: 125 g/L

$Q_d$ : Caudal de diseño: 22.00 lt/s  $\approx$  77.447 m<sup>3</sup>/h

$$Q_D = \frac{0.005}{125} \times 77.447$$

$$Q_D = 3.098 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$3.098 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000 \text{ lt}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 51.633 \text{ ml/min}$$

3.5.1.5 *Dimensionamiento del floculador de flujo horizontal*

El objetivo es de asegurar el esparcimiento del coagulante en todo el volumen de agua cruda, el coagulante en este caso es Policloruro de aluminio y el Auxiliar Aniónico, debe aplicarse sobre la sección de manera adecuada que permite que se mezclen los componentes.

3.5.1.5.1 *Longitud de canales*

**Ecuación 46.**  $L_c = V \times T \times 60$

**Datos:**

**T:** Tiempo de retención: 15 min (Valor asumido E.P-EMAPAG)

**V:** Velocidad de fluido: 0.11 m/s (Valor asumido E.P-EMAPAG)

$$L_c = 0.110 \times 15 \times 60$$

$$L_c = 99 \text{ m}$$

3.5.1.5.2 *Área de los canales del floculador:*

**Ecuación 47.**  $A = \frac{Q}{v}$

**Datos:**

**Q:** Caudal del agua: 0.022 m<sup>3</sup>/s

**V:** Velocidad del Fluido: 0.125 m/s (Valor asumido E.P-EMAPAG)

$$A = \frac{0.022}{0.125}$$

$$A = 0.176 \text{ m}^2$$

3.5.1.5.3 *Ancho de canales del floculador*

**Ecuación 48.**  $a = \frac{A}{H_u}$

**Datos:**

**A:** Área de los canales del Floculador: 0.176 m<sup>2</sup>

**H<sub>u</sub>:** Altura de agua en la unidad: 0.500 m

$$a = \frac{0.147}{0.500}$$

$$a = 0.294 \text{ m}$$

3.5.1.5.4 *Ancho de vueltas del floculador*

**Ecuación 49.**             **$d = 1.500 \times a$**

**Datos:**

**a:** Ancho de los canales de floculación: 0.294 m

$$d = 1.500 \times 0.294$$

$$d = 0.441 \text{ m}$$

3.5.1.5.5 *Ancho del floculador*

**Ecuación 50.**             **$B = 3b + d$**

**Datos:**

**b:** Ancho útil de la lámina: 0.825 m. (constante establecida)

**d:** Ancho de las vueltas del floculador: 0.441 m

$$B = 3(0.825) + 0.441$$

$$B = 2.916 \approx 3 \text{ m}$$

3.5.1.5.6 *Número de canales*

**Ecuación 51.**             **$Nc = \frac{L_c}{B}$**

**Dónde:**

**B:** Ancho del Floculador: 3 m

**$L_c$ :** Longitud de canales: 99 m

$$Nc = \frac{99}{3}$$

$$Nc = 33 \text{ Unid.}$$

3.5.1.5.7 *Longitud del floculador*

**Ecuación 52.**  $L = (Nc \times a) + (Nc - 1) e$

**Datos:**

**Nc:** Número de canales: 33 Unid.

**a:** Ancho de los canales de floculación: 0.441 m

**e:** Espesor de las láminas: 0.12 m. (valor asumido E.P-EMAPAG)

$$L = (33 \times 0.441) + (33 - 1) 0.12$$

$$L = 18.393 \approx 18 \text{ m}$$

3.5.1.5.8 *Perímetro mojado de las secciones del tramo*

**Ecuación 53.**  $P = 2Hu + a$

**Datos:**

**Hu:** Altura de agua en la unidad: 0.500 m

**a:** Ancho de los canales de floculación: 0.441 m

$$P = 2(0.500) + 0.441$$

$$P = 1.441 \text{ m}$$

3.5.1.5.9 *Radio medio hidráulico*

**Ecuación 54.**  $r = \frac{A}{P}$

**Datos:**

**A:** Área de los canales del Floculador: 0.176 m<sup>2</sup>

**P:** Perímetro mojado de las secciones: 1.441 m

$$r = \frac{0.176}{1.441}$$

$$r = 0.122 \text{ m}$$

### 3.5.1.5.10 Pérdida de carga continúa en los canales

$$\text{Ecuación 55.} \quad h_1 = \left[ \frac{n * V}{r^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * L_c$$

#### Datos:

**V:** Velocidad del fluido: 0.110 m/s

**n:** Coeficiente de Manning: 0.013 (ver anexo 9)

**r:** Radio medio hidráulico: 0.122 m

**L<sub>c</sub>:** Longitud de canales: 99 m

$$h_1 = \left[ \frac{0.013 * 0.110}{0.122^{\frac{2}{3}}} \right]^2 * 99$$

$$h_1 = 0.003 \text{ m}$$

### 3.5.1.5.11 Pérdida de carga continúa en las vueltas

$$\text{Ecuación 56.} \quad h_2 = \frac{K * V^2 * (N_c - 1)}{2g}$$

#### Datos:

**K:** Coeficiente de pérdida de carga en las vueltas: 2 Unid.

**V:** Velocidad de fluido: 0.110 m/s

**N<sub>c</sub>:** Número de canales: 33

**g:** Aceleración de la gravedad: 9.800 m<sup>2</sup>/s

$$h_2 = \frac{2 \times 0.110^2 (33 - 1)}{2 \times 9.800}$$

$$h_2 = 0.040 \text{ m}$$

### 3.5.1.5.12 Perdida de carga total en el último tramo

**Ecuación 57.**       **$h_f = h_1 + h_2$**

**Datos:**

**$h_2$ :** Perdida de la carga en los canales: 0.040 m

**$h_1$ :** Perdida de carga en las vueltas: 0.003 m

$$h_f = 0.003 + 0.040$$

$$h_f = 0.043 \text{ m}$$

### 3.5.1.5.13 Gradiente de velocidad

**Ecuación 58.**       **$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \times \sqrt{\frac{h_f}{T}}$**

**Datos:**

**$\sqrt{\gamma/\mu}$ :** Relación peso específico y viscosidad absoluta: 2920.010 (anexo 7)

**$h_f$ :** Perdida de carga total: 0.043 m

**T:** Tiempo de retención: 15

**G:** Gradiente de velocidad, ( $S^{-1}$ )

$$G = 2920.010 \times \sqrt{\frac{0.043}{15 \times 60}}$$

$$G = 20.184 \text{ S}^{-1}$$

### 3.5.1.6 Dimensionamiento del sedimentador laminar de alta tasa

Los criterios para el análisis del Sedimentador laminar son las siguientes: la característica crítica de funcionamiento ( $Sc$ ) es 1.00 para laminas paralelas, ángulo inclinado de  $60^\circ$  para facilitar que los lodos sedimentados se deslicen hacia el fondo del tanque, la separación entre cada placa ira desde 5 a 8 cm, la carga superficial ( $Cs$ ) recomendada es de 60 a  $300 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ , el tiempo de residencia debe ser menor a 15 min, numero de Reynolds debe ser menor a 500.

#### 3.5.1.6.1 Área de sedimentación

$$\text{Ecuación 59.} \quad v_s = \frac{Q}{A_s}$$

**Datos:**

$v_s$ : Carga superficial de sedimentación:  $65 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d} \approx 7.5 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$

$Q$ : Caudal de diseño:  $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$

$$A_s = \frac{Q}{v_s}$$

$$A_s = \frac{0.022}{7.5 \times 10^{-4}}$$

$$A_s = 29.333 \text{ m}^2 \approx 29 \text{ m}^2$$

#### 3.5.1.6.2 Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas

$$\text{Ecuación 60.} \quad V_o = \frac{Q}{A_s \times \text{Sen}\theta}$$

**Datos:**

$Q$ : Caudal de diseño:  $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$

$A_s$ : Área de sedimentación:  $29.333 \text{ m}^2$

$\theta$ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa:  $60^\circ$

$$V_o = \frac{0.022}{29.333 \times \text{Sen } 60}$$

$$V_o = 8.660 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$V_o = 0.087 \text{ cm/s}$$

### 3.5.1.6.3 Longitud relativa del sedimentador

**Ecuación 61.** 
$$Lr = \frac{I}{d_p}$$

**Datos:**

**I:** Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 m

**d<sub>p</sub>:** Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0.06 m

$$Lr = \frac{1.200}{0.06}$$

$$Lr = 20 \text{ m}$$

#### 3.5.1.6.3.1 Numero de Reynolds

**Ecuación 62.** 
$$Re = \frac{V_o \times d_p}{\nu}$$

**Datos:**

Se trabaja con una temperatura del agua de 15°C

**V<sub>o</sub>:** Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas: 8.660 × 10<sup>-4</sup> m/s

**d<sub>p</sub>:** Ancho del conducto o espacio entre placas: 0.06 m (Valor asumido E.P-EMAPAG)

**ν:** Viscosidad cinemática: 1.139 × 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s (ver anexo 7)

$$Re = \frac{8.660 \times 10^{-4} \times 0.06}{1.139 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 45.620 \text{ m}$$

3.5.1.6.4 *Longitud de transición*

**Ecuación 63.**       $L' = 0.013 \times Re$

**Datos:**

**Re:** Número de Reynolds: 45 620

$$L' = 0.013 \times 45\,620$$

$$L' = 0.593 \text{ m}$$

3.5.1.6.5 *Longitud relativa del sedimentador de alta tasa corregida en la longitud de transición*

**Ecuación 64.**       $L_{cr} = Lr - L'$

**Datos:**

**Lr:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: 20 m

**L':** Longitud de transición: 0.527 m

$$L_{cr} = 20 - 0.593$$

$$L_{cr} = 19.407 \text{ m}$$

3.5.1.6.6 *Velocidad de sedimentación crítica*

**Ecuación 65.**       $V_{sc} = \frac{S_c \times V_0}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)}$

**Datos:**

**S<sub>c</sub>:** Parámetros característicos; iguales a 1.0 para sedimentadores de placas paralelas

**V<sub>0</sub>:** Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas:  $8.660 \times 10^{-4} \text{ m/s} \approx 74.822 \text{ m/día}$

**θ:** Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa: 60°

$L_{cr}$ : Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: 19.407 m

$$V_{sc} = \frac{1.0 \times 74.822}{\text{Sen}60 + (19.407 \times \text{Cos}60)}$$

$$V_{sc} = 7.079 \frac{\text{m}}{\text{día}} \approx 0.008 \text{ cm/s}$$

### 3.5.1.6.7 *Tiempo de retención en las placas*

**Ecuación 66.**  $t_{rp} = \frac{l}{v_o}$

**Datos:**

**l**: Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1.200 (valor asumido E.P-EMAPAG)

**V<sub>o</sub>**: Velocidad promedio de fluido en el sedimentador:  $8.660 \times 10^{-4}$  m/s

$$t_{rp} = \frac{1.200}{8.660 \times 10^{-4}}$$

$$t_{rp} = 1385.681 \text{ s} \approx 23.095 \text{ min}$$

### 3.5.1.6.8 *Tiempo de retención en el tanque de sedimentación*

**Ecuación 67.**  $t_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q}$

**Datos:**

**Q**: Caudal de diseño: 0.022 m<sup>3</sup>/s

**A<sub>s</sub>**: Área de sedimentación: 29.333 m<sup>2</sup>

**H<sub>s</sub>**: Altura total: 2.500 (asumido E.P-EMAPAG)

$$t_s = \frac{29.333 \times 2.500}{0.022}$$

$$t_s = 3333.295 \text{ s} \approx 55.555 \text{ min}$$

### 3.5.1.6.9 Ancho del sedimentador

$$\text{Ecuación 68.} \quad b_s = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

**Datos:**

$A_s$ : Área de sedimentador: 29.333 m<sup>2</sup>

$$b_s = \sqrt{\frac{29.333}{2}}$$

$$b_s = 3.830 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

### 3.5.1.6.10 Longitud de sedimentación

$$\text{Ecuación 69.} \quad L_s = \frac{A_s}{b_s}$$

**Datos:**

$A_s$ : Área de sedimentación: 29.333 m<sup>2</sup>

$b_s$ : Ancho del sedimentador: 3.830 m

$$L_s = \frac{29.33}{3.830}$$

$$L_s = 7.660 \approx 8 \text{ m}$$

### 3.5.1.6.11 Número de Placas por Modulo

$$\text{Ecuación 70.} \quad Np = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + d_s}{d_s + ep}$$

**Datos:**

$L_s$ : Longitud de sedimentación: 7.660 m

$\theta$ : Angulo de sedimentación de las placas: 60°

**$d_s$** : Separación entre placas: 0.060 m (asumido)

**$ep$** : Espesor de las placas: 0.010 m (asumido)

$$Np = \frac{(7.660 \times \text{Sen}60) + 0.060}{0.060 + 0.010}$$

$$Np = 95.625 \approx 96 \text{ plac.}$$

#### 3.5.1.6.12 Volumen del sedimentador

$$\text{Ecuación 71.} \quad Vd = Ls \times b_s \times h$$

**Datos:**

**$Ls$** : Longitud del sedimentador: 7.660 m

**$b_s$** : Ancho del sedimentador: 3.830 m

**$h$** : Altura del sedimentador: 2.500 m (asumido)

$$Vd = 7.660 \times 3.830 \times 2.500$$

$$Vd = 73.345 \text{ m}^3 \approx 73 \text{ m}^3$$

**Dimensionamiento de altura:**

**$H_{sp}$** : Altura del agua sobre las placas: 0.22 m (asumido E.P-EMAPAG)

**$H_p$** : altura de placas:  $(1.200 \times \text{Sen } 60^\circ)$ : 1.040 m

**$H_{dp}$** : Altura por debajo de las placas: 1.24 m (asumido E.P-EMAPAG)

### 3.5.1.7 Dimensionamiento de filtros lento de arena y grava

Los filtros han sido planteados para un caudal de 21.513 lt/seg Y con una turbiedad mínima de 25.00 NTU El hecho filtrante estará compuesto de arena y grava.

**Tabla 13-3:** Parámetros de diseño de FLA

PARÁMETROS	VALOR	UNIDADES
Altura del agua sobrenadante	1.20	m
Profundidad del medio filtrante (arena)	1.00	m
Profundidad del sistema de drenaje (grava)	0.80	m
Granulometría del medio filtrante	0.05	mm

**Realizado por:** Carvajal José. 2015

#### 3.5.1.7.1 Superficie filtrante requerida

$$\text{Ecuación 72.} \quad \mathbf{Sf} = \frac{Q}{Tf}$$

**Datos:**

**Q:** Caudal de diseño:  $0.022\text{m}^3/\text{s} \approx 79.200 \text{ m}^3/\text{h}$

**Tf:** Tasa de filtración:  $0.400\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$

$$\mathbf{Sf} = \frac{79.200}{0.400}$$

$$\mathbf{Sf} = 198.000 \text{ m}^2$$

#### 3.5.1.7.2 Área de filtración

$$\text{Ecuación 73.} \quad \mathbf{Af} = \frac{Sf}{n}$$

**Datos:**

**Sf:** Superficie filtrante requerida:  $193.618 \text{ m}^2$

**n:** Numero de filtros deseados: 2 unid.

$$A_f = \frac{198.00}{2}$$

$$A_f = 99.000 \text{ m}^2$$

### 3.5.1.7.3 Determinación del número de módulos de filtración

$$\text{Ecuación 74.} \quad nf = 0.5 \times \sqrt[3]{A_f}$$

**Datos:**

**Af:** Área filtrante: 99.000 m<sup>2</sup>

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{99.000}$$

$$nf = 2.313 \approx 2 \text{ unid.}$$

### 3.5.1.7.4 Determinación del área de cada unidad

$$\text{Ecuación 75.} \quad A_i = \frac{A_f}{nf}$$

**Datos:**

**Af:** Área de filtración: 99.000 m<sup>2</sup>

**nf:** Numero de filtros calculados: 2.00 unid

$$A_i = \frac{99.000}{2}$$

$$A_i = 49.500 \text{ m}^2$$

### 3.5.1.7.5 Determinación de las dimensiones del filtro

#### 3.5.1.7.5.1 Determinación de la longitud de la unida

$$\text{Ecuación 76.} \quad a_f = \left( \frac{2 \times nf \times A_i}{2 \times nf} \right)^{0.5}$$

**Datos:**

**Ai:** Área de unidad: 49.500 m<sup>2</sup>

**nf:** Número total de unidades de filtración: 2.00 unid.

$$a_f = \left( \frac{2 \times 2 \times 49.500}{2 \times 2} \right)^{0.5}$$

$$a_f = 7.036 \approx 7 \text{ m}$$

3.5.1.7.5.2 *Calculo para el ancho de la unidad*

$$\text{Ecuación 77.} \quad b_f = \left[ \frac{(nf+1) \times Ai}{2 \times nf} \right]^{0.5}$$

**Datos:**

**Ai:** Area de unidad filtrante: 49.500 m<sup>2</sup>

**nf:** Número total de unidades de filtración: 2.00 unid.

$$b_f = \left[ \frac{(2 + 1) \times 49.500}{2 \times 2} \right]^{0.5}$$

$$b_f = 6.093 \approx 6 \text{ m}$$

$$b_f = 3 \text{ m c/u}$$

3.5.1.7.5.3 *Calculo de la longitud total de pared*

$$\text{Ecuación 78.} \quad Lt_p = (2 \times b_f \times nf) + a_f \times (nf + 1)$$

**Datos:**

**nf:** Número total de unidades de filtración: 2.00 unid.

**b<sub>f</sub>:** Ancho de la unidad: 6 m

$a_f$ : Longitud de filtración: 7 m

$$L_{t_p} = (2 \times 6 \times 2) + 7 \times (2 + 1)$$

$$L_{t_p} = 45 \text{ m}$$

#### 3.5.1.7.5.4 *Calculo de la longitud mínima de pared*

$$\text{Ecuación 79.} \quad L_m = 2 \times a_{f'} \times (nf + 1)$$

**Datos:**

**nf:** Número total de unidades de filtración 2.00 unidad.

**$a_{f'}$ :** Longitud de pared común por unidad: 7 m

$$L_m = 2 \times 7 \times (2 + 1)$$

$$L_m = 42 \text{ m}$$

#### 3.5.1.7.5.5 *Tubería de entrada al filtro*

$$\text{Ecuación 80.} \quad D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}$$

**Datos:**

**$Q_i$ :** Caudal de diseño para cada filtro:  $0.022 \approx 0.011 \text{ m}^3/\text{s}$

**v:** Velocidad de la tubería: 2 m/s (asumido E.P-EMAPAG)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.011}{2 * \pi}}$$

$$D = 0.084 \text{ m}$$

$$D = 84 \text{ mm}$$

### 3.5.1.7.6 Sistema de drenaje

Para la estructura de salida del filtro vamos a utilizar una tubería de 84 mm perforada a través de la cual se mantendrá almacenada el agua filtrada.

Los parámetros manejados para el diseño del sistema de drenajes se los demuestran en el Anexo 11

#### 3.5.1.7.6.1 Diámetro de los orificios de laterales

Tomando en cuenta los parámetros de diseño asumidos:

$$D = 8 \text{ mm} \approx 0.008 \text{ m}$$

#### 3.5.1.7.6.2 Área de cada orificio

$$\text{Ecuación 81.} \quad A_o = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

**Datos:**

**D:** Diámetro de tubería: 0.008 m

$$A_o = \frac{\pi * 0.008^2}{4}$$

$$A_o = 5.027 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

#### 3.5.1.7.6.3 Caudal que ingresa a cada orificio

$$\text{Ecuación 82.} \quad Q_o = A_o \times v_o$$

**Datos:**

**$v_o$ :** Velocidad de orificio: 3 m/s (valor asumiendo anexo 9)

**$A_o$ :** Área de cada orificio:  $5.027 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

$$Q_o = 5.027 \times 10^{-5} * 3$$

$$Q_o = 1.508 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 3.5.1.7.6.4 Numero de laterales

$$\text{Ecuación 83.} \quad \# \text{ Laterales} = n \times \frac{L_{pt}}{el}$$

#### Datos:

**L<sub>pt</sub>**: Longitud total del filtro: 45 m

**el**: Separación entre laterales: 1 m (valor asumido anexo 9)

**n**: Numero de laterales por lado: 2 (asumido E.P-EMAPAG)

$$\# \text{ Laterales} = 2 \times \frac{45}{1}$$

$$\# \text{ Laterales} = 90$$

#### 3.5.1.7.6.5 Separación entre orificios

$$\text{Ecuación 84.} \quad \# \text{ Orificios/ Laterales} = 2 \times \frac{LI}{e}$$

#### Datos:

**LI**: Longitud de cada lateral: 3 m (asumido E.P-EMAPAG)

**e**: Espacio entre orificios: 0.075 m (asumido E.P-EMAPAG)

$$\# \text{ Orificios/ Laterales} = 2 \times \frac{3}{0.075}$$

$$\# \text{ Orificios/ Laterales} = 80$$

3.5.1.7.6.6 *Número total de orificios*

**Ecuación 85.**      **# Total de orificios = # laterales × #Orificios/ Laterales**

**Datos:**

**# Laterales:** 90

**# Orificios / Lateral:** 80

**# Total de orificios = 90 × 80**

**# Total de orificios = 7200**

3.5.1.7.6.7 *Área total de orificios*

**Ecuación 86.**      **Ato = Ao × #total de orificios**

**Datos:**

**Ao:** Área de cada orificio:  $5.027 \times 10^{-5} \text{m}^2$

**# Total de orificios:** 7200

**Ato =  $5.027 \times 10^{-5} * 7200$**

**Ato = 0.362 m<sup>2</sup>**

3.5.1.7.6.8 *Comprobación de cumplimiento con los parámetros (0.0015-0.005)*

**Ecuación 87.**       $\frac{Ato}{Af}$

**Datos:**

**Ato:** Área total de orificios: 0.362 m<sup>2</sup>

**Af:** Área de filtración: 96.809 m<sup>2</sup>

$$\frac{A_{to}}{A_f} = \frac{0.362}{96.809}$$

$$\frac{A_{to}}{A_f} = 0.003 \text{ Si cumple las espf.}$$

### 3.5.1.8 Desinfección con hipoclorito de calcio

#### 3.5.1.8.1 Cantidad de HTH lb/día

$$\text{Ecuación 88.} \quad m = 0.012 \times Q_d \times C$$

**Datos:**

**0.012:** Constante adimensional

**Q:** Caudal de diseño: 21.513lt/s  $\approx$  340.99 gpm

**C:** Concentración de HTH: 1.200 mg/l recomendado por E.P EMAPAG

$$m = 0.012 \times 340.99 \times 1.200$$

$$m = 4.910 \text{ lb/día HTH} \approx 2.227 \text{ Kg/día HTH}$$

#### 3.5.1.8.2 Volumen HTH

$$\text{Ecuación 89.} \quad V = \frac{m}{\delta}$$

**Datos:**

**m:** Cantidad de HTH: 2.227 Kg/día

**$\rho_{HTH}$ :** Densidad de HTH: 0.8 Kg/L

$$V = \frac{2.227}{0.800}$$

$$V = 2.784 \text{ L/día}$$

3.5.1.8.3 *Volumen de HTH al 65%*

$$\begin{aligned}\text{Ecuación 90.} \quad V &\rightarrow 8.500\% \\ X = V_1 &\rightarrow 65\%\end{aligned}$$

**Datos:**

V: Volumen de HTH: 2.784 L/día

$$V_1 = \frac{2.784 \times 65\%}{8.500\%}$$

$$V_1 = 21.290 \text{ L} + 2.784 \text{ L}$$

$$V_1 = 24.200 \text{ L}$$

3.5.1.8.4 *Volumen de agua requerida para diluir la solución madre*

$$\text{Ecuación 91.} \quad C_1 V_1 = C_2 V_2$$

**Datos:**

V1: Volumen de solución madre: 24.200 L

C1: Concentración de la dosificación de HTH: 1.200 mg/L

C2: Concentración de HTH: 0.65 mg/L

$$V_2 = \frac{C_1 \times V_1}{C_2}$$

$$V_2 = \frac{1.200 \times 24.200}{0.650}$$

$$V_2 = 44.677 \text{ L}$$

3.5.1.8.5 *Volumen total de la solución*

**Ecuación 92.**       $V_T = V_1 + V_2$

**Datos:**

**V1:** Volumen (solución madre: 24.200 L)

**V2:** Volumen de agua para diluir la solución madre: 44.677 L

$$V_T = 24.200 + 44.677$$

$$V_T = 68.877 \text{ L}$$

Transformando L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de HTH

$$68.877 \frac{\text{L}}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ L}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_D = 47.831 \text{ ml/min}$$

## 3.6 Resultados

### 3.6.1 Proyección futura

**Tabla 14-3:** Resultados proyección futura (2030)

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Población Futura</b>	Nt	8684	habitantes
<b>Dotación Básica</b>	DB	93.03	L/hab*día
<b>Dotación Futura</b>	DF	109.76	L/hab*día
<b>Consumo medio diario</b>	Cmd	11.032	L/s
<b>Consumo máximo diario</b>	CMD	14.342	L/s
<b>Consumo máximo horario</b>	CMH	22.947	L/s
<b>Caudal De Captación</b>	Captación	22.000	L/s

Realizado por: Carvajal José. 2015

### 3.6.2 Resultados procesos de potabilización

**Tabla 15-3:** Resultados de torres de aireación

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Área total del aireador</b>	At	6	m <sup>2</sup>
<b>Altura Total</b>	H aireador	2.250	m
<b>Área de cada bandeja</b>	A bandeja	1	m <sup>2</sup>
<b>Número de bandejas</b>	N bandejas	6	unidades
<b>Separación entre bandejas</b>	Sb	0.300	m
<b>Ancho de cada bandeja</b>	Ab	0.150	m
<b>Número de torres</b>	N torres	2	torres
<b>Tiempo de exposición</b>	T	1.660	s

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 16-3:** Resultados mezclado rápido

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Altura del vertedero triangular</b>	H	0.189	m
<b>altura de cresta</b>	Ha	0.17	m
<b>altura de garganta</b>	Hb	0.102	m
<b>pérdida de carga</b>	P	0.011	m
<b>Velocidad en la sección de medición</b>	Vo	0.120	m/s
<b>Carga Hidráulica</b>	Eo	0.420	m

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 17-3:** Resultados de determinación de agente coagulante

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Concentración de PAC	$C_{PAC}$	0.005	g/L
Cantidad de PAC a diluir	$P_{\bar{n}2}$	8.330	Kg
Volumen de agua para diluir	$V_2$	66.640	L
Caudal de dosificación	$Q_D$	51.633	mL/min

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 18-3:** Resultados del floculador de flujo horizontal

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de canales	A	0.176	m <sup>2</sup>
Longitud de canales	$L_c$	99	m
Ancho de canales	A	0.294	m
Ancho de vueltas del floculador	D	0.441	m
Ancho del Floculador (c/u)	B	3	m
Longitud del Floculador (c/u)	L	18	m
Profundidad del floculador	Pf	1	m
Número de canales	N	33	unidades
Perdida de carga continua en los canales	$h_1$	0.003	m
Perdida de carga continua en las vueltas	$h_2$	0.040	m
Perdida de carga total	Hf	0.043	m
Gradiente de Velocidad	G	20.184	s <sup>-1</sup>

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 19-3:** Resultados sedimentador laminar de alta tasa

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área de Sedimentación	$A_s$	29	m <sup>2</sup>
Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas	$V_o$	0.087	cm/s
Velocidad de sedimentación crítica	$V_{sc}$	0.008	cm/s
Longitud del Sedimentador (c/u)	$L_s$	8	m
Ancho del Sedimentador (c/u)	$B_s$	4	m
Tiempo de retención en las placas	$t_{rp}$	1385.681	s
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	$T_s$	3333.295	S
Número de placas	$N_p$	96	placas
Volumen del Sedimentador	$V_d$	73	m <sup>3</sup>
<b>Dimensionamiento:</b>			
Altura del agua sobre las placas	$H_{ap}$	0.22	m
Altura de placas	$H_p$	1.040	m
Altura por debajo de las placa	$H_{dp}$	1.240	m

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 20-3:** Resultados de filtro lento de arena (FLA)

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Profundidad del medio filtrante (arena)</b>	P arena	1.00	m
<b>Profundidad del sistema de drenaje (grava)</b>	P grava	0.80	m
<b>Altura de agua Sobrenadante</b>	h agua	1.20	m
<b>Granulometría del medio filtrante</b>	Gf	0.05	mm
<b>Superficie filtrante</b>	Sf	198.000	m <sup>2</sup>
<b>Número de filtros</b>	Nf	2	Unidades
<b>Área de Filtración</b>	Af	99.000	m <sup>2</sup>
<b>Área de cada unidad</b>	Ai	49.500	m <sup>2</sup>
<b>Longitud de filtración</b>	af	7	m
<b>Ancho total de filtración</b>	bf	6	m
<b>Diámetro de la tubería al ingreso</b>	D	84	mm
<b>Diámetro de la tubería a la salida</b>	Ds	84	mm

Realizado por: Carvajal José. 2015

**Tabla 21-3:** Resultados de la dosificación de HTH

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
<b>Cantidad de HTH</b>	m	4.910	lb/día
<b>Volumen de HTH (Solución madre)</b>	V <sub>1</sub>	24.200	L
<b>Volumen de agua</b>	V <sub>2</sub>	44.677	L
<b>Volumen total de la solución</b>	V <sub>t</sub>	68.877	L
<b>Caudal de dosificación</b>	Q <sub>D</sub>	47.831	ml/min

Realizado por: Carvajal José. 2015

### 3.6.3 Resultados de la Prueba de Jarras

**Tabla 22-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 25.00 NTU

TURBIEDAD 25.00 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	5,00	2,50	1,15	1,73	0,54	97,86
0,80	0,02	6,00	3,00	1,90	3,23	0,88	96,50
0,80	0,02	7,00	3,50	1,97	3,74	0,90	96,40
0,80	0,02	8,00	4,00	2,04	4,29	0,93	96,30
0,80	0,03	5,00	2,50	2,56	3,18	1,15	95,40
0,80	0,03	6,00	3,00	2,64	3,33	1,18	95,30
0,80	0,03	7,00	3,50	2,72	3,49	1,20	95,20
0,80	0,03	8,00	4,00	2,81	3,65	1,23	95,10
0,80	0,04	5,00	2,50	2,89	3,81	1,25	95,00
0,80	0,04	6,00	3,00	2,97	3,98	1,28	94,90
0,80	0,04	7,00	3,50	3,06	4,15	1,30	94,80
0,80	0,04	8,00	4,00	3,14	4,33	1,33	94,70
0,80	0,05	5,00	2,50	3,23	4,52	1,35	94,60
0,80	0,05	6,00	3,00	3,31	4,71	1,38	94,50
0,80	0,05	7,00	3,50	3,40	4,90	1,40	94,40
0,80	0,05	8,00	4,00	3,49	5,10	1,43	94,30

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 23-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 35.00 NTU

TURBIEDAD 35.00 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	4,00	2,50	1,18	1,15	0,35	99,01
0,80	0,02	5,00	3,00	2,06	1,98	0,49	98,60
0,80	0,02	6,00	3,50	1,81	1,70	0,42	98,80
0,80	0,02	7,00	4,00	3,85	3,54	0,88	97,50
0,80	0,03	4,00	2,50	4,10	3,69	0,91	97,40
0,80	0,03	5,00	3,00	4,35	3,83	0,95	97,30
0,80	0,03	6,00	3,50	4,61	3,96	0,98	97,20
0,80	0,03	7,00	4,00	4,87	4,09	1,02	97,10
0,80	0,04	4,00	2,50	5,15	4,22	1,05	97,00
0,80	0,04	5,00	3,00	5,43	4,34	1,09	96,90
0,80	0,04	6,00	3,50	5,71	4,46	1,12	96,80
0,80	0,04	7,00	4,00	6,01	4,56	1,16	96,70
0,80	0,05	4,00	2,50	6,31	4,67	1,19	96,60
0,80	0,05	5,00	3,00	6,62	4,76	1,23	96,50
0,80	0,05	6,00	3,50	6,93	4,85	1,26	96,40
0,80	0,05	7,00	4,00	7,25	4,93	1,30	96,30

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 24-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 42.00 NTU

TURBIEDAD 42.00 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	5,00	2,50	2,47	4,00	0,59	98,60
0,80	0,02	6,00	3,00	1,20	2,01	0,39	99,08
0,80	0,02	7,00	3,50	2,50	4,14	0,71	98,30
0,80	0,02	8,00	4,00	3,28	4,96	0,84	98,00
0,80	0,03	5,00	2,50	7,04	10,97	1,64	96,10
0,80	0,03	6,00	3,00	7,94	11,47	1,76	95,80
0,80	0,03	7,00	3,50	8,88	11,91	1,89	95,50
0,80	0,03	8,00	4,00	9,88	12,30	2,02	95,20
0,80	0,04	5,00	2,50	10,26	16,47	3,11	92,60
0,80	0,04	6,00	3,00	11,17	17,24	3,19	92,40
0,80	0,04	7,00	3,50	12,12	18,02	3,28	92,20
0,80	0,04	8,00	4,00	13,10	18,82	3,36	92,00
0,80	0,05	5,00	2,50	10,58	13,61	3,78	91,00
0,80	0,05	6,00	3,00	8,28	14,84	3,91	90,70
0,80	0,05	7,00	3,50	5,81	11,69	4,03	90,40
0,80	0,05	8,00	4,00	3,16	12,89	4,16	90,10

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 25-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 58.94 NTU

TURBIEDAD 58.94 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	3,00	1,50	2,24	2,15	0,56	99,05
0,80	0,02	4,00	2,00	1,93	1,51	0,54	99,09
0,80	0,02	5,00	2,50	2,40	2,14	0,57	99,03
0,80	0,02	6,00	3,00	2,63	2,42	0,58	99,01
0,80	0,03	3,00	1,50	2,97	2,02	0,83	98,60
0,80	0,03	4,00	2,00	3,58	2,47	0,94	98,40
0,80	0,03	5,00	2,50	4,24	2,97	1,06	98,20
0,80	0,03	6,00	3,00	4,95	3,52	1,18	98,00
0,80	0,04	3,00	1,50	5,71	4,11	1,30	97,80
0,80	0,04	4,00	2,00	6,51	4,75	1,41	97,60
0,80	0,04	5,00	2,50	7,36	5,44	1,53	97,40
0,80	0,04	6,00	3,00	8,25	6,19	1,65	97,20
0,80	0,05	3,00	1,50	9,19	6,99	1,77	97,00
0,80	0,05	4,00	2,00	10,18	7,84	1,89	96,80
0,80	0,05	5,00	2,50	11,22	8,75	2,00	96,60
0,80	0,05	6,00	3,00	12,31	9,72	2,12	96,40

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 26-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 74.08 NTU

TURBIEDAD 74.08 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	3,00	1,50	2,14	5,99	0,55	99,26
0,80	0,02	4,00	2,00	1,97	5,13	0,53	99,28
0,80	0,02	5,00	2,50	1,31	2,10	0,50	99,32
0,80	0,02	6,00	3,00	1,87	5,43	0,59	99,21
0,80	0,03	3,00	1,50	2,55	7,91	0,61	99,18
0,80	0,03	4,00	2,00	2,77	9,14	0,63	99,15
0,80	0,03	5,00	2,50	3,00	10,50	0,65	99,12
0,80	0,03	6,00	3,00	3,24	4,85	0,67	99,09
0,80	0,04	3,00	1,50	3,48	5,92	0,70	99,06
0,80	0,04	4,00	2,00	3,74	7,10	0,72	99,03
0,80	0,04	5,00	2,50	4,00	8,40	0,74	99,00
0,80	0,04	6,00	3,00	4,27	9,83	0,76	98,97
0,80	0,05	3,00	1,50	4,55	5,47	0,79	98,94
0,80	0,05	4,00	2,00	4,84	6,78	0,81	98,91
0,80	0,05	5,00	2,50	5,14	8,23	0,83	98,88
0,80	0,05	6,00	3,00	5,45	9,81	0,85	98,85

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 27-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 84.25 NTU

TURBIEDAD 84.25 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,02	3,00	1,50	2,64	2,59	0,47	99,44
0,80	0,02	4,00	2,00	2,46	2,36	0,45	99,46
0,80	0,02	5,00	2,50	2,28	2,14	0,44	99,48
0,80	0,02	6,00	3,00	1,82	1,24	0,40	99,53
0,80	0,03	3,00	1,50	3,24	2,75	0,51	99,40
0,80	0,03	4,00	2,00	3,45	2,86	0,52	99,38
0,80	0,03	5,00	2,50	3,67	2,97	0,54	99,36
0,80	0,03	6,00	3,00	3,89	3,07	0,56	99,34
0,80	0,04	3,00	1,50	4,12	3,18	0,57	99,32
0,80	0,04	4,00	2,00	4,36	3,27	0,59	99,30
0,80	0,04	5,00	2,50	4,61	3,37	0,61	99,28
0,80	0,04	6,00	3,00	4,86	3,45	0,62	99,26
0,80	0,05	3,00	1,50	5,12	3,53	0,64	99,24
0,80	0,05	4,00	2,00	5,39	3,61	0,66	99,22
0,80	0,05	5,00	2,50	5,66	3,68	0,67	99,20
0,80	0,05	6,00	3,00	5,94	3,74	0,69	99,18

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 28-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 110.27 NTU

TURBIEDAD 110.27 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,01	6,00	3,00	4,57	2,86	0,82	99,26
0,80	0,01	9,00	4,50	4,45	2,86	0,79	99,28
0,80	0,01	12,00	6,00	4,32	2,86	0,77	99,30
0,80	0,01	15,00	7,50	4,20	2,85	0,75	99,32
0,80	0,02	6,00	3,00	4,08	2,84	0,73	99,34
0,80	0,02	9,00	4,50	1,97	1,97	0,44	99,60
0,80	0,02	12,00	6,00	5,61	3,26	0,90	99,18
0,80	0,02	15,00	7,50	5,93	3,52	0,93	99,16
0,80	0,03	6,00	3,00	6,26	3,79	0,95	99,14
0,80	0,03	9,00	4,50	6,60	4,08	0,97	99,12
0,80	0,03	12,00	6,00	6,95	4,37	0,99	99,10
0,80	0,03	15,00	7,50	7,30	4,67	1,01	99,08
0,80	0,04	6,00	3,00	7,67	4,98	1,04	99,06
0,80	0,04	9,00	4,50	8,05	5,29	1,06	99,04
0,80	0,04	12,00	6,00	8,43	5,62	1,08	99,02
0,80	0,04	15,00	7,50	8,82	5,95	1,10	99,00

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 29-3:** Resultados de la prueba de jarras realizada a las muestras de agua con turbiedad del 120.65 NTU

TURBIEDAD 120.65 NTU							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0,80	0,01	6,00	3,00	7,69	5,76	1,18	99,02
0,80	0,01	9,00	4,50	7,30	5,40	1,16	99,04
0,80	0,01	12,00	6,00	6,92	5,05	1,13	99,06
0,80	0,01	15,00	7,50	6,55	4,72	1,11	99,08
0,80	0,02	6,00	3,00	6,19	4,39	1,09	99,10
0,80	0,02	9,00	4,50	5,84	4,09	1,06	99,12
0,80	0,02	12,00	6,00	5,50	3,79	1,04	99,14
0,80	0,02	15,00	7,50	1,87	2,81	0,75	99,38
0,80	0,03	6,00	3,00	6,76	2,57	1,21	99,00
0,80	0,03	9,00	4,50	7,82	2,89	1,45	98,80
0,80	0,03	12,00	6,00	8,78	3,16	1,69	98,60
0,80	0,03	15,00	7,50	9,65	3,38	1,93	98,40
0,80	0,04	6,00	3,00	10,42	3,54	2,17	98,20
0,80	0,04	9,00	4,50	11,10	3,66	2,41	98,00
0,80	0,04	12,00	6,00	11,68	3,74	2,65	97,80
0,80	0,04	15,00	7,50	12,16	3,77	2,90	97,60

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

### 3.6.4 Resultados de la caracterización física-química y microbiológica antes y después del tratamiento de potabilización

**Tabla 30-3:** Caracterización secundaria semana 1 (agua salida de planta v.s ensayo)



PARÁMETROS	UNIDAD	LIMITES PERMISIBLES	SEMANA MONITOREADA					
			05-ene		06-ene		08-ene	
COLOR	UTC	15	10,00	1,00	20,00	1,00	15,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	5	25,00	0,54	42,00	0,39	35,00	0,63
pH	.....	6.50 - 8.50	6,63	7,05	7,02	7,13	6,05	7,08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	90,56	98,65	102,68	90,65	97,50	87,64
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1000	45,62	38,64	39,86	39,57	41,73	38,57
TEMPERATURA	° C	.....	14,05	14,07	13,98	13,57	13,84	13,28
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	1,42	1,15	0,98	0,94	1,28	1,05
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.20	0,008	0,007	0,009	0,006	0,006	0,007
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	.....	0,54	0,42	0,63	0,61	0,50	0,46
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	.....	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	200	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	150	0,35	0,30	0,46	0,34	0,41	0,37
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,42	0,08	0,40	0,06	0,45	0,04
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.40	0,072	0,009	0,064	0,007	0,070	0,008
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.05	0,008	0,009	0,006	0,008	0,006	0,005
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	300	80,00	78,00	100,00	96,00	92,00	90,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.25	0,008	0,007	0,009	0,007	0,008	0,007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	250	0,84	0,57	0,86	0,76	0,80	0,73
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.70	0,006	0,007	0,008	0,007	0,007	0,006
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,007	0,006	0,008	0,009	0,008	0,007
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	3	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.05	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.07	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0.70	0,16	0,14	0,18	0,18	0,16	0,11
BROMO (Br)	mg/L	6.00	1,90	1,68	2,43	1,93	2,07	1,97
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.07	0,20	0,18	0,28	0,22	0,32	0,30
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,05	0,009	0,007	0,008	0,008	0,008	0,008
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	10,00	7,00	12,00	10,00	8,00	6,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	<1**	60	< 1**	80	< 1**	96	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	<1**	32	< 1**	56	< 1**	46	< 1**

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPA

**Tabla 31-3:** Caracterización secundaria semana 2 (agua salida de planta v.s ensayo)

PARÁMETROS	UNIDAD	LIMITES PERMISIBLES	SEMANA MONITOREADA			
			9-ene		27-ene	
COLOR	UTC	15	10,00	1,00	25,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	5	84,25	0,44	58,94	0,57
pH	.....	6.50 - 8.50	6,97	7,20	7,15	6,87
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	100,28	90,54	98,64	96,74
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1000	40,08	38,51	40,27	37,64
TEMPERATURA	° C	.....	13,67	13,87	13,07	13,45
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	0,95	0,92	1,16	0,94
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.20	0,009	0,003	0,008	0,008
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	.....	0,61	0,42	0,60	0,54
NITROGENO AMONICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	.....	0,01	0,02	0,02	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	200	1,00	2,00	1,00	1,00
FLUORUROS (F)	mg/L	150	0,43	0,34	0,36	0,26
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,47	0,06	0,48	0,05
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.40	0,059	0,006	0,062	0,008
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.05	0,008	0,008	0,006	0,006
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,02	0,02	0,003	0,01
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	300	84,00	82,00	84,00	82,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.25	0,009	0,008	0,008	0,007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	250	0,78	0,68	0,78	0,70
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.70	0,008	0,008	0,006	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,008	0,006	0,007	0,006
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	3	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.05	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.07	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0.70	0,17	0,15	0,12	0,11
BROMO (Br)	mg/L	6.00	1,92	1,86	1,94	1,65
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.07	0,27	0,25	0,38	0,36
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,05	0,009	0,008	0,009	0,009
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	10,00	8,00	10,00	9,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	<1**	56	< 1**	94	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	<1**	42	< 1**	42	< 1**

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

**Tabla 32-3:** Caracterización secundaria semana 3 (agua salida de planta v.s ensayo)

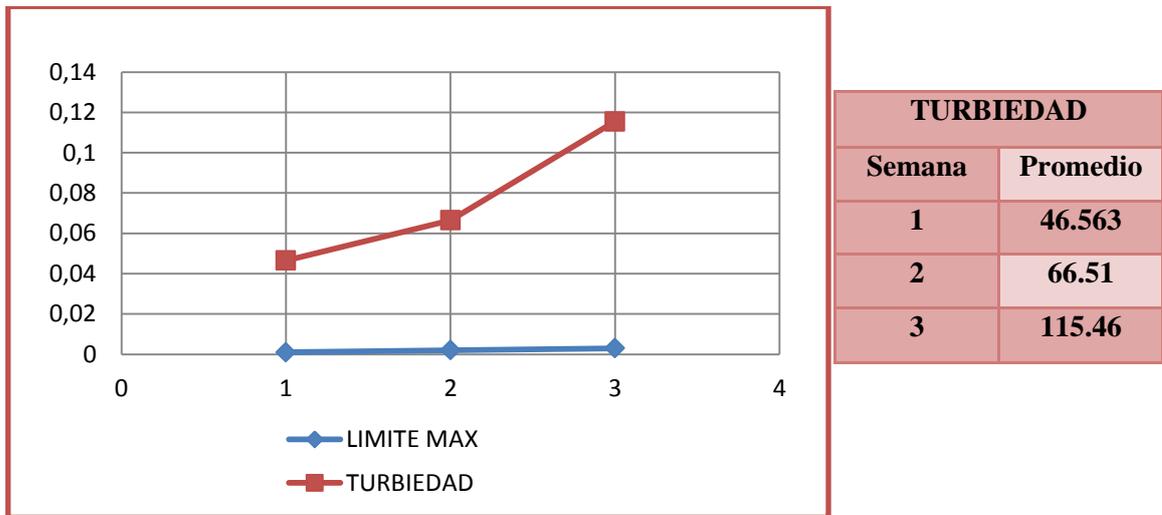
PARÁMETROS	UNIDAD	LIMITES PERMISIBLES	SEMANA MONITOREADA					
			30-ene		23-feb		27-feb	
COLOR	UTC	15	35,00	1,00	45,00	1,00	40,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	5	74,08	0,50	120,65	0,75	110,27	0,47
pH	.....	6.50 - 8.50	7,06	7,14	6,98	7,04	7,26	7,32
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	90,73	86,42	98,63	94,53	88,42	88,27
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1000	42,57	39,57	42,07	38,50	37,63	36,54
TEMPERATURA	° C	.....	14,12	13,85	13,98	13,87	13,67	13,52
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	1,19	1,08	1,05	0,93	1,18	1,06
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.20	0,009	0,007	0,006	0,006	0,008	0,007
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	.....	0,69	0,47	0,64	0,56	0,52	0,44
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	.....	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	200	2,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
FLUORUROS (F)	mg/L	150	0,40	0,22	0,45	0,27	0,45	0,33
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.30	0,51	0,06	0,54	0,016	0,72	0,054
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.40	0,068	0,008	0,072	0,043	0,066	0,037
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.05	0,007	0,005	0,008	0,006	0,007	0,005
COBRE (Cu)	mg/L	2	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	300	86,00	84,00	82,00	78,00	92,00	90,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.25	0,006	0,006	0,007	0,005	0,009	0,008
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	250	0,74	0,72	0,81	0,74	0,74	0,7300
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.70	0,007	0,008	0,009	0,009	0,008	0,008
COBALTO (Co)	mg/L	0.20	0,008	0,009	0,008	0,005	0,007	0,004
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	3	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.05	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.07	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0.70	0,14	0,10	0,12	0,09	0,18	0,15
BROMO (Br)	mg/L	6.00	2,16	2,09	2,24	2,07	2,34	2,25
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.07	0,39	0,31	0,28	0,22	0,26	0,20
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.05	0,009	0,007	0,009	0,008	0,009	0,008
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	16,00	14,00	14,00	13,00	12,00	10,00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	<1**	74	< 1**	100	< 1**	96	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	<1**	46	< 1**	56	< 1**	38	< 1**

Realizado por: Carvajal José 2015

Fuente: Dpto. Control de Calidad E.P-EMAPAG

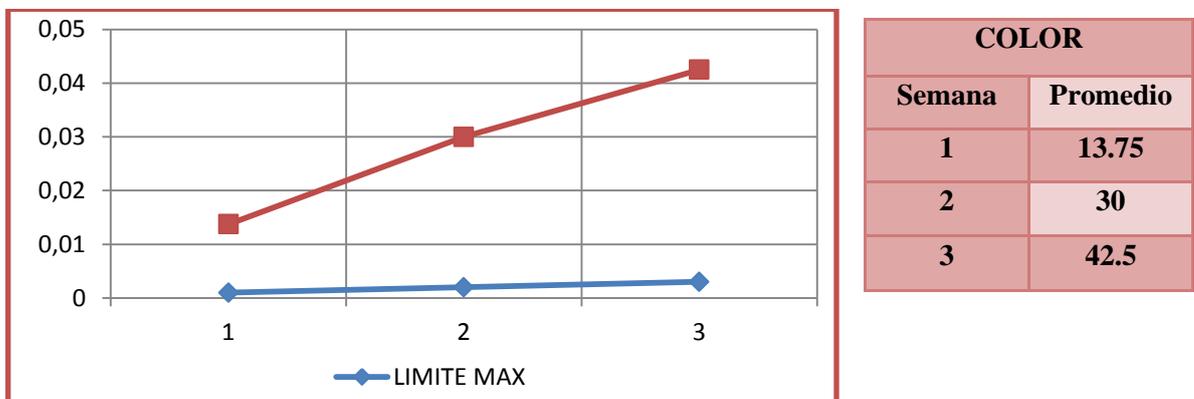
### 3.7 Caracterización físico-química y microbiológica primaria

Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua captada durante tres semanas, con una frecuencia de cinco días a la semana, se determinó valores de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales (gráficos 1, 2, 3, 4 y 5) que se encontraban fuera de los límites máximos permisibles de acuerdo la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 Segunda Revisión, como se puede observar en las Tablas 10, 11 y 12, mientras que los otros parámetros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles.



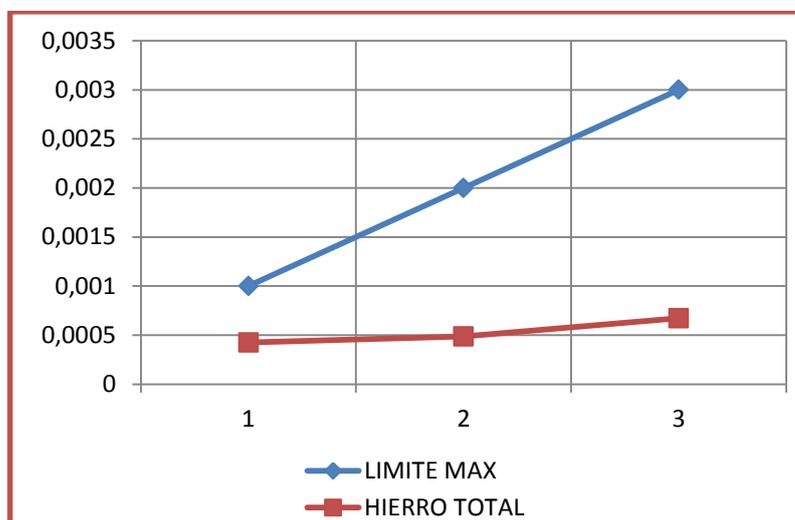
**Gráfico 1-3:** Promedio semanal de turbiedad  
Realizado por: Carvajal José 2015

En la gráfica 1. se puede observar los valores del promedio semanal de turbiedad que se encuentran fuera de los límites máximos de la Norma obligatoria NTE INEN 1108:2006, con un límite máximo de 5 NTU.



**Gráfico 2-3:** Promedio semanal de color  
Realizado por: Carvajal José 2015

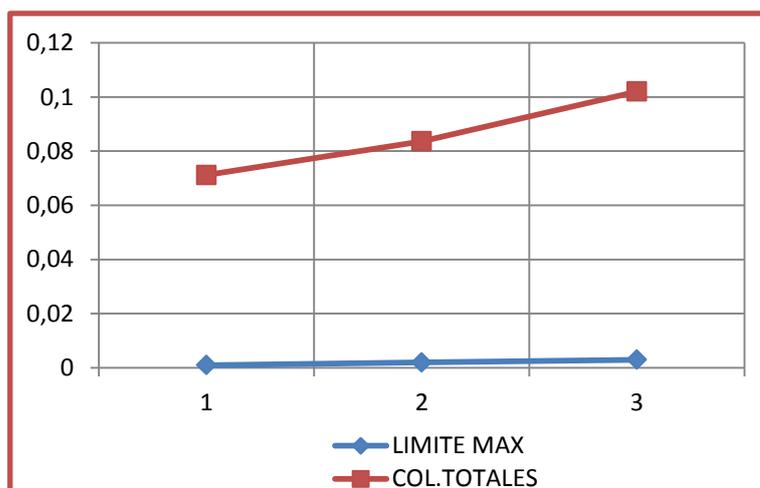
En el gráfico 2. se puede observar que en la primera semana los valores del promedio de color aparente presente en el agua cruda se encuentran dentro de las especificaciones, mientras en la semana 2 y 3 estos valores se encuentran fuera de las especificaciones de la norma establecida NTE INEN 1 108:2006 con límite máximo de 15 UTC.



HIERRO TOTAL	
Semana	Promedio
1	0.424
2	0.486
3	0.672

**Gráfico 3-3:** Promedio semanal de hierro total  
Realizado por: Carvajal José 2015

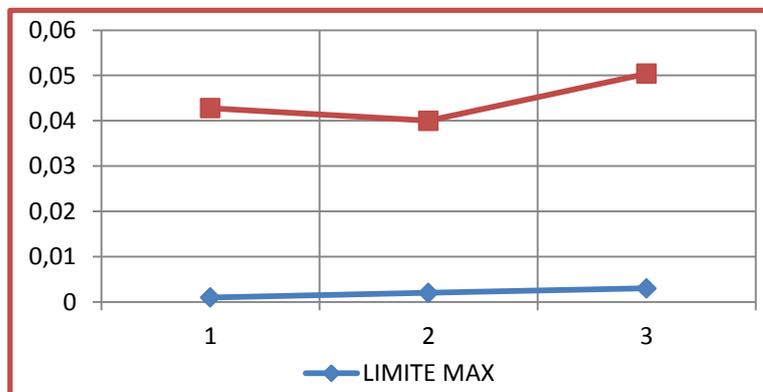
En el gráfico 3. se puede observar los valores del promedio semanal de hierro total disuelto que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de 0.300 mg/l



COLIFORMES TOTALES	
Semana	Promedio
1	71.2
2	83.6
3	102

**Gráfico 4-3:** Promedio semanal de coliformes totales  
Realizado por: Carvajal José 2015

En el gráfico 4. Se puede observar los valores del promedio semanal de coliformes totales que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de <1\*\* NMP/100 ML.



COLIFORMES FECALES	
Semana	Promedio
1	42.8
2	40
3	50.4

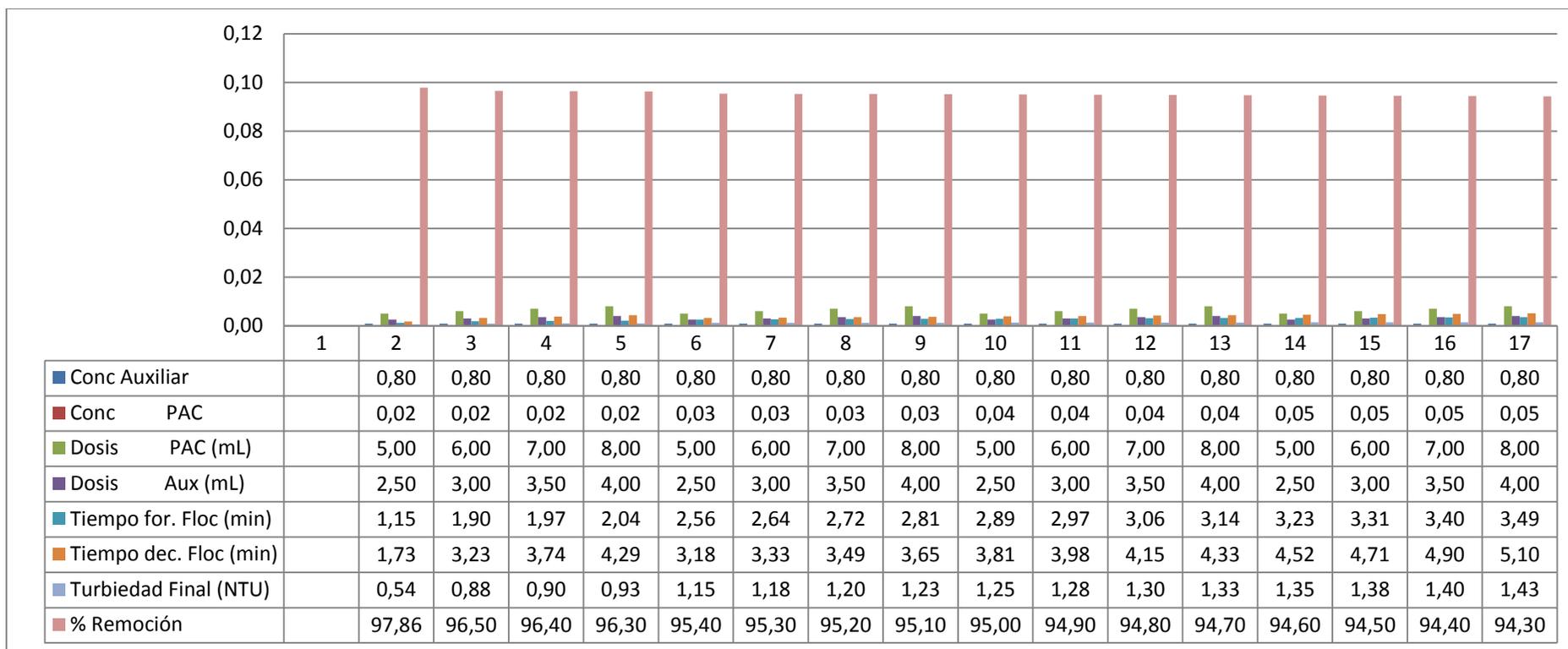
**Gráfico 5-3:** Promedio semanal de coliformes fecales

Realizado por: Carvajal José 2015

En el gráfico 5. Se puede observar los valores del promedio semanal de coliformes fecales que se encuentran fuera del límite máximo de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006 con un límite máximo de <1\*\* NMP/100 ML.

### 3.7.1 *Test de jarras*

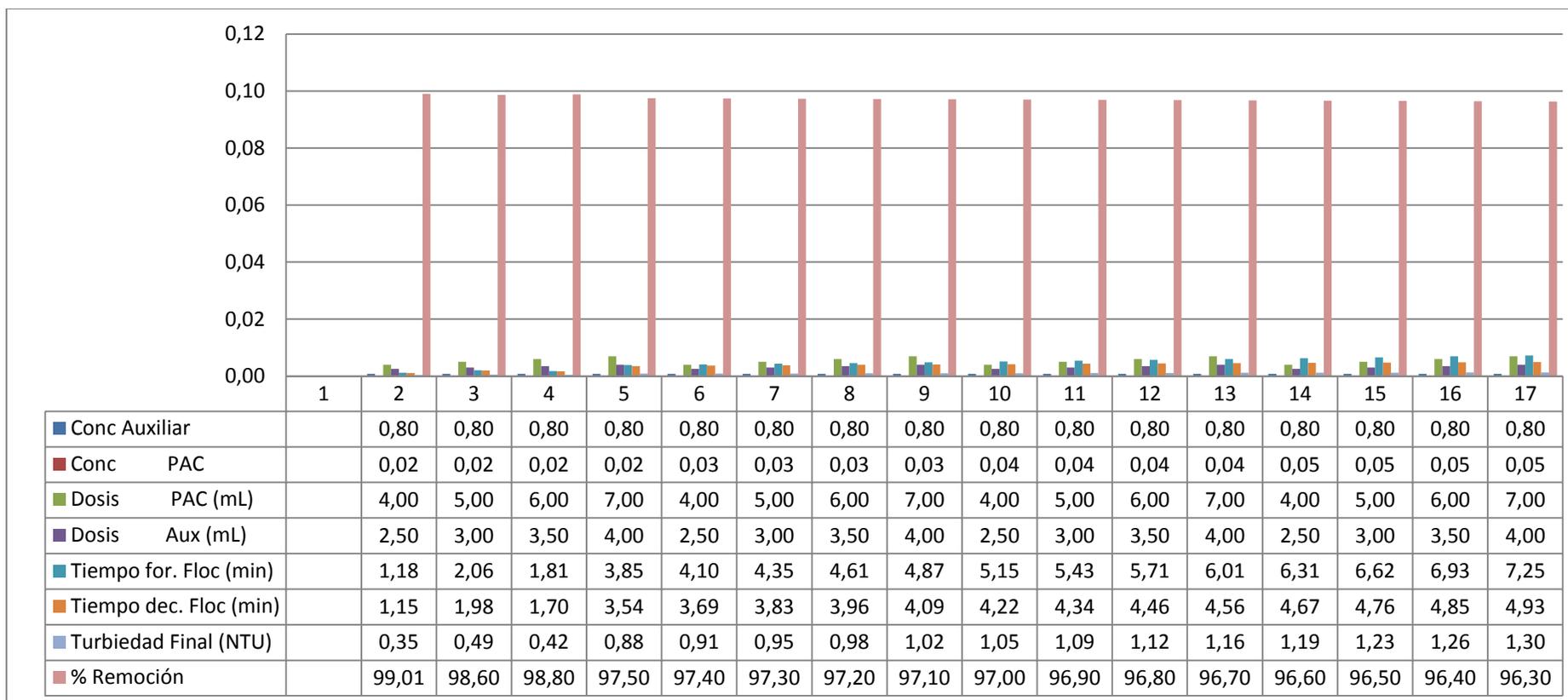
Debido a la presencia variable de concentraciones elevadas de hierro, turbiedad, color aparente, coliformes totales y coliformes fecales en el agua de análisis se realizó el test de jarras para determinar la dosificación correcta y exacta del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico (CHEMFLOC), agentes coagulantes proporcionados por la E.P-EMAPAG y posterior a ello se efectuó la desinfección empleando hipoclorito de calcio HTH, obteniendo agua libre de dichas concentraciones.



**Grafico 6-3:** Tess de jarras – turbiedad 25.00 NTU

Realizado por: Carvajal José 2015

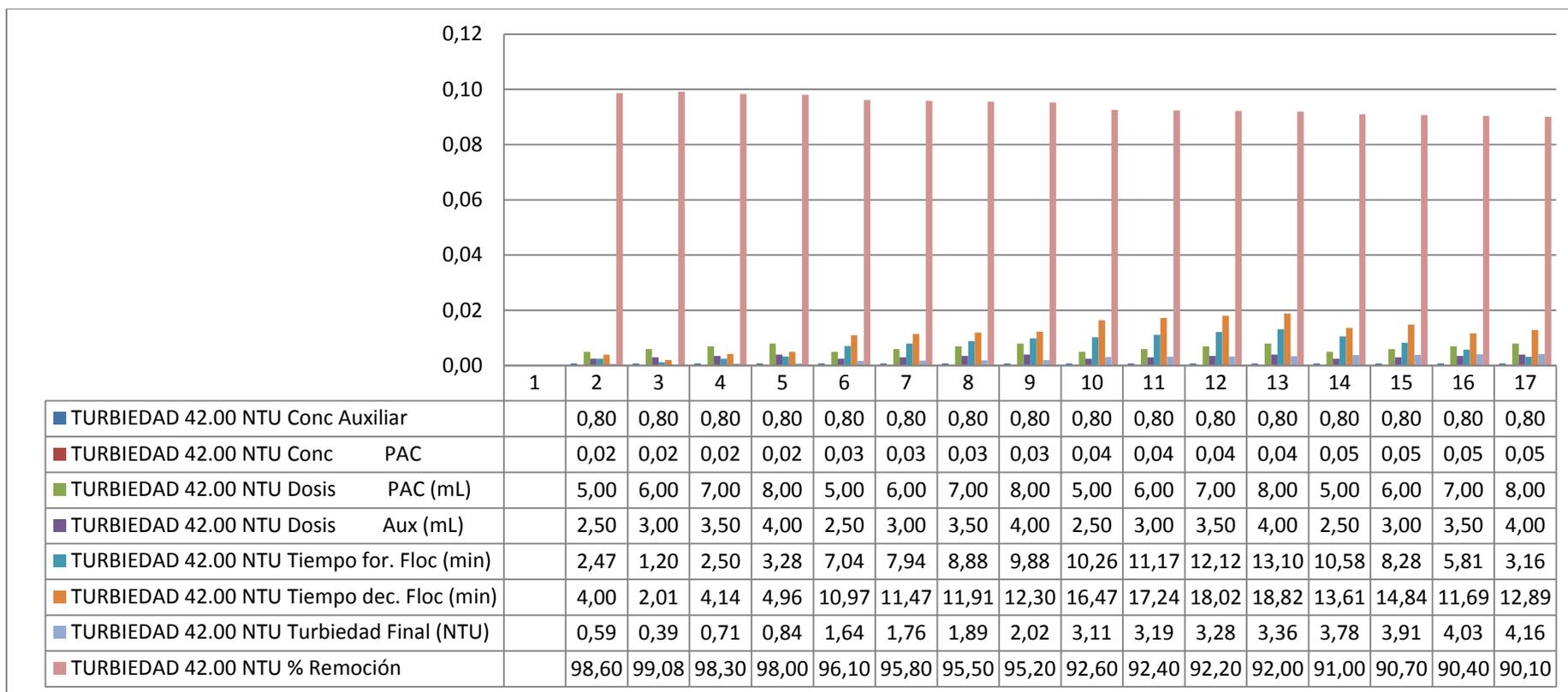
Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 25.00 NTU se determinó que es el más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 97.86 %, al dosificar 5.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 2.50 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.15 min y un tiempo de caída del floculo de 1.73 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.54 NTU**.



**Grafico 7-3:** Tess de jarras – turbiedad 35.00 NTU

Realizado por: Carvajal José 2015

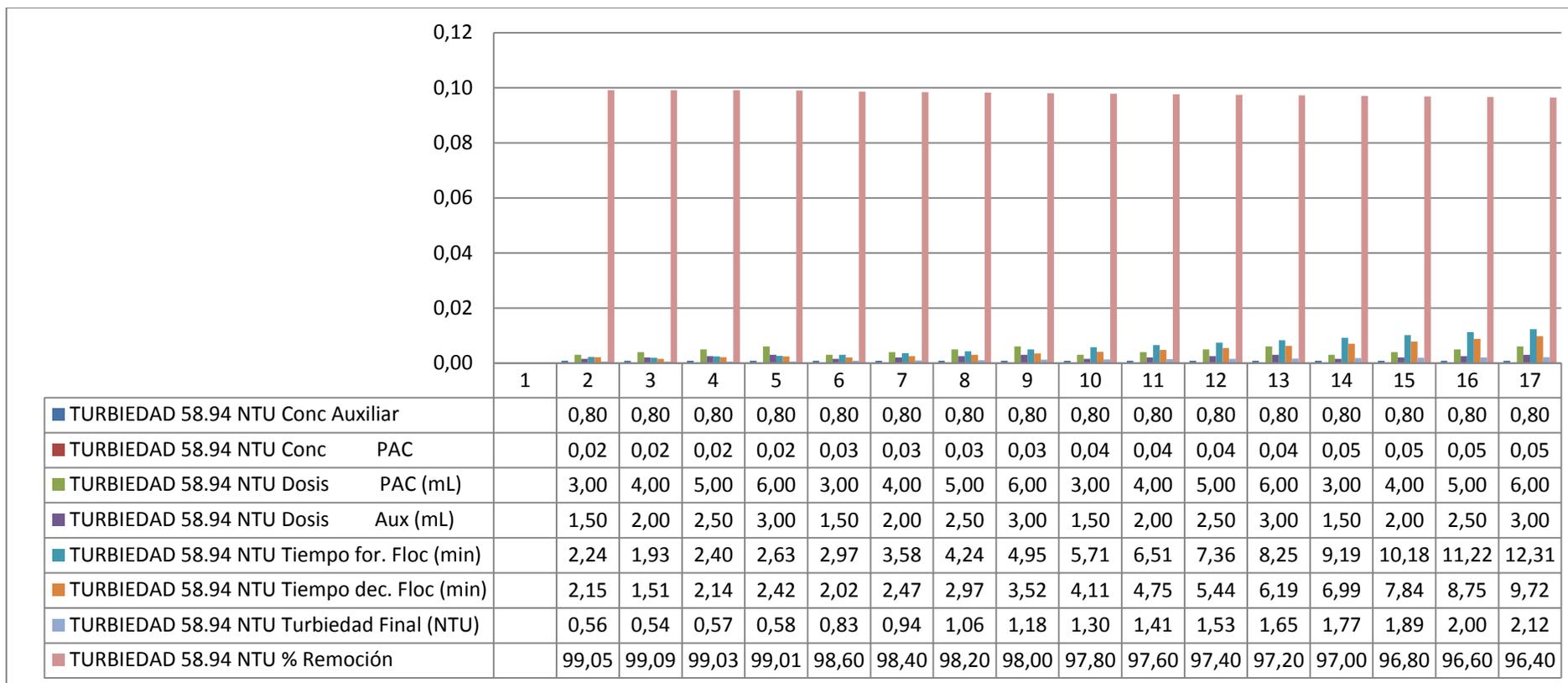
Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 35.00 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.01 %, al dosificar 4.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 2.50 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.18 min y un tiempo de caída del floculo de 1.15 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.35 NTU**.



**Grafico 8-3:** Tess de jarras – turbiedad 42.00 NTU

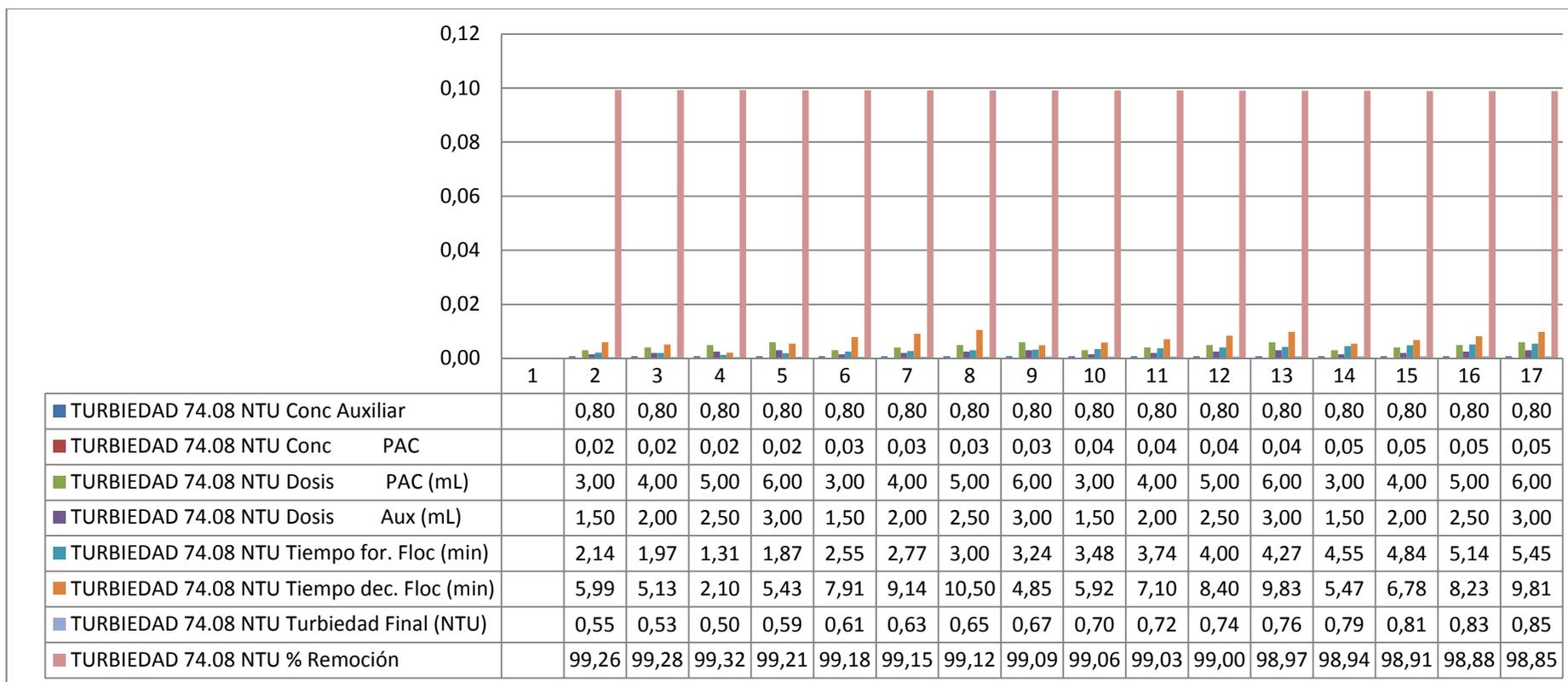
Realizado por: Carvajal José 2015

Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 42.00 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.08 %, al dosificar 6.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 3.00 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.20 min y un tiempo de caída del floculo de 2.01 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.39 NTU**.



**Grafico 9-3:** Tess de jarras – turbiedad 58.94 NTU  
 Realizado por: Carvajal José 2015

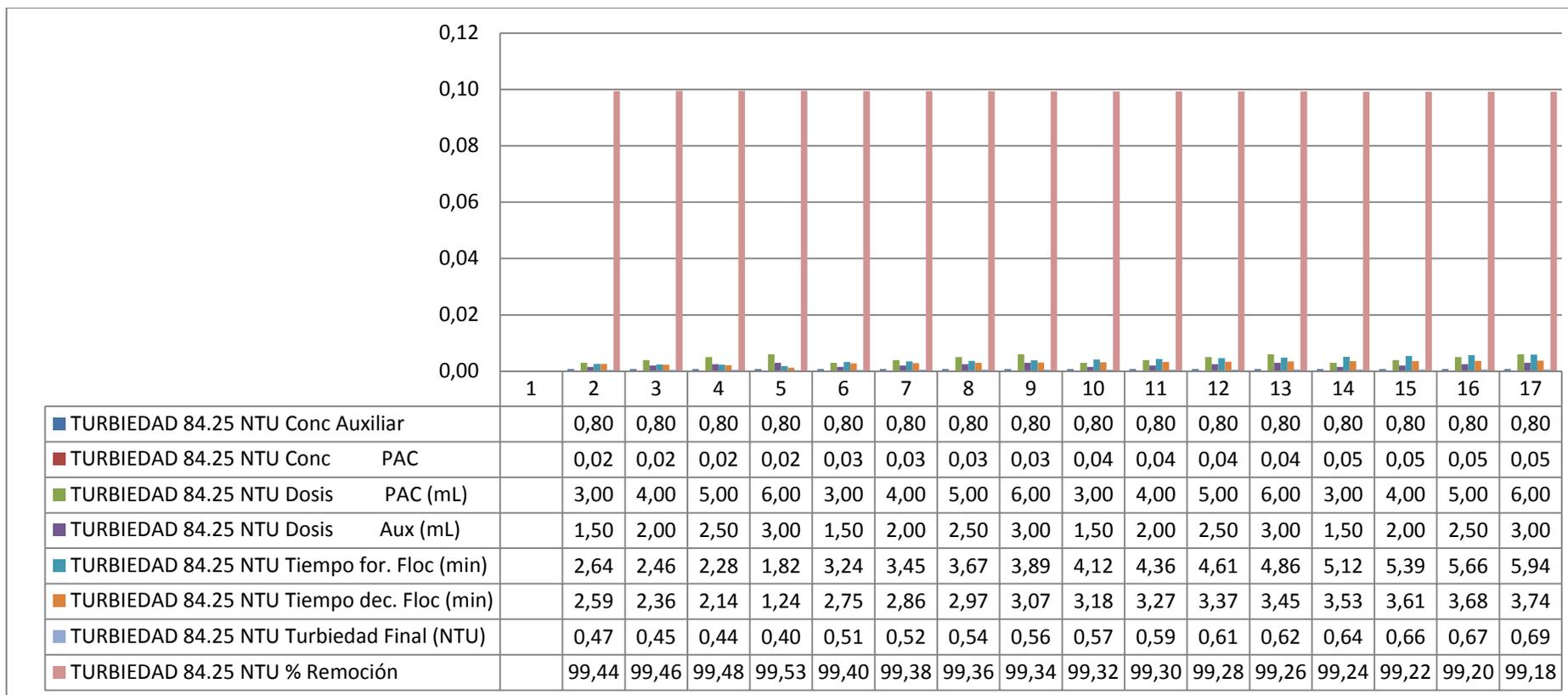
Realizado el tes de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 58.94 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.09 %, al dosificar 4.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 2.00 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.93 min y un tiempo de caída del floculo de 1.51 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.54 NTU**.



**Grafico 10-3:** Tess de jarras – turbiedad 74.08 NTU

Realizado por: Carvajal José 2015

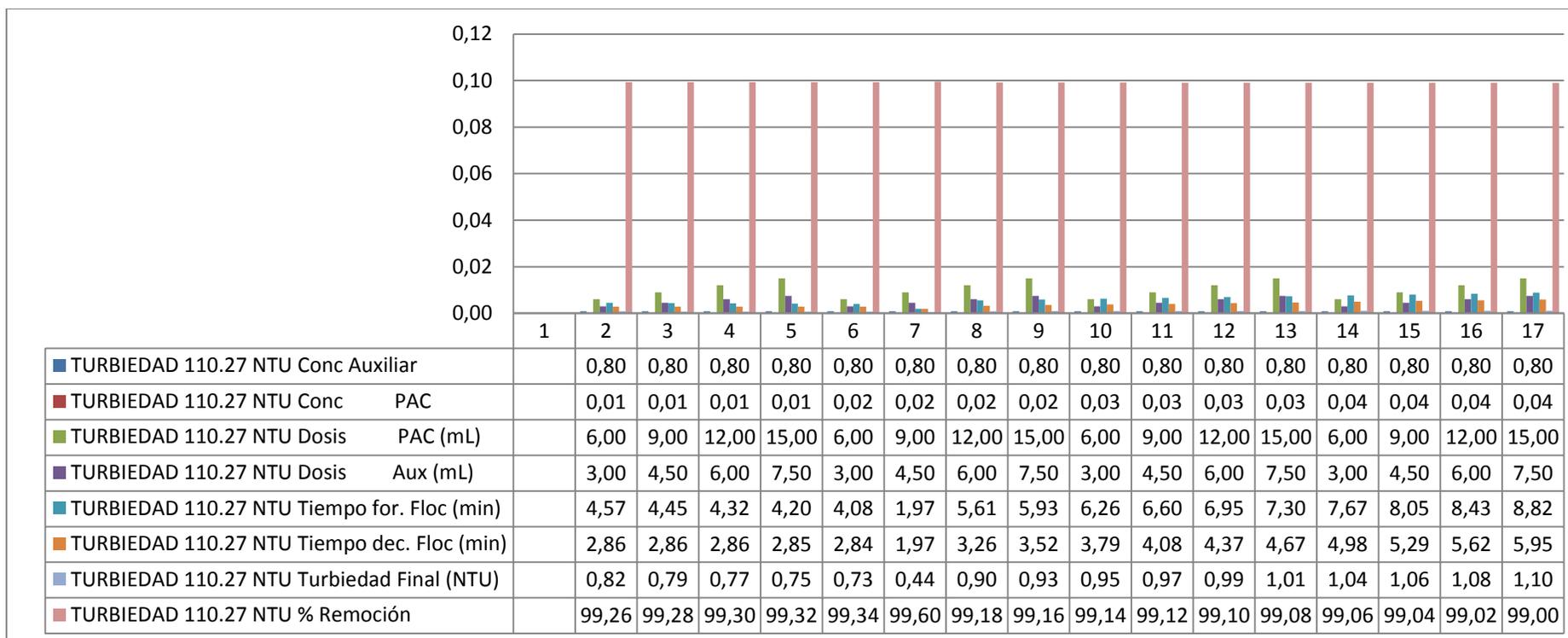
Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 74.08 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.32 %, al dosificar 5.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 2.50 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.31 min y un tiempo de caída del floculo de 2.10 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.50 NTU**.



**Grafico 11-3:** Tess de jarras – turbiedad 84.25 NTU

Realizado por: Carvajal José 2015

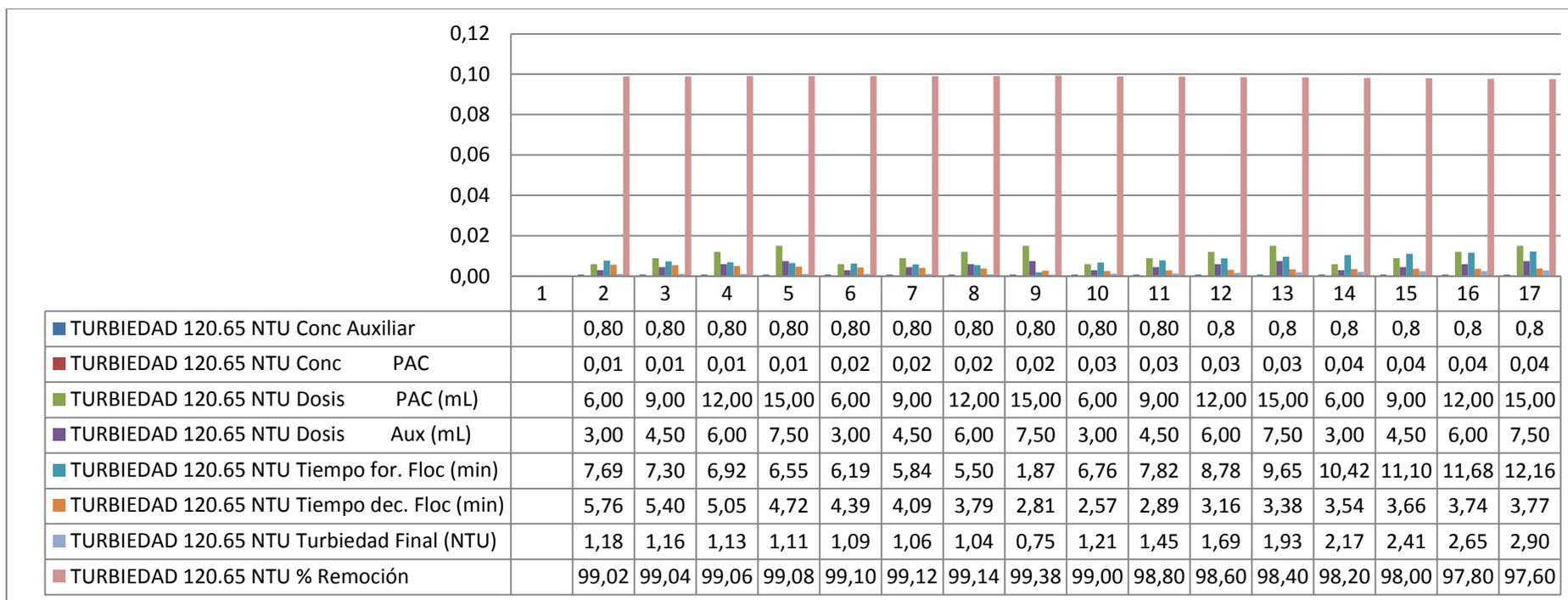
Realizado el tes de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 84.25 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.53 %, al dosificar 6.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 3.00 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.82 min y un tiempo de caída del floculo de 1.24 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.40 NTU**.



**Grafico 12-3:** Tess de jarras – turbiedad 110.27 NTU

Realizado por: Carvajal José 2015

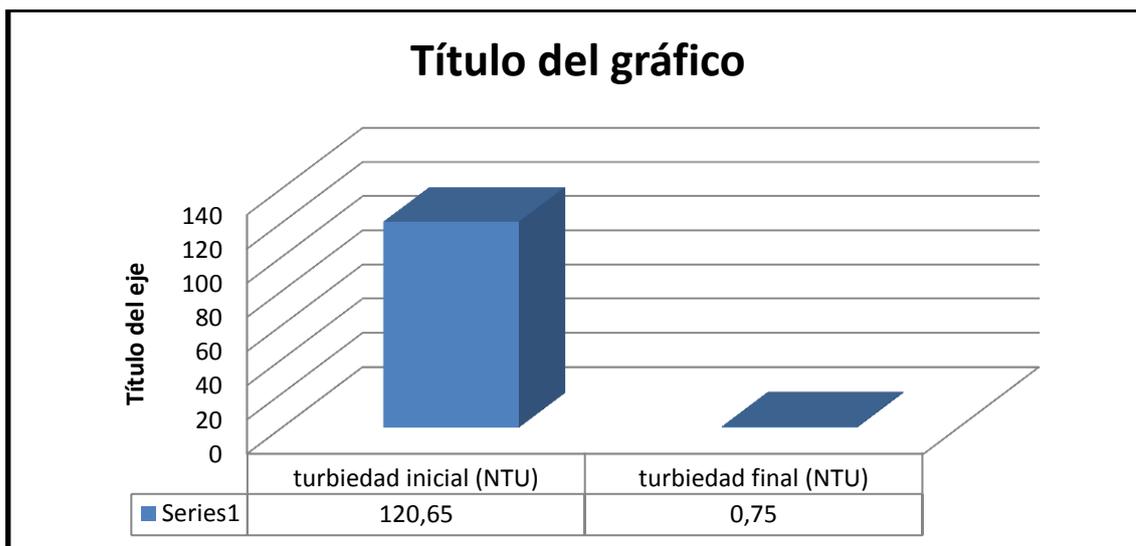
Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 110.27 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.60 %, al dosificar 9.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 4.50 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.97 min y un tiempo de caída del floculo de 1.97 min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.44 NTU**.



**Grafico 13-3:** Tess de jarras – turbiedad 120.65 NTU

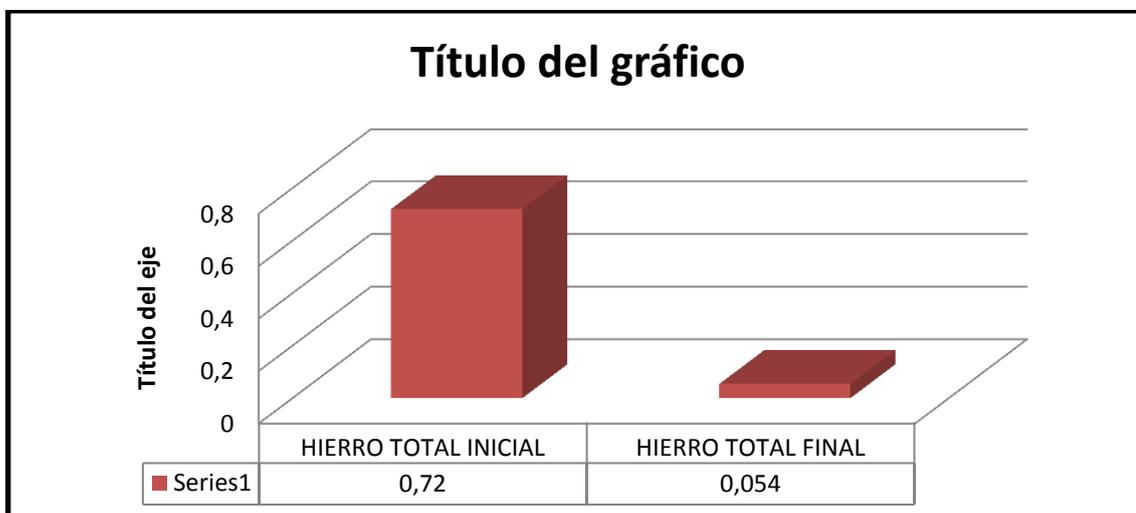
Realizado por: Carvajal José 2015

Realizado el tess de jarras a las muestras que presentaron una turbiedad de 120.65 NTU se determinó que lo más óptimo de las pruebas efectuadas obteniendo un porcentaje de remoción de 99.38 %, al dosificar 15.00 ml de PAC a una concentración de 0.02 y 7.50 ml de auxiliar aniónico con una concentración de 0.80, reportando un tiempo de formación del floculo de 1.87 min y un tiempo de caída del floculo de 2.81min, disminuyendo la turbiedad hasta **0.75 NTU**.



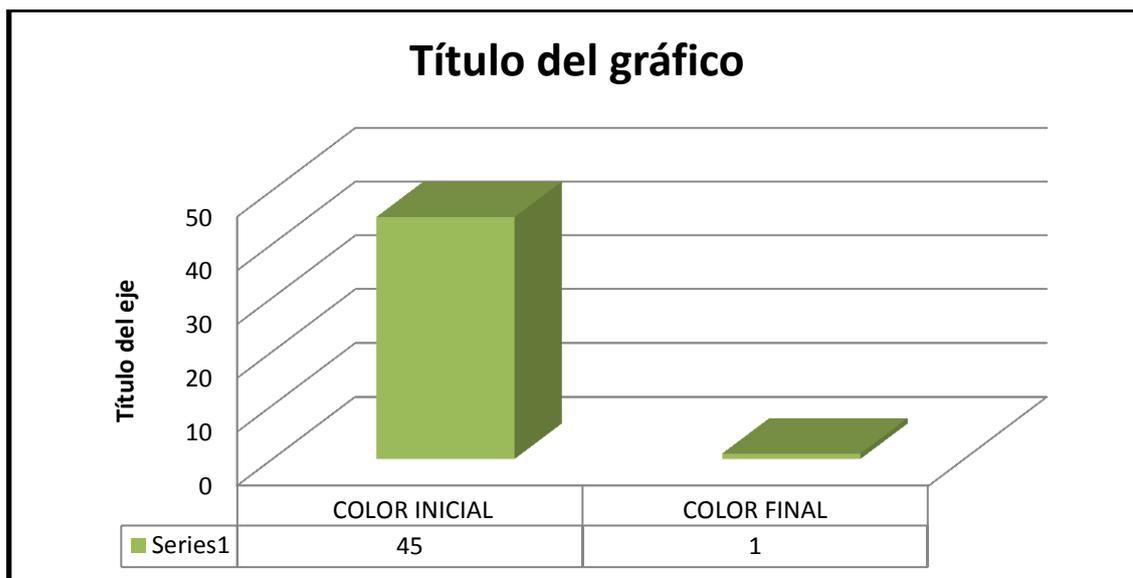
**Gráfico 14-3:** Test de jarras – remoción de turbiedad (NTU)  
 Realizado por: Carvajal José 2015

Como podemos observar en la gráfica 14, la eficiencia del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico CHEMFLOC agentes coagulantes, permitiendo obtener para el valor máximo de turbiedad de 120.65 NTU una disminución a 0.75 NTU con un porcentaje de remoción de la turbiedad del 99.38%.



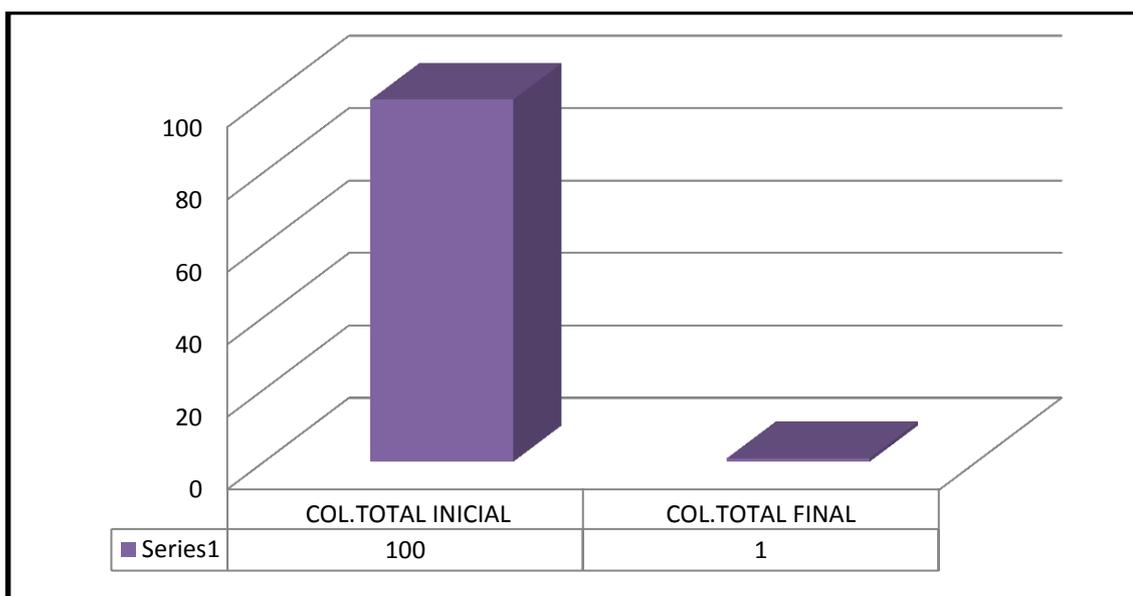
**Gráfico 15-3:** Test de jarras – remoción de hierro (mg/l)  
 Realizado por: Carvajal José 2015

Como se puede observar en la gráfica 15, la eficiencia de los agentes coagulantes y simulando el proceso de aireación, obtenemos porcentajes de remoción de hierro disuelto del 92.500 %, disminuyendo así la dureza presente en el agua y manteniendo las concentraciones por debajo de los límites máximos permisible reportados en la Norma NTE. INEN 1108:2006



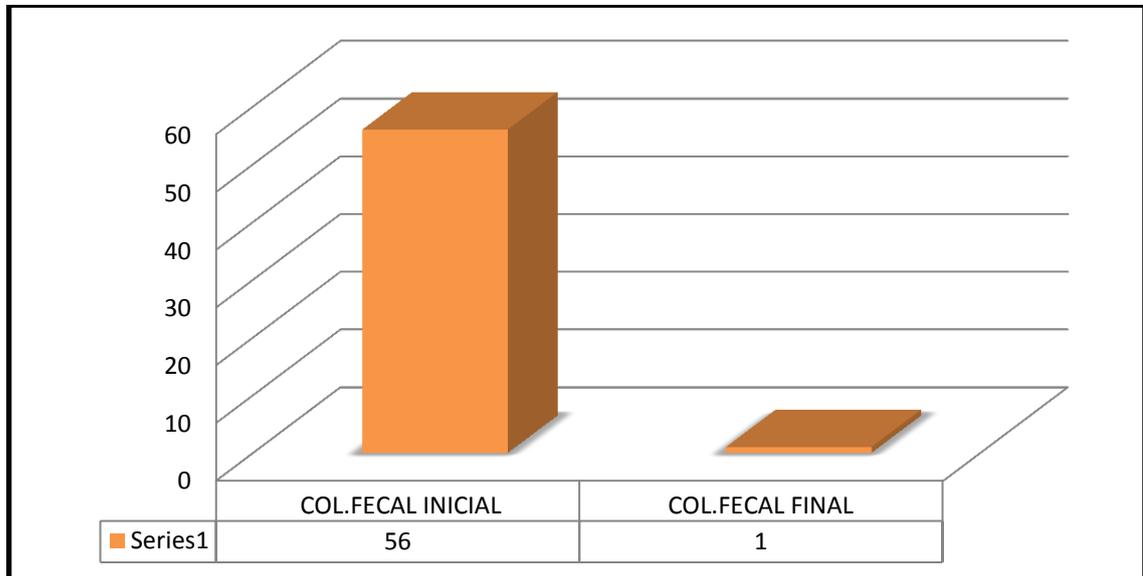
**Grafico 16-3:** Test de jarras – remoción de color (UTC)  
 Realizado por: Carvajal José 2015

Como se puede observar en la gráfica 16, la eficiencia del Policloruro de aluminio (PAC) y del auxiliar aniónico CHEMFLOC agentes coagulantes, permitiendo obtener para valores de color aparente máximo tomado en días de lluvia de 45 UTC causados por los sólidos totales disueltos, un porcentajes de remoción del 81.48 %, resultando valores por debajo de los límites máximos permisibles de 1 Unidad de Color Verdadero (UTC) especificados en la Norma NTE INEN 1108:2006.



**Grafico 17-3:** Remoción de coliformes totales (NMP/100 mL)  
 Realizado por: Carvajal José 2015

Como se puede observar en la gráfica 18, la eficacia del Hipoclorito de Calcio (HTH), permitiendo obtener para un valor máximo de 100 NMP/100 mL una disminución de concentración al 1 NMP/100 mL, ausencia total de colonias con un porcentaje de remoción del 99% encontrándose dentro de las especificaciones de la Normativa.



**Gráfico 18-3:** Remoción de coliformes fecales (NMP/100 mL)  
Realizado por: Carvajal José 2015

Como se puede observar en la gráfica 18, que mediante las pruebas de tratabilidad realizadas a nivel de laboratorio se obtuvo para valores de coliformes fecales de 56 NMP/100 mL una disminución de concentración a 1 NMP/100 mL con un porcentaje de remoción del 99% demostrando ausencia total de colonias y cumpliendo con las especificaciones reportadas en la Normativa.

### 3.8 Propuesta de diseño



### 3.9 Presupuesto general de diseño

#### 3.9.1 3.7.1. Presupuesto de implementación de la planta de agua potable

**Tabla 33-3:** Resumen de presupuesto de planta de agua potable

DESCRIPCIÓN	P.T.
PRESUPUESTO OBRAS PRELIMINARES.-	5.008,00
PRESUPUESTO AIREADOR.-	5.366,96
PRESUPUESTO SEDIMENTADOR.-	11.116,74
PRESUPUESTO FLOCULADOR HORIZONTAL	11.991,29
PRESUPUESTO FILTRO LENTO DE ARENA.-	16.369,61
<b>TOTAL DE PRESUPUESTO</b>	<b>49.852,60</b>
SON: CUARENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS CON, 60/100, DOLARES AMERICANOS.	
<b>ESTOS VALORES NO TIENEN IVA.</b>	

Realizado por: Carvajal José 2015

#### 3.9.2 Presupuesto de obras preliminares de la planta de agua potable

**Tabla 34-3:** Presupuesto obras preliminares

COD	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	LIMPIEZA Y DESBROCE	m <sup>2</sup>	400,00	0,22	88,00
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN GENERAL DE LA OBRA	m <sup>2</sup>	400,00	1,50	600,00
3	BODEGA DE OBRA	m <sup>2</sup>	36,00	120,00	4.320,00
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.008,00</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### 3.9.3 Presupuesto del aireador de bandejas

**Tabla 35-3:** Presupuesto aireador de bandejas

RUBRO	RUBRO DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA.	M3	18,00	10,50	189
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	7,20	7,50	54
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	10,80	4,35	46,98
4	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	3,60	120,50	433,8
5	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=210$ KG/CM2	M3	6,08	216,10	1313,89
6	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM2	KG	850,00	2,50	2125
7	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	0,50	167,70	83,85
8	TUBERÍA PVC Ø 3"	ML	3,50	18,20	63,7
9	TUBERÍA PVC 150mm PARA DRENAJE.	ML	5,30	64,70	342,91
10	H.SIMPLE $F'C=180$ KG/CM2	M3	0,55	140,50	77,275
11	GRAVA (6 - 13 mm); (13 - 19 mm) ; (19 -25 mm)	M3	2,00	80,20	160,4
12	ENLUCIDO VERTICAL	M2	38,40	12,40	476,16
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5.366,96</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### 3.9.4 Presupuesto del floculador de flujo horizontal

**Tabla 36-3:** Presupuesto floculador de flujo horizontal

RUBRO	RUBRO DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA.	M3	62,60	10,50	657,30
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	12,52	7,50	93,90
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	50,08	4,35	217,85
4	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=180$ KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	6,26	120,50	754,33
5	HORMIGÓN SIMPLE $f_c=210$ KG/CM2	M3	24,00	216,10	5.186,40
6	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM2	KG	1.275,50	2,50	3.188,75
7	VERTEDERO DE EXEDENCIAS	U	2,50	146,65	366,63
8	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	1,00	167,70	167,70
9	TUBERIA PVC Ø 3"	ML	3,50	18,20	63,70

10	TUBERIA PVC 150mm PARA DRENAJE.	ML	5,30	64,70	342,91
11	H.SIMPLE F' C= 180 KG/CM2	M3	0,55	140,50	77,28
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.116,74</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### 3.9.5 Presupuesto del sedimentador laminar

**Tabla 37-3:** Presupuesto sedimentador laminar

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA	M3	73,92	10,50	776,16
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	7,40	7,50	55,50
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	66,52	4,35	289,36
4	HORMIGÓN SIMPLE f'c=180 KG/CM2 EN REPLANTILLO, E = 10 CM	M3	3,69	120,50	444,65
5	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 KG/CM2 PARA SEDIMENTADOR	M3	18,20	216,10	3.933,02
6	ACERO DE REFUERZO DE REFUERZO FY = 4200 KG /CM2	KG	485,60	2,50	1.214,00
7	TUBERIA DE DRENAJE ACERO 150 mm (INCLU ACCESORIOS)	ML	16,00	64,70	1.035,20
8	PLANCHAS FERRO-CEMENTO	U	98,00	43,30	4.243,40
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.991,29</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### 3.9.6 Presupuesto de Filtro Lento de Arena (FLA)

**Tabla 38-3:** Presupuesto filtro lento de arena

RUBRO	RUBRO DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	EXCAVACION CON MAQUINA.	M3	90,09	10,50	945,95
2	RELLENO CON SUELO SELECCIONADO EN SITIO	M3	12,04	7,50	90,30
3	DESALOJO DE MATERIAL.	M3	78,05	4,35	339,52
5	HORMIGÓN SIMPLE f'c=180 KG/CM2 EN REPLANTILLO	M3	6,00	120,50	723,00
6	HORMIGÓN SIMPLE f'c=210 KG/CM2 PARA FLA	M3	28,80	216,10	6.223,68
7	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	KG	1.530,60	2,50	3.826,50
8	VERTEDERO DE EXEDENCIAS	M3	1,25	146,65	183,31
9	INVERT H.S 140 KG/CM2	M3	0,50	167,70	83,85
10	TUBERIA PVC Ø 2" PERFORADA PARA DRENAJE.	ML	30,00	19,05	571,50

11	TUBERIA PVC Ø 3" PARA DRENAJE.	ML	19,50	24,20	471,90
12	CANAL ,H.SIMPLE F°C= 180 KG/CM2	M3	1,00	350,20	350,20
13	ARENA MODULO DE FINURA 2.3	M3	42,00	60,95	2.559,90
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 16.369,61</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### 3.9.7 Costo de Químicos al Día

**Tabla 39-3:** Presupuesto de químicos al día

QUÍMICOS	CANTIDAD DE QUIMICO A UTILIZAR (kg/día)	PRECIO DE QUIMICO POR kg (USD)	PRECIO DE QUÍMICO POR DÍA (USD)	PRECIO DE QUÍMICO POR AÑO (USD)
<b>Hipoclorito de Calcio (HTH)</b>	2.192	4	8.768	3 200.320
<b>Policloruro de Aluminio (PAC)</b>	1.370	0.900	1.233	450. 045
<b>Auxiliar Aniónico (CHEMFLOC)</b>	0.274	8	2.192	800.080
<b>TOTAL</b>			<b>12.193</b>	<b>4 450.46</b>

Realizado por: Carvajal José 2015

### **3.10 Análisis y discusión de datos**

Para los parámetros fuera de los límites máximos permisibles reportados en la Norma Obligatoria NTE INEN 1108:2006 segunda revisión fueron de turbiedad, hierro, color, coliformes totales y coliformes fecales se simuló a nivel de laboratorio los procesos de aireación, floculación y sedimentación (test de jarras), filtración y desinfección.

Mediante la prueba de jarras el coagulante que se empleó es el Policloruro de Aluminio (PAC) y el floculante para acelerar el proceso de floculación es el CHEFLOC 932 para valores de turbiedad como mínimo de 25.00 NTU y como máximo de 120.65 NTU realizando el análisis físico-químico y microbiológico al agua tratada se obtuvo eficientemente una disminución de las concentraciones como se puede observar en las tablas 30,31 y 32 y se obtuvo porcentajes de remoción para turbiedad de un 99.38% para hierro de un 92.500 % para color de un 81.48% para coliformes fecales de un 99% y para coliformes totales una disminución de remoción de un 99% y en función a la dosificación del hipoclorito de calcio (HTH) para la desinfección del agua es de 4.910 lb/día.

Por lo expuesto anterior mente podemos decir que el agua a tratar está dentro de los límites máximos permisibles por la norma y es apta para el consumo de los habitantes de la parroquia de Vinchoa.

## CONCLUSIONES

- Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del agua y basándonos en los parámetros de calidad para el agua potable establecidos en la Norma NTE INEN 1108:2006, se identificó que el agua proveniente de la vertiente de Pachakutik-Quivillungo posee concentraciones de turbiedad hasta 120.65 NTU, hierro disuelto hasta 0.720 mg/L, color aparente hasta 45 UTC, coliformes totales hasta 100 NMP/100 ml y coliformes fecales hasta 56 NMP/100 ml, hallándose fuera de los límites máximos permisibles para el consumo.
- Se diseñó un sistema óptimo y adecuado para el tratamiento del agua de vertiente mediante la implementación de una Torre de Aireación que nos ayudara a disminuir la dureza del agua, se usara un mezclador rápido que consta de un vertedero triangular y un Canal Parshal, así también implementaremos un Floculador que nos ayudara a disminuir la turbiedad de agua, también implementaremos un Sedimentador que nos ayudara a eliminar en su mayor parte las partículas sólidas y lodos disueltos, además se usara un Filtro de Arena y Grava, y finalmente se planteó un tanque desinfectante con hipoclorito de calcio (HTH) para purificar en su totalidad el agua, después de haber realizado las pruebas de tratabilidad se puede concluir que el sistema de tratamiento que se propone es el adecuado.
- En base a los cálculos de ingeniería realizado para el diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para la parroquia de Vinchoa se obtuvieron los siguientes valores como se muestra en las tablas: ( 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21)
- Después de realizar las pruebas de tratabilidad físico-químico y microbiológicas al agua, se logró disminuir las concentraciones de turbiedad a 0.44 NTU, el hierro a 0.054 mg/L, color 1 a UTC, coliformes totales a <1\*\* NMP/100 ml y coliformes fecales a <1\*\* NMP/100 ml, cumpliendo con los requisitos específicos de la norma obligatoria NTE INEN 1108:2006.

## RECOMENDACIONES

- ❖ Aplicar el estudio realizado implementando la planta de tratamiento de agua potable en el sector de “Quivillungo” perteneciente a la parroquia Vinchoa, para obtener un abastecimiento de agua óptimo y seguro para el consumo y desarrollo de sus actividades.
- ❖ Realizar periódicamente los análisis físicos-químicos y microbiológicos del agua de la fuente de captación con el objeto de llevar un registro analítico que permita determinar los posibles contaminantes.
- ❖ Para el caudal de diseño se recomienda el uso del vertedero triangular de pared delgada ya que es más preciso para la medición de un amplio rango de caudal que los vertederos rectangulares.
- ❖ El Policloruro de Aluminio (PAC) es altamente cáustico y su contacto puede causar quemaduras e irritación en piel y ojos. Cuando se lo maneje, debe utilizarse ropa protectora como guantes, botas, pantalones y delantales de goma, así como antiparras (anteojos protectores) y máscaras faciales.
- ❖ El Hipoclorito de Calcio HTH es un fuerte oxidante, por lo que se debe evitar contacto con fuego, calor, ácidos, grasas y otros materiales combustibles; mantener en un lugar frío, seco y cerrado con tapa. Cuando se lo maneje use equipo de protección personal adecuado.
- ❖ El proceso de operación y mantenimiento de la planta dependen de la manipulación de los registros

## BIBLIOGRAFÍA

- **ARBOLEDA VALENCIA JORGE**, *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. 3 A ed. México. Mc. Graw Hill. 2009 pp – 23-90. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014].  
Disponible en:  
[http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)
- **BENITES, ALBERTO**. *Captaciones de Agua Subterráneas*, Madrid. Dossat. 1972 p-68. [consulta: 05 de Noviembre 2014]
- **BAN KI-MOON**. *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES)*. Decimo Internacional para La Acción “El agua es Fuente de vida” 2005-2015. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014]. Disponible en:  
<http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- **CLEMENCIATAMAMI** <http://es.slideshare.net/clemenciatamami/tradicion-de-vinchoa> [Consulta: 05 de Noviembre 2014]
- *Diseño de plantas de tecnología apropiada*. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014].  
Disponible en:  
[FICHA%20N%C2%B03%20TALER%20PARA%20CELADORES%20CONSTRUCCION%20VERTEDERO.pdf](#)
- **FRANCISCO PEREZ, MARIO URREA** Capítulo 3. *Potabilización de aguas Tema 6. Coagulación y Floculación*. Cabo Verde-Cartagena 20012 pp 42-44. [en línea] [Consulta: 27 de Octubre 2014]. Disponible en: [http://files/37383832666265633962316339623934/5.\\_Sistemas\\_de\\_potabilizacion.pdf](http://files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf)
- *Guía para el diseño de desarenadores y Sedimentadores capítulo C.6. Sedimentación*. Lima-Perú OPS/CEPIS/05.158 UNATSABAR 2005 pp 16-20. [en línea] [Consulta: 28 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5.\\_Sistemas\\_de\\_potabilizacion.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/5._Sistemas_de_potabilizacion.pdf)

- **Hernán Alonso Restrepo Osorno.** *Evaluación del proceso de coagulación – floculación de una planta de tratamiento de agua potable.* Medellín\_Colombia. 2002. pp 35-40. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239\\_2009.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf)
  
- *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)* Quito- Ecuador Requisitos del agua potable. 1 108:2006 2 revisión pp 6-11. [Consulta: 05 de Noviembre 2014]
  
- **JUAN MURILLO MIRÓ** *El Telégrafo. Parroquia de Vinchoa.* Guaranda-Ecuador. Vinchoa contará con más agua. p 1. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014]. Disponible en: <http://www.telegrafo.com.ec/regionales/regional-centro/item/vinchoa-contara-con-mas-a>
  
- **MAIBELMARTINEZ** *Propiedades Físicas y Químicas del Agua.* [Consulta: 26 de Octubre 2014]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos14/propiedades-agua/propiedades-agua.shtml>
  
- *Organización Mundial de la Salud,* Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición, Volumen 1 págs. 263. [Consulta: 26 de Octubre 2014]
  
- **PAULA ANDREA CORTE.** *Guías de Calidad de Agua Potable.* OPS. Tercera Edición. 2006. p-35. [Consulta: 26 de Octubre 2014]
  
- **ROMERO ROJAS, J.** *Calidad del agua.* 3 A ed. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2009 pp-68-72. [Consulta: 26 de Octubre 2014]
  
- **RICARDO ROJAS.** *Guía Para La Vigilancia De La Calidad Del Agua Para Su Consumo Humano.* CEPIS. 2002. Pp 54-55. [Consulta: 26 de Octubre 2014]
  
- *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras - Sistemas de Potabilización. Capítulo 2. Mezcladores.* Bogotá-Colombia 2000. Pp 35-43. [en línea]

[Consulta: 26 de Octubre 2014]. Disponible en:  
[http://www.ingenieriasanitaria.com/web15/manual2/ma2\\_cap2.pdf](http://www.ingenieriasanitaria.com/web15/manual2/ma2_cap2.pdf)

- *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras - Sistemas de Potabilización de Aguas Tema 6. Capítulo 3. Coagulación y floculación.* Bogotá-Colombia. Pp 45-48. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod\\_resource/content/1/Tema\\_06\\_COAGULACION\\_Y\\_FLOCULACION.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf)
  
- *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Ras - Sistemas de Potabilización Filtros Lentos y Rápidos.* Bogotá-Colombia 2000. Pp 64-70. [en línea] [Consulta: 05 de Noviembre 2014]. Disponible en: [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2\\_cap3.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/ma2_cap3.pdf)
  
- *Unidad de Organizaciones de Usuarios y Eficiencias Hídrica de la Dirección General de Aguas.* Editor Centro de Agua Para la Agricultura 2011. [en línea] [Consulta: 26 de Octubre 2014]. Disponible en: <http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion>

## ANEXOS

### Anexo A: Descripción de métodos de análisis

Determinación	Método	Descripción
Recolección de muestras		Recoger 3 tipos de muestras (Agua captada, agua tratada, agua de la red de distribución)
Color	Comparativo	Observación a través del comparador de color.
Turbiedad	Nefelométrico	Utilizar el Turbidímetro para el análisis
Ph	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Solidos Totales Disueltos	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, y se registra el valor obtenido.
Conductividad	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal, del conductímetro, y se registra su valor.
Aluminio	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra en un tubo de inversión, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Amonio Nessler	Espectrofotométrico	Tomar 25 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.
Dureza	Volumétrico	50 ml de muestra + 1ml solución tampón para dureza+ una pizca de negro de Eriocromo T en polvo, y titular con EDTA 0.02N
Fluoruro Manganeso Amonio Salicílico	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.

<p>Bario</p> <p>Cloro total</p> <p>Cobalto</p> <p>Cromo Total</p> <p>Hierro</p> <p>Molibdeno</p> <p>Nitratos</p> <p>Trihalometanos totales</p> <p>Bromo</p> <p>Cloruros</p> <p>Cobre</p> <p>Cromo IV</p> <p>Fosfatos</p> <p>Manganeso</p> <p>Nitritos</p> <p>Sulfatos</p> <p>Níquel</p>	<p>Espectrofotométrico</p>	<p>Tomar 10 ml de muestra, colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.</p>
<p>Plata</p> <p>Zinc</p> <p>Plomo</p> <p>Cianuro</p>	<p>Fotómetro</p>	<p>Colocar los reactivos indicados en el manual y registrar los resultados obtenidos.</p>
<p>Coliformes totales/ Coliformes fecales</p>	<p>Sembrado</p>	<p>Esterilizar el equipo microbiológico de filtración, Tomar 50ml de la muestra y filtrar, añadir el reactivo y sembrar a la temperatura correspondiente.</p>

**Fuente:** Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPAG

**Anexo B:** Técnicas utilizadas recolección de muestras STÁNDAR MHETODS \*1060 C

FUNDAMENTOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO
Método de selección de muestras de una población para estudiar algún aspecto de los individuos que la componen.	Recipientes de plástico transparente o vidrio. Capacidad de 1000ml y 100ml.	Recoger tres (3) tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 1000ml.

\* STANDARD METHODS 1060, Edición 17

**Anexo C:** Determinación de la temperatura

FUNDAMENTO	MATERIALES	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULO
Magnitud que mide el estado térmico de un sistema termodinámico en equilibrio.	Termómetro en escala centígrada	Introducir el bulbo del termómetro en la muestra. Esperar unos segundos hasta estabilizar el nivel de mercurio.		$K = 273,15 + C$ Donde: K=temperatura en escala absoluta C=temperatura en escala centígrada

\*STANDARD METHODS 2550, Edición

**Anexo D:** Manual de métodos analíticos para el control del tratamiento de aguas

<b>CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA</b>	<b>Definición</b>	<p>La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de la corriente eléctrica. Para Establecer una comparación de las propiedades conductoras de diferentes materiales, existe un patrón denominado “Conductividad Eléctrica Específica” que se define como la conductividad de un cubo de sustancia, de un centímetro de lado. El agua químicamente pura ostenta una conductividad eléctrica muy baja, significando esto que es un buen aislante, sin embargo con la adición de una pequeña cantidad de minerales disueltos, el agua se vuelve conductiva. La conductividad es la inversa de la resistividad, por tanto <math>\sigma=1/\rho</math>, y su unidad es el S/m (siemens por metro) o <math>\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}</math>. Los valores de la conductividad específica de las aguas subterráneas se reportan en millonésimas de mhos o micromhos. La conductividad de una solución de agua, de materia mineral, aumenta conforme a la temperatura</p>
	<b>Equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conductímetro</li> </ul>
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vasos de precipitación</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Procedimiento</b>	<p>Es aconsejable operar con el material de vidrio rigurosamente limpio y lavado antes de su uso con agua destilada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua.</li> <li>– Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.</li> <li>– Determinamos el parámetro de medida (<b>Cond</b>) en el equipo y presionamos <b>READ</b>. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable.</li> <li>– Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	La conductividad del agua que nos da directamente.
COLOR	<b>Definición</b>	Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. 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.
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Colorímetro</li> </ul>
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Agua destilada</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> <li>– Cubetas</li> </ul>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo.</li> <li>– Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo.</li> <li>– Proceder a medir en el instrumento.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	Los datos del color real del agua se indican directamente en el colorímetro, en caso de sobrepasar las lecturas, el valor será multiplicado por la constante indicada luego de la respectiva dilución de la muestra filtrada.
	<b>Definición</b>	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 <sup>+</sup> . 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

POTENCIAL HIDROGENO		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.
	<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solución Buffer pH 4 (caducidad fijada por el fabricante)</li> <li>- Solución Buffer pH 7 (caducidad fijada por el fabricante)</li> <li>- Agua destilada.</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Equipo y Materiales de Vidrio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potenciómetro</li> <li>- 2 vasos de vidrio</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>
	<b>Determinación de pH en una muestra de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ.</li> <li>- Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla.</li> <li>- Registre el valor.</li> <li>- Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	El valor de pH que nos da directamente el equipo.
	<b>Definición</b>	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. En lagos la turbiedad es debida a dispersiones extremadamente finas y coloidales, en los ríos, es debido a dispersiones normales. La turbidez se mide

TURBIDEZ		en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez.
	<b>Alcance y Aplicación</b>	Este procedimiento clasifica la turbidez de las muestras asignándoles un valor en NTU para representar la turbidez. Este valor es la proporción de la luz reflejada a un ángulo de 90 <sup>a</sup> de una fuente contra la luz transmitida directamente a través de la muestra. Hay también una corrección hecha por la luz "forward scattered". Esta ayuda reduce los errores causados por algunos colores y celdas de vidrio. Si las muestras son demasiado turbias para el análisis directo, es posible obtener los resultados por diluciones precisas y multiplicando los resultados por el factor de dilución.
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbidímetro 2100 P</li> </ul>
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de vidrio</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Aceite de silicona</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Siempre mueva las burbujas de las muestras en las celdas, pues no se obtendrán lecturas aceptables.</li> <li>- Suave calentamiento se usara como último recurso para eliminar las burbujas.</li> <li>- Si solo hay unas pocas partículas grandes, no reporte valores de estas partículas.</li> <li>- Muestras con valores muy altos de NTU deben ser diluidas con agua filtrada en la misma proporción y determinar su valor multiplicando por el factor de dilución.</li> <li>- Asegúrese de lavar las celdas con al menos dos volúmenes de la muestra antes de usar la celda para otra medida.</li> <li>- No use las celdas para almacenamientos largos de la muestra.</li> </ul>
		Después de una calibración o los chequeos de calibración son aceptables, las muestras pueden correrse siguiendo

	<b>Procedimiento</b>	<p>lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo.</li> <li>- Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usará si no hay otra forma de preparar la muestra.</li> <li>- Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar <b>READ</b>, esperar que se estabilice el instrumento.</li> <li>- Registrar el valor.</li> </ul> <p>No almacene las muestras en las celdas. Después de usar lave con un solvente adecuado y luego con agua destilada. Almacene las celdas invertidas.</p>
	<b>Cálculos</b>	El valor que nos da directamente el equipo.
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	<b>Definición</b>	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.
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conductímetro</li> <li>- Electrodo</li> </ul>
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vasos de precipitación</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Muestra de agua</li> <li>- Limpiadores</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente</li> </ul>

	<b>Procedimiento</b>	<p>que contiene el agua examinar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (<b>STD</b>) y presionamos <b>READ</b>. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura.</li> <li>- Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	Los sólidos Totales del agua que nos da directamente.
	<b>Definición</b>	<p>El cloro se produce en grandes cantidades y se utiliza habitualmente en el ámbito industrial y doméstico como un notable desinfectante y como lejía. Cuando el agua se ha tratado con Cloro de hipoclorito de calcio (HTH) o cloro gas, para ayudar a la desinfección es necesario regular la dosificación y determinar la cantidad de cloro residual, para garantizar la desinfección de bacterias y virus. En particular, se utiliza ampliamente para la desinfección de piscinas y es el desinfectante y oxidante más utilizado en el tratamiento del agua de consumo. El cloro reacciona con el agua formando ácido hipocloroso e hipocloritos.</p>
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>- Sobres de reactivo de cloro total DPD en polvo, 10ml</li> <li>- Pipeta</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de</b>	<p>Las muestras deben ser analizadas inmediatamente y no pueden conservarse para un futuro análisis. Si la prueba sale de los límites, diluir la muestra con un volumen conocido de agua sin demanda de cloro y de</p>

CLORO TOTAL	<b>comenzar</b>	buena calidad y repetir la prueba. Debido a la dilución puede producirse una pérdida de cloro. Multiplicar el resultado por el factor de dilución. En presencia de cloro aparecerá un color rosa, después de la adición del reactivo DPD.
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>80 cloro L&amp;T PP</b>.</li> <li>- Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas.</li> <li>- Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo Chlorine Total-DPD. Agitar con rotación durante 20 segundos.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comienza un tiempo de reacción de 3 minutos.</li> <li>- Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cl<sub>2</sub>.</li> <li>- Dentro de los 3 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Cl<sub>2</sub>.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	Los mg/ L Cl <sub>2</sub> que aparecen en la pantalla.
	<b>Definición</b>	Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/L. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud. Se trata de un elemento benéfico para el metabolismo, esencial para la formación de la hemoglobina. Sin embargo, si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones hepáticas o renales. Los peces son especialmente sensibles a este elemento

COBRE		y se ven indirectamente afectados cuando, al actuar el cobre como alguicida, elimina la capacidad de captación de oxígeno del agua y disminuye el OD a concentraciones tan pequeñas que ya no es posible el desarrollo de estas especies. La presencia del cobre en el agua está relacionada principalmente con la corrosión de las cañerías en la vivienda, la erosión de depósitos naturales, entre otros
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de cobre CuVer 1 en polvo</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>La determinación de cobre total requiere digestión previa.</p> <p>Antes del análisis ajustar el pH de las muestras conservadas con ácido a 4-6 con solución de hidróxido de potasio 8,0 N.</p> <p>Si hay cobre presente, se formara un color violeta si la muestra se mezcla con el reactivo. El polvo no disuelto afectara a la precisión.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra efectuar un ajuste del blanco de reactivo.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>135 Cobre Bicin</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo CuVer 1 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.00mg/L Cu.</li> <li>- Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Cu.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	Los mg/ L Cu que aparecen en la pantalla.
<p>CROMO HEXAVALENTE</p>	<b>Definición</b>	<p>El Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua. El cromo metálico y los derivados del cromo (VI) usualmente son de origen antropogénico. La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales. La forma química dependerá de la presencia de materia orgánica en el agua, pues si está presente en grandes cantidades, el cromo (VI) se reducirá a cromo (III), que se podrá absorber en las partículas o formar complejos insolubles. Estos complejos pueden permanecer en suspensión y ser incorporados a los sedimentos. La proporción de cromo (III) es directamente proporcional a la profundidad de los sedimentos. En teoría, el cromo (VI) puede resistir en este estado en aguas con bajo contenido de materia orgánica, mientras que con el pH natural de las aguas, el cromo (III) formará compuestos insolubles, a menos que se formen complejos. Se desconoce la proporción relativa de cromo (III) y cromo (VI) en las aguas. Los compuestos de cromo (VI), que son fuertes agentes oxidantes, tienden a ser irritantes y corrosivos. Se ha demostrado que el cromo (VI) es carcinógeno para los seres humanos</p>

	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>- Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>En caso de que hubiese una concentración de cromo elevada, se tomará un precipitado. Diluir la muestra.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>Las muestras finales son muy ácidas. Neutralizar hasta pH 6-9 con una solución de patrón de hidróxido sódico y echar al desagüe par su eliminación. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>90 Cromo hex.</b></li> <li>- Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo. Agitar con rotación para mezclar.</li> <li>- En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</li> <li>- Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.000mg/L Cr<sup>6+</sup>.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/L Cr<sup>6+</sup>.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	El resultado mg/L Cr <sup>6+</sup> .que aparecerá directamente en la pantalla.
<b>DUREZA</b>	<b>Definición</b>	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). 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.
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matraces de 125 ml</li> <li>- Buretas de 50 ml</li> <li>- Pipeta de 1-10 ml</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Solución EDTA (0.02 N)</u> Se pesan 3.721 g de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético y se disuelve a 1 litro de agua destilada.</li> <li>- <u>Indicador negro de eriocromo T</u></li> </ul>

	<b>Reactivos</b>	<p>Se pesan 0.4 g de negro eriocromo T y se diluye en alcohol absoluto a 96° Gl, obtenemos una solución al 0.4%.</p> <p>– <u>Solución Buffer</u> Se pesan 10 g de ácido Bórico y se diluye a 100 ml con agua destilada, esta solución se lleva a un pH 10-12 con NaOH al 40%. Esta solución es el tampón.</p>
	<b>Validación de los Reactivos</b>	<p>Preparar una solución estándar de Cloruro de magnesio (CL<sub>2</sub>Mg) pesando aproximadamente 0.228 g, diluir a un litro de agua destilada, a partir de esta solución preparamos soluciones estándares que contengan concentraciones que van entre 10-30-50-80-100 ppm. Procedemos a determinar la dureza de estas soluciones. Si el resultado está dentro de +/- 2.5 % del valor nominal del estándar se pueden continuar utilizando los reactivos, caso contrario se desechan y se preparan nuevos reactivos. Los estándares se preparan una vez cada mes y se determina la dureza cada semana.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<p>– Tomar 50 ml de muestra, adicionamos 1 ml de solución tampón, agitar lentamente para que se mezcle, luego adicionamos unas gotas de indicador negro eriocromo T, si la coloración de la muestra es un rojo vino, procedemos a titular con la solución EDTA hasta cambio de coloración azul, indica que el agua tiene presencia de Sales de Calcio y Magnesio. por lo que la dureza es 0.0 ppm, también podemos afirmar que el agua es ablandada.</p>
	<b>Cálculo</b>	<p>Se expresa como ppm de CaCO<sub>3</sub> mediante la siguiente fórmula:</p> $\text{ppm CaCO}_3 = V * F$

		<p>Donde:</p> <p>V= ml gastados de EDTA en la titulación</p> <p>F=17.1 Factor utilizado.</p> <p><u>Dureza cálcica.</u></p> <p>El método que se utiliza es el mismo que para dureza total que es el método complexométrico. Para reportar los datos utilizamos la misma fórmula de dureza total, obteniendo los resultados en ppm de Ca CO<sub>3</sub> procedemos a realizar una relación en 100 g de Ca CO<sub>3</sub> donde obtendremos 40 g de Ca<sup>++</sup>. En el resultado obtenido de calcio tenemos y reportamos en ppm de Ca<sup>++</sup>.</p>
FLORUROS	<b>Definición</b>	<p>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. Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen muy diversas aplicaciones industriales, como la producción de aluminio. Pueden liberarse al medio ambiente fluoruros procedentes de rocas que contienen fosfato empleadas en la fabricación de fertilizantes fosfatados; estos depósitos de fosfato contienen un 4% de flúor aproximadamente.</p>
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Solución de reactivo SPANDS</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Muestra de agua</li> </ul>

	<p><b>Reactivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pipeta volumétrica de 2 ml</li> <li>- Soporte universal</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Termómetro 10 a 100 °C</li> </ul>
	<p><b>Antes de comenzar</b></p>	<p>La muestra y el agua destilada deben estar a una misma temperatura (<math>\pm 1</math> °C).          Para obtener mejores resultados medir el volumen de reactivo SPANDS lo más preciso posible.          El reactivo ESPANDS es tóxico y corrosivo</p>
	<p><b>Procedimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>190 Fluoruro</b>.</li> <li>- Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra.</li> <li>- Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar <b>OK</b>. Comienza un periodo de reacción de 1 minutos.</li> <li>- Dentro del 1 minuto después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de las cubetas (la muestra preparada y el blanco) y colocar las cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.00mg/L F<sup>-</sup>.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L F<sup>-</sup>, proceder a registrar en valor.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>El resultado mg/L F<sup>-</sup>.que aparecerá directamente en la pantalla.</p>
		<p>Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos. Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas</p>

FOSFORO	<b>Definición</b>	indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos, etcétera. Para una buena interpretación de la presencia de fosfatos en las fuentes de aguas crudas, es recomendable la diferenciación analítica de las especies químicas existentes en ellas. La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos. Estos pueden generarse a partir de los ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos del cuerpo hídrico. Otra fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.
	<b>Equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de fosfato PhosVer 3 en polvo</li> <li>– Tapón para cubeta</li> <li>– Limpiadores</li> <li>– Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>En presencia de fosfato aparecerá un color azul.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>490 P react. PV.</b></li> <li>– Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo PhosVer 3 en polvo. Tapar la cubeta inmediatamente y agitar vigorosamente durante 30 segundos para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de</li> </ul>

	<p><b>Procedimiento</b></p>	<p>2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión mediante el procedimiento de digestión para ácido persulfato, dejar 10 minutos de tiempo de reacción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.00mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>El resultado mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> que aparece directamente en la pantalla.</p>
	<p><b>Definición</b></p>	<p>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. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo que hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico. En las aguas superficiales, el hierro puede estar también en forma de complejos organoférricos y, en casos raros, como sulfuros. Este metal en solución contribuye con el desarrollo de microorganismos que pueden formar depósitos molestos de óxido férrico en la red de distribución.</p>
	<p><b>Equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<p><b>Materiales y</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>- Sobres de reactivo de hierro FerroVer en polvo</li> </ul>

HIERRO	<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tapón para cubeta</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>La determinación de hierro total necesita digestión previa.</p> <p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>265 Hierro FerroVer.</b></li> <li>- Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra.</li> <li>- Añadir el contenido de un sobre de hierro FerroVer en polvo., agitar, con rotación, para mezclar.</li> <li>- Después de añadir en reactivo se formará un color anaranjado si existe hierro.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador.</li> <li>- (Las muestras que contienen de óxido de hierro visible dejarlas reaccionar al menos 5 minutos.)</li> <li>- Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.000mg/L Fe.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición.</b> El resultado aparecerá en mg/L Fe.</li> </ul>
	<b>Cálculos</b>	El resultado en mg/L Fe que aparecen directamente en la pantalla

MANGANESO	<b>Definición</b>	<p>El manganeso es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. 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. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales disueltas de manganeso pueden impartir un sabor desagradable al agua. La presencia de manganeso en el agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que forman depósitos insolubles de estas sales, debido a que se convierte, por oxidación, de manganeso en solución al estado mangánico en el precipitado.</p>
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de ácido ascórbico en polvo</li> <li>– Solución indicadora PAN 0.1%</li> <li>– solución de reactivo de cianuro alcalino</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Tapón para cubeta</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Lavar todos los artículos con solución de ácido nítrico en la proporción de 1 a 1. Volver a lavar con agua destilada.</p> <p>La solución alcalina de cianuro contiene cianuro. Estas soluciones deberán ser recogidas para su eliminación como residuo peligroso. Asegúrese que las soluciones de cianuro son almacenadas en una solución cáustica con un pH&gt;11 para prevenir el escape de gas de hidrógeno de cianuro. Consultar en</p>

		<p>una ficha de seguridad de materiales (MSDS) actual las instrucciones de seguridad de manipulación y eliminación.</p>
	<p><b>Procedimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>290 Manganeso RB PAN</b>.</li> <li>- Para preparar el blanco, llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada.</li> <li>- Preparar la muestra; llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml con muestra.</li> <li>- Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo. Tapar las cubetas e invertir con cuidado para disolver el polvo.</li> <li>- Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar. En algunas muestras puede tomarse una solución turbia. La turbidez deberá disiparse en el paso siguiente.</li> <li>- Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN 0.1%, a cada cubeta. Agitar con cuidado para mezclar.</li> <li>- Si hay manganeso presente, la muestra preparada producirá un color anaranjado.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 2 minutos.</li> <li>- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.000mg/L Mn</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/L Mn.</li> </ul>
	<p><b>Cálculos</b></p>	<p>El valor de mg/L Mn que aparece directamente en la pantalla.</p>

NITRATO	<b>Definición</b>	Los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO <sub>3</sub> ) 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.
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de NitraVer 5 en polvo</li> <li>– Limpiadores</li> <li>– Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p> <p>Después de disolverse el nitraVer 5 quedará un sedimento de metal no oxidado, que no afectara a los resultados.</p> <p>Este método es sensible a la técnica de agitación influyen a la forma del color. Para obtener resultados de la máxima precisión efectuar ensayos sucesivos en una solución patrón de 10 mg/L de nitrato-nitrógeno. Ajustar el tiempo y la técnica de agitación para conseguir el resultado correcto.</p> <p>Lavar la cubeta inmediatamente después de usarla para eliminar todas las partículas de cadmio ya que las muestras preparadas contendrán cadmio.</p>

	<p><b>Procedimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>355 N Nitrito RA PP</b>.</li> <li>- Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta cuadrada, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 5 en polvo. Tapar la cubeta.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar <b>OK</b>, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Agitar vigorosamente hasta que suene el temporizador.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, comenzará un tiempo de reacción de 5 minutos. En presencia de nitrato aparecerá un color ámbar.</li> <li>- Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.0mg/L NO<sub>3</sub>-N.</li> <li>- En el transcurso de un minuto desde que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/L NO<sub>3</sub>-N.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>El valor de mg/L NO<sub>3</sub>-N que aparece en la pantalla.</p>
	<p><b>Definición</b></p>	<p>Los nitritos (sales de ácido nitroso, HNO<sub>2</sub>) 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. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas, tanto superficiales como</p>

NITRITO		<p>subterráneas. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.</p>
	<b>Equipo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro DR 280</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>- Sobres de reactivo de NitraVer 3 en polvo, 10ml</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Muestra de agua</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua destilada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>371 N Nitrito RB PP</b>.</li> <li>- Lavar las cubetas y la pipeta con la muestra antes de usarlas.</li> <li>- Colocar con la pipeta 10 ml de muestra en la cubeta, añadir el contenido de un sobre de reactivo NitraVer 3. Agitar la cubeta con rotación, para mezclar. En presencia de nitrito aparecerá un color rosa.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 20 minutos. Durante este tiempo efectuar los siguientes pasos.</li> <li>- Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0.000mg/L NO<sub>2</sub>-N.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (muestra preparada) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/L NO<sub>2</sub>-N.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	El valor de mg/L NO <sub>2</sub> -N que aparece en la pantalla.
SULFATOS	<b>Definición</b>	<p>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. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio. Este efecto es más significativo en niños y consumidores no habituados al agua de estas condiciones. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas en el agua ácida, le confiere propiedades corrosivas.</p>
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de SulfaVer 4 en polvo</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>680 Sulfate</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con</li> </ul>

	<p><b>Procedimiento</b></p>	<p>muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo SulfaVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos.</li> <li>- Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</li> <li>- Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L <math>\text{SO}_4^{2-}</math>.</li> <li>- Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>- Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L <math>\text{SO}_4^{2-}</math></li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>Los mg/ L <math>\text{SO}_4^{2-}</math> que aparecen en la pantalla.</p>
<p>ALUMINIO</p>	<p><b>Definición</b></p>	<p>El aluminio es un componente natural de las aguas superficiales y subterráneas. Todas las aguas contienen aluminio. En aguas neutras está presente como compuestos insolubles, y en aguas altamente ácidas o alcalinas se puede presentar en solución.</p> <p>Algunos estudios epidemiológicos han investigado la posible relación entre el aluminio en el agua y la Enfermedad de Alzheimer. Estos muestran resultados muy diversos, sobre todo por la dificultad de corregir todos los muchos factores que influyen en el resultado</p>
	<p><b>Equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espectrofotómetro DR 2800</li> </ul>
	<p><b>Materiales y Reactivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>- Sobres de reactivo de Ácido Ascórbico, AluVer 3, Bleaching 3 en polvo</li> <li>- Pipeta</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	La determinación de aluminio total requiere una digestión previa. Lavar los artículos de vidrio con ácido clorhídrico 6.0 N o con agua destilada antes de usarlos, para evitar los contaminantes absorbidos en el vidrio.
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>10 Aluminio, Alumin.</b></li> <li>– Colocar 50 mL de agua de la muestra en un matraz , añadir el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo, tapar el matraz e invertir despacio varias veces para disolver el polvo, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo de aluminio AluVer 3 en polvo, en presencia de aluminio se formará un color rojo – naranja, seleccionar el temporizador y pulsar OK, invertir el tubo repetidamente durante un minuto para disolver el polvo, si existe polvo sin disolver se obtendrán resultados erróneos (Solución A).</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar la cubeta cuadrada, con 10 ml de la solución A y añadir el contenido de un sobre de reactivo Bleaching 3 en polvo, presionar el temporizador y pulsar OK, agitar con rotación enérgicamente durante 30 segundos. Esta solución debería adquirir un color anaranjado de claro a medio.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comenzará un período de reacción de 15 minutos.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar la cubeta cuadrada con 10 mL de la solución A, limpiar bien el exterior de la cubeta.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Al <sup>3+</sup></li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Al <sup>3+</sup></li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Al <sup>3+</sup> que aparecen en la pantalla.

<b>BARIO</b>	<b>Definición</b>	<p>El bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias. Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. El bario tiene ocurrencia natural en el agua ambiente, comprendiendo esto a las aguas subterráneas y a las superficiales. A esta ocurrencia basal, definida por las condiciones geoquímicas locales, se le adiciona la resultante de aportes antropogénicos. Estos comprenden la deposición de material particulado emitido a la atmósfera, proveniente de fuentes tales como la extracción y procesamiento de minerales de bario y la combustión de combustibles fósiles, y el vertido de líquidos residuales de actividades industriales que involucran la producción o la utilización de compuestos de bario.</p>
	<b>Equipo</b>	Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de BariVer 4</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados más precisos, determinar un valor de blanco de reactivo para cada nuevo lote de reactivos. Siga el procedimiento que utiliza agua desionizada agua en lugar de la muestra. Restar el valor del blanco de reactivo de los resultados finales o realizar un blanco de reactivos ajustar. Filtrar las muestras de agua altamente coloreadas o turbias utilizando un funnel y documento1 filtro. Grandes cantidades de color o turbidez pueden interferir y causar lecturas altas.</p> <p>Inmediatamente después de cada prueba, limpiar la celda de muestra con jabón, agua, y un cepillo para evitar la formación de una película dentro de la</p>

		celda de muestra.
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>20 Barium</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo BariVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Ba<sup>2+</sup>.</li> <li>– Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Ba<sup>2+</sup>.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Ba <sup>2+</sup> que aparecen en la pantalla.
	<b>Definición</b>	Los bromatos en el agua potable son indeseables debido a que se sospecha que pueden tener un efecto carcinógeno sobre humanos. Los únicos organismos que desarrollan tumores con bromato de potasio, también desarrollaron tumores con carbonato de potasio. No se ha observado que el bromato de sodio produzca tumores en organismos, lo cual ha sido ampliamente demostrado.
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de DPD Total</li> </ul>

BROMO		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Analizar las muestras inmediatamente. No conservar para su posterior análisis. Para obtener resultados más precisos, determinar un valor de blanco de reactivo para cada nuevo lote de reactivos. Siga el procedimiento que utiliza agua desionizada agua en lugar de la muestra. Restar el valor del blanco de reactivo de los resultados finales o realizar un blanco de reactivos ajustar. Si la muestra se vuelve amarilla temporalmente después de la adición de reactivos, diluya una muestra nueva y repita la prueba. Una ligera pérdida de bromo puede ocurrir debido a la dilución.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>50 Bromine</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo DPD Total en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 3 minutos.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Br<sub>2</sub>.</li> <li>– Dentro de los 3 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Br<sub>2</sub>.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Br <sub>2</sub> que aparecen en la pantalla.

CIANUROS	<b>Definición</b>	El cianuro se encuentra generalmente combinado con otros productos químicos formando compuestos. Ejemplos de compuestos simples de cianuro son el ácido cianhídrico, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio. El cianuro puede ser producido por ciertas bacterias, hongos y algas, y ocurre en un sinnúmero de alimentos y plantas.
	<b>Equipo</b>	– Fotómetro PF – 12
	<b>Materiales y Reactivos</b>	– Tubos de test de Cianuro 08 – 1 x NANOFIX, R <sub>2</sub> – 500 µl, R <sub>3</sub> – Pipeta de émbolo con puntas – Limpiadores
	<b>Procedimiento</b>	– Abrir el tubo de test de Cianuro 08. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 4 y 10) y colocar 1x NANOFIX, R <sub>2</sub> , agitar y posteriormente colocar 500 µl, R <sub>3</sub> y agitar. – Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 10 min.
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L CN <sup>-</sup> que aparecen en la pantalla.
	<b>Definición</b>	La presencia de cloruros en el agua subterránea 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.
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y</b>	– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml – Solución férrica y Solución de tiocianato de mercurio – Agua destilada

CLORUROS	<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Antes de su análisis, filtrar las muestras turbias con un embudo y un filtro de papel medianamente rápido. Tanto la muestra como el blanco contendrán mercurio (D009) en una concentración regulada como residuo peligroso por la Federal RCRA [Resource Conservation and Recovery Act / Ley Federal sobre la Conservación y Recuperación de Recursos]. Productos químicos y soluciones para análisis deben descartarse de acuerdo a los reglamentos nacionales pertinentes.</p>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>70 Cloruro</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Cl<sup>-</sup>.</li> <li>– Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Cl<sup>-</sup>.</li> </ul>

	<b>Cálculos</b>	Los mg/ L Cl <sup>-</sup> que aparecen en la pantalla.
COBALTO	<b>Definición</b>	Se encuentra distribuido con amplitud en la naturaleza y forma, aproximadamente, el 0.001% del total de las rocas ígneas de la corteza terrestre, en comparación con el 0.02% del níquel. La cantidad excesiva de cobalto produce déficit de hierro y cobre (el efecto tóxico = efecto de desplazamiento): aumenta la cantidad de hojas cloróticas, que luego se tornan necróticas y terminan marchitándose.
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de EDTA en polvo</li> <li>– Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo</li> <li>– Solución del indicador PAN 0.3 %</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra, respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco. (Véase el manual de instrucciones para obtener información adicional sobre el "Uso de un blanco de reactivo").</p> <p>Si la temperatura de esta muestra es inferior a 10 °C (50 °F), caliéntela hasta la temperatura ambiente antes de realizar el análisis.</p>
		– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>110 Cobalto</b> .

	<p><b>Procedimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 3 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo.</li> <li>– Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Co.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Co.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>Los mg/ L Co que aparecen en la pantalla.</p>
	<p><b>Definición</b></p>	<p>El cromo es un elemento natural ubicuo, que se encuentra en las rocas, plantas, suelos, animales y en los humus y gases volcánicos. Puede funcionar con distintas valencias y en el ambiente se encuentra en varias formas; las más comunes son las derivadas del cromo trivalente o cromo III y las cromo hexavalente o cromo VI.</p>
	<p><b>Equipo</b></p>	<p>– Espectrofotómetro DR 2800</p>

CROMO TOTAL	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo ácido en polvo</li> <li>– Sobres de ChromaVer 3 en polvo</li> <li>– Sobres de reactivo cromo 1</li> <li>– Sobres de reactivo cromo 2</li> <li>– Placa caliente</li> <li>– Baño maría y gradilla</li> <li>– Cubetas de 25 mL.</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra. Restar la lectura del blanco a la lectura de la muestra, respectivamente; con el instrumento se puede comparar automáticamente con el ajuste del blanco. (Véase el manual de instrucciones para obtener información adicional sobre el "Uso de un blanco de reactivo").</p> <p>Utilizar dediles para manipular las cubetas de análisis calientes.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>100 Cromo Total</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta circular de 25 ml con agua de la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo cromo 1, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, posteriormente colocar en un baño de agua hirviendo por el lapso de 5 minutos, luego de este tiempo retirar la muestra</li> </ul>

	<b>Procedimiento</b>	<p>preparada y enfriar la cubeta hasta 25 °C utilizando agua corriente, una vez enfriada la muestra añadir un sobre de reactivo cromo 2 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta e invertir para mezclar, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo acido en polvo en la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, posteriormente añadir el contenido de un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos, durante el tiempo de reacción llenar la cubeta cuadrada de una pulgada con 10 mL de la solución prepara de 25 mL.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua de la muestra.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Cr.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Cr.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Cr que aparecen en la pantalla.
MOLIBDENO	<b>Definición</b>	Basado en experimentación animal, el molibdeno y sus compuestos son altamente tóxicos. Se ha informado de alguna evidencia de disfunción hepática con hiperbilirubinemia en trabajadores crónicamente expuestos a una planta soviética de molibdeno y cobre. Las características principales fueron dolores de la articulación de las rodillas, manos, pies, deformidades en las articulaciones, eritemas, y edema de las zonas de articulación.
	<b>Equipo</b>	– Espectrofotómetro DR 2800
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 1 en polvo</li> </ul>

	<p><b>Materiales y Reactivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 2 en polvo</li> <li>– Sobres de reactivo molibdeno MolyVer 3 en polvo</li> <li>– Sobres de reactivo cromo 2</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<p><b>Antes de comenzar</b></p>	<p>Para obtener resultados de mayor precisión, determinar un valor blanco de reactivo para cada nuevo lote. Seguir el procedimiento utilizando agua desionizada en lugar de la muestra.</p> <p>Filtrar las muestras turbias con un filtro de papel1 y un embudo1.</p> <p>Una vez añadidos los reactivos, la presencia del molibdeno provocará la aparición de un color amarillo.</p>
	<p><b>Procedimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>320 Molibdeno RA</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de 10 mL con agua de la muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 1, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, luego añadir un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 2 en polvo a la cubeta, tapar la cubeta y agitar con rotación para mezclar, luego añadir el contenido de un sobre de reactivo molibdeno MolyVer 3.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 5 minutos.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua de la muestra.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Mo<sup>6+</sup>.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Mo<sup>6+</sup>.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>Los mg/ L Mo<sup>6+</sup> que aparecen en la pantalla.</p>

NIQUEL	<b>Definición</b>	<p>El níquel se encuentra en la corteza terrestre en distintas formas minerales, variando su concentración entre 1 mg/kg, en areniscas, y 2000 mg/kg, en rocas ígneas ultramáficas.</p> <p>La ocurrencia de níquel en los ecosistemas acuáticos resulta de la meteorización de rocas y Suelos y de aportes de origen antrópico. En el suelo, el níquel se asocia a partículas de arcilla, generando redes cristalinas de silicatos de aluminio, forma complejos con materia orgánica o fracciones arcillosas y también puede estar presente en la solución del suelo como ion libre o en formas complejas.</p>
	<b>Equipo</b>	Espectrofotómetro DR 2800
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>– Sobres de reactivo de EDTA en polvo</li> <li>– Sobres de reactivo de phthalate-fosfato en polvo</li> <li>– Solución del indicador PAN 0.3 %</li> <li>– Agua destilada</li> <li>– Pipeta</li> <li>– Muestra de agua</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Antes de comenzar</b>	La concentración de cobalto puede determinarse con la misma muestra preparada en este procedimiento, seleccionando el programa Hach 110.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Programas almacenados</b> y seleccionar el test <b>340 Níquel PAN</b>.</li> <li>– Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN 0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar.</li> <li>– Para preparar el blanco, llenar otro cubeta cuadrada, con 10 ml de agua destilada, añadir el contenido de un sobre de reactivo de phthalate-fosfato, posteriormente añadir 0.5 mL de solución del indicador PAN</li> </ul>

	<p><b>Procedimiento</b></p>	<p>0.3 %, tapar las cubetas e invertir varias veces para mezclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 15 minutos, durante la formación del color, el color de la solución del análisis puede variar de verde a rojo oscuro, dependiendo de la composición química de la muestra. El blanco debería presentar un color amarillo.</li> <li>– Luego del periodo de reacción añadir a cada cubeta un sobre de reactivo de EDTA en polvo, tapar las cubetas con cuidado y agitar para disolver el polvo.</li> <li>– Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b>, la pantalla indicará: 0 mg/L Ni.</li> <li>– Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b>. El resultado aparecerá en mg/ L Ni</li> </ul>
	<p><b>Cálculo</b></p>	<p>Los mg/ L Ni que aparecen en la pantalla.</p>
<p>PLATA</p>	<p><b>Definición</b></p>	<p>La plata es un elemento bastante escaso. Algunas veces se encuentra en la naturaleza como elemento libre (plata nativa) o mezclada con otros metales. Sin embargo, la mayor parte de las veces se encuentra en minerales que contienen compuestos de plata. Los principales minerales de plata son la argentita, la cerargirita o cuerno de plata y varios minerales en los cuales el sulfuro de plata está combinado con los sulfuros de otros metales. Aproximadamente tres cuartas partes de la plata producida son un subproducto de la extracción de otros minerales, sobre todo de cobre y de plomo.</p>
	<p><b>Equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fotómetro PF – 12</li> </ul>
	<p><b>Materiales y Reactivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tubos de test de Plata</li> <li>– Reactivo plata R<sub>2</sub></li> <li>– Reactivo plata R<sub>3</sub></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pipeta de émbolo con puntas</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abrir el tubo de test de Plata. Colocar 0.5 mL de reactivo plata R<sub>2</sub>, añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 9) y disolver completamente los reactivos. Añadir 0.5 mL de R<sub>3</sub>, cerrarlo y mezclar.</li> <li>– Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 10 min.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Ag <sup>+</sup> que aparecen en la pantalla.
PLOMO	<b>Definición</b>	<p>Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas.</p> <p>La galena es la principal fuente de producción de plomo y se encuentra generalmente asociada con diversos minerales zinc y en pequeñas cantidades con el cobre, cadmio, fierro, etc.</p> <p>Sin embargo, el plomo también se encuentra presente en los desagües domésticos, que al descargar en los cursos naturales de agua o en las aguas marinas, modifica substancialmente la reproducción de invertebrados marinos y cambios neurológicos y de la sangre en los peces. Todos estos factores llevan al impacto en el equilibrio del ecosistema en el largo plazo por la presencia contaminante del plomo.</p>
	<b>Equipo</b>	– Fotómetro PF – 12
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tubos de test de Plomo 5</li> <li>– Tubo de test con 5 mL de Plomo 5 R<sub>2</sub></li> <li>– Tubo de NANOFIX Plomo 5 R<sub>3</sub></li> <li>– Tubo de test se solución neutra “NULL”</li> <li>– Embolo con puntas</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
		<i>Procedimiento A:</i> no están presentes otros iones (p. ej. Calcio)

	<b>Procedimiento</b>	<p>Valor de medición A</p> <p>Abrir el tubo de test. Añadir 0.2 ml de R2 y mezclar.</p> <p>Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 6), cerrar y mezclar.</p> <p>Limpia el tubo de ensayo por la parte exterior y medir después de 3 min.</p> <p><i>Procedimiento B:</i> con posibles interferencias de otros iones (p. ej. Calcio)</p> <p>Valor de medición B</p> <p>Llevar la muestra A al fotómetro y regular éste a cero.</p> <p>Abrir la muestra A. añadir 1 NANOFIX R3, cerrar y mezclar.</p> <p>Limpia el tubo de test por la parte exterior y medir después de 3 min.</p>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Pb que aparecen en la pantalla.
ZINC	<b>Definición</b>	El cuerpo humano contiene aproximadamente 2.3 g de cinc, el cinc tiene valor alimenticio como elemento traza. Sus funciones incluyen principalmente procesos enzimáticos y réplica de ADN. La hormona insulina contiene cinc y desempeña un papel fundamental en el desarrollo sexual. Un consumo inferior a 2-3 g, previene las deficiencias y sus efectos. El cuerpo humano sólo absorbe del 20-40% del cinc presente en la comida, así que mucha gente bebe agua mineral rica en cinc. Los síntomas causados por la carencia del cinc son la pérdida del gusto y la falta de apetito. Puede afectar al sistema inmunológico y enzimático de los niños.
	<b>Equipo</b>	– Fotómetro PF – 12
	<b>Materiales y</b>	<p>– Tubos de test de Zinc 4</p> <p>– Tubo de test con 5 mL de Zinc 4 R<sub>2</sub></p> <p>– 3 g de Zinc 4 R<sub>3</sub></p>

	<b>Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cuchara de medición 85 mm</li> <li>– Pipeta de émbolo con puntas</li> <li>– Limpiadores</li> </ul>
	<b>Procedimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abrir el tubo de test de Zinc 4. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 3 y 10) y disolver completamente los reactivos. Añadir 200 µL (= 0.2 mL) de R2, cerrarlo y mezclar.</li> <li>– Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 1 min.</li> </ul>
	<b>Cálculo</b>	Los mg/ L Zn que aparecen en la pantalla.
<b>PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>		
	<b>Descripción general</b>	<p>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 <i>Escherichia</i>, pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Entre las especies de coliformes termotolerantes, además de <i>E. coli</i>, puede haber microorganismos ambientales.</p>
	<b>Valor como indicador</b>	<p>Se considera que <i>Escherichia coli</i> es el índice de contaminación fecal más adecuado. En la mayoría de las circunstancias, las poblaciones de coliformes termotolerantes se componen predominantemente de <i>E. coli</i>; por lo tanto, este grupo se considera un índice de contaminación fecal aceptable, pero menos fiable que <i>E. coli</i>. <i>Escherichia coli</i> (o bien los coliformes termotolerantes) es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo para la verificación, incluidos los de vigilancia de la calidad del agua</p>

COLIFORMES FECALES		de consumo. Estos microorganismos también se utilizan como indicadores de desinfección, pero los análisis son mucho más lentos y menos fiables que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, <i>E. coli</i> es mucho más sensible a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.
	<b>Equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cámara Incubadora</li> <li>- Equipo de Filtración</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membranas de filtro 0.47</li> <li>- Medio de cultivo Lauryl Sulfato</li> <li>- Cajas Petri</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Alcohol antiséptico 70<sup>o</sup>Gl</li> <li>- Pinza</li> <li>- Termómetro</li> <li>- Cronómetro</li> <li>- Metanol</li> <li>- Pads adsorbentes</li> <li>- Reverbero</li> <li>- Muestra de agua</li> <li>- Medidor de medio de cultivo</li> <li>- Tubo de grasa lubricante</li> <li>- Esferográfico</li> <li>- Lente de aumento</li> <li>- Pipetas plásticas Pasteur</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destornillador</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>Preparación del medio bacteriológico dentro del laboratorio</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Para 200 pruebas, disolver los 38.1 g del medio de cultivo Lauryl Sulfato, para filtro de membrana, MLSB (suministrado en un envase pre pesado) en 500 ml de agua, en un frasco o vaso.</li> <li>B. Calentar la mezcla para asegurar que el polvo esté completamente disuelto, pero no hervir.</li> <li>C. Poner el medio en frascos de 50 ml y asegurar que no contengan residuos de MLSB de otras preparaciones o agentes de limpieza.</li> <li>D. Colocar las tapas de las botellas pero dejarlas levemente sueltas- no cerradas herméticamente.</li> <li>E. Esterilizar las botellas en una autoclave, a 121 °C por 10 minutos, o poner las botellas en una olla a presión y mantener la presión de vapor por 15 minutos. Remover las botellas, dejar enfriar, ajustar las tapas y almacenar en un sitio fresco y en la oscuridad.</li> <li>F. Para 10 pruebas usar el equipo medidor de medio (MMD) como se indica en la sección 601.6.</li> <li>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</li> <li>H. Cuando el pad está completamente saturado, proceder a retirar el exceso de medio MLSB.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Si alrededor de 10 análisis son solamente requeridos, el MMD puede ser utilizado.</li> </ul>

	<p><b>Equipo para medir medio de cultivo (MMD)</b></p>	<p>B. Hervir al menos 100 ml de agua limpia por al menos 2 minutos para esterilizarla y dejarla enfriar.</p> <p>C. El MMD está pre esterilizado. Tomar una cuchara del medio de cultivo del frasco de stock con la espátula azul y colocar en la botella plástica, mantener la cuchara en la boca de la botella sin tocarla. Poner el contenido de la cuchara con medio de cultivo dentro de la botella limpia de plástico.</p> <p>D. Repetir el procedimiento de arriba hasta que 10 cucharadas del medio de cultivo han sido colocadas en la botella.</p> <p>E. Poner el agua caliente en la botella y sellar la tapa fuertemente.</p> <p>F. Agitar la botella de tal manera que el medio de cultivo se disuelva completamente.</p> <p>G. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p><b>Preparación del medio de cultivo en el campo</b></p>	<p>A. Colocar una membrana en el equipo de filtración.</p> <p>B. Escoger el agua más limpia disponible, por ejemplo. Agua lluvia, agua filtrada, o si es necesario, agua cruda reposada en un recipiente toda la noche. No usar agua clorada. Hervir el agua al menos 2 minutos, tapar y dejar enfriar. Filtrar 200 ml de agua a través de la membrana (2x100 ml). Si el agua es turbia, más de una membrana puede ser requerida. Preparar un total de 500 ml de agua filtrada.</p> <p>C. Chequear que el pH del agua preparada está en el rango de 6.5 a 8.0. En casos especiales el pH del agua filtrada no puede estar dentro de este rango, entonces ajustar el pH usando una solución diluida</p>

		<p>de hidróxido de sodio (para subir el pH), o ácido clorhídrico diluido (para bajar el pH).</p> <p>D. Añadir el contenido de un recipiente pre pasado de 38.1 g de Medio de Cultivo para filtración por membrana Lauryl Sulfato (MLSB) a los 500 ml de agua preparada y calentar para ayudar a la disolución.</p> <p>E. Colocar los MLSB disuelto en los frascos de polipropileno de 50 ml</p> <p>F. Tapar las botellas y ajustar firmemente.</p> <p>G. Poner las botellas llenas en una olla a presión y hervir por 15 minutos. Asegurar que las botellas no estén en contacto con el fondo de la olla a presión</p> <p>H. Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<b>Uso del medio de</b>	<p>El medio de cultivo preparado debe permanecer estable de 6 a 8 semanas. Sin embargo, si éste presenta signos de contaminación, por ejemplo, color amarillento, turbio, etc., descartarlo.</p> <p>Idealmente para reducir la posibilidad de contaminación, usar la botella con medio de cultivo diariamente y usar una nueva para cada siguiente día. Sin embargo esto no es posible, entonces la botella debe ser resellada inmediatamente y el medio de cultivo debe ser reutilizado por ebullición en un baño de agua por 15 minutos.</p> <p>Limpiar completamente las botellas vacías antes de re usarlas. Los residuos deben ser retirados con agua</p>

	<b>cultivo</b>	<p>caliente; con un poco de detergente; enjuagar varias veces con agua limpia, secar y almacenar en un medio limpio, con sus respectivas tapas.</p> <p>El MLSB en solución puede ser aplicado a los Pads 6 horas antes de muestreo, si se almacenó en un medio frío. Este procedimiento puede reducir el número de operaciones en el campo.</p> <p>El MLSB en polvo es almacenado en condiciones frías y secas para mantener un tiempo de vida de 5 años.</p>
		<p>Higiene general y procedimientos son de mucha importancia y cuidados extras que deben ser tomados en cuenta cuando se sale del laboratorio (en el campo).</p> <p>Todo debe estar limpio y esterilizado, particularmente en las siguientes superficies:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interior del vaso de muestreo</li> <li>- Interior del tubo de filtración</li> <li>- Filtro de membrana y porta Pads</li> <li>- Superficie superior del soporte de membranas</li> <li>- Interior de las cajas petri</li> <li>- Porta pad y dispensados de Pads, y pinza.</li> </ul> <p>Secar la unidad de filtración y el vaso de muestreo usando papel suave y limpio.</p> <p>Poner 1 ml de metanol en el vaso de muestreo y uniformizar en el fondo (El metanol puede ser almacenado en botellas Plásticas)</p>

**Procedimiento  
antisépticos**

Poner el vaso de muestra en la posición normal lejos de cualquier solución inflamable.

Usando un encendedor, prender el metanol. Mantener el metanol encendido por un tiempo, luego invertir la unidad de filtración en el vaso de muestra.

Esperar al menos 5 minutos para asegurar que el vaso de muestra y la unidad de filtración estén estériles. El metanol se quema anaeróticamente para formar el formaldehído que asegura una esterilización completa.

Descartar alguna solución residual.

Los procedimientos de esterilización deben ser realizados inmediatamente antes del muestreo y después de filtrar cada muestra.

Cajas petri de aluminio reusables o cajas petri de plástico pre esterilizadas pueden ser usadas. Si son las de aluminio, estas deben ser esterilizadas por ebullición después de su uso. Después de la esterilización, asegurar que las cajas estén secas.

Otros métodos de esterilización pueden ser utilizados, incluyendo el auto clavado, o colocando las cajas petri en un horno convencional a 300 C por 30 minutos.

Los Pads son suministrados estériles en cartuchos de 100. Un dispensador estéril es suministrado para colocar los Pads en las cajas petri. Es preferible dispensar los Pads antes de iniciar el muestreo, de esta forma el dispensador puede estar ajustado al cartucho y permanecer limpio y estéril. Si es necesario

		<p>dispensar los Pads en el campo, pero se debe tener mucho cuidado de no contaminar el dispensador y cartucho.</p> <p>Inmediatamente que los Pads de cartucho se han terminado, uno nuevo debe ser ajustado al dispensador. No dejar el dispensador sin cartucho y si no está disponible un dispensador usar una pinza estéril.</p> <p>Antes de manipular el filtro de membrana con la pinza, esta debe estar flameada para esterilizarla; mantener la punta de la pinza en la llama por 5 segundos y dejar enfriar antes de manipular la membrana.</p>
		<p>Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo</p> <p>Dispensar un pad en la caja petri estéril y saturar con MLSB</p> <p>Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base</p> <p>Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva.</p> <p>Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.</p> <p>Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml.</p> <p>Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la</p>

	<b>Procesamiento de muestras para análisis de coliformes.</b>	<p>membrana</p> <p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración.</p> <p>Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración</p> <p>Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p> <p>Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p> <p>Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C</p>
		<p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja)</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p>

	<p><b>Conteo de coliformes y registro de resultados.</b></p>	<p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p> <p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo. Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.</p> <p>Una vez que en número de colonias amarillar ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Registrar los resultados.</p>
	<p><b>Descripción General</b></p>	<p>El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima <math>\beta</math>-galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros <i>Escherichia</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i>, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como <i>Serratia</i> y <i>Hafnia</i>. 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 reproplicación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.</p>

COLIFORMES TOTALES	<b>Valor como indicador</b>	El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua. Por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. El análisis de los coliformes totales, como indicador de desinfección, es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante. Además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos.
	<b>Equipos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cámara Incubadora</li> <li>- Equipo de filtración</li> </ul>
	<b>Materiales y Reactivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Membranas de filtro 0.47</li> <li>- Reactivo m-COLI BLUE 24* BROTH</li> <li>- Cajas Petri de aluminio</li> <li>- Limpiadores</li> <li>- Alcohol antiséptico 70<sup>o</sup>GI</li> <li>- Pinzas</li> <li>- Termómetro</li> <li>- Cronómetro</li> <li>- Metanol</li> <li>- Pat adsorbente</li> <li>- Muestra de agua</li> <li>- Esferográfico</li> <li>- Lente de aumento</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubo de grasa lubricante</li> <li>- Pipetas plásticas Pasteur</li> <li>- Destornillador</li> </ul>
	<p align="center"><b>Preparación del medio Bacteriológico en laboratorio.</b></p>	<p>Para 200 pruebas, disolver los 38.1 g del medio de cultivo Lauryl Sulfato, para filtro de membrana, MLSB (suministrado en un envase pre pesado) en 500 ml de agua, en un frasco o vaso.</p> <p>Calentar la mezcla para asegurar que el polvo esté completamente disuelto, pero no hervir.</p> <p>Poner el medio en frascos de 50 ml y asegurar que no contengan residuos de MLSB de otras preparaciones o agentes de limpieza.</p> <p>Colocar las tapas de las botellas pero dejarlas levemente sueltas- no cerradas herméticamente.</p> <p>Esterilizar las botellas en una autoclave, a 121 C por 10 minutos, o poner las botellas en una olla a presión y mantener la presión de vapor por 15 minutos. Remover las botellas, dejar enfriar, ajustar las tapas y almacenar en un sitio fresco y en la oscuridad.</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p> <p>Cuando el pad está completamente saturado, retirar el exceso de medio MLSB.</p>
		<p>Si alrededor de 10 análisis son solamente requeridos, el MMD puede ser utilizado.</p> <p>Hervir al menos 100 ml de agua limpia por al menos 2 minutos para esterilizarla y dejarla enfriar.</p>

	<p><b>Equipo para medir medio de cultivo (MMD)</b></p>	<p>El MMD está pre esterilizado. Tomar una cuchara del medio de cultivo del frasco de stock con la espátula azul y colocar en la botella plástica, mantener la cuchara en la boca de la botella sin colocarla. Poner el contenido de la cuchara con medio de cultivo dentro de la botella limpia de plástico.</p> <p>Repetir el procedimiento de arriba hasta que 10 cucharadas del medio de cultivo han sido colocadas en la botella.</p> <p>Poner el agua caliente en la botella y sellar la tapa fuertemente.</p> <p>Agitar la botella de tal manera que el medio de cultivo se disuelva completamente.</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p><b>Preparación del medio de cultivo en el campo.</b></p>	<p>Colocar una membrana en el equipo de filtración.</p> <p>Escoger el agua más limpia disponible, por ejem. Agua lluvia, agua filtrada, o si es necesario, agua cruda reposada en un recipiente toda la noche. No usar agua clorada. Hervir el agua al menos 2 minutos, tapar y dejar enfriar. Filtrar 200 ml de agua a través de la membrana (2x100 ml). Si el agua es turbia, más de una membrana puede ser requerida. Preparar un total de 500 ml de agua filtrada.</p> <p>Chequear que el pH del agua preparada está en el rango de 6.5 a 8.0. En casos especiales el pH del agua filtrada no puede estar dentro de este rango, entonces ajustar el pH usando una solución diluida de hidróxido de sodio (para subir el pH), o ácido clorhídrico diluido (para bajar el pH).</p>

		<p>Añadir el contenido de un recipiente pre pasado de 38.1 g de Medio de Cultivo para filtración por membrana Lauryl Sulfato (MLSB) a los 500 ml de agua preparada y calentar para ayudar a la disolución.</p> <p>Colocar los MLSB disuelto en los frascos de polipropileno de 50 ml</p> <p>Tapar las botellas y ajustar firmemente.</p> <p>Poner las botellas llenas en una olla a presión y hervir por 15 minutos. Asegurar que las botellas no estén en contacto con el fondo de la olla a presión</p> <p>Cuando el medio de cultivo se ha enfriado a la temperatura ambiente, poner alrededor de 2 ml en cada pad adsorbente, cantidad suficiente para saturar cada pad.</p>
	<p><b>Uso del medio de cultivo</b></p>	<p>El medio de cultivo preparado debe permanecer estable de 6 a 8 semanas. Sin embargo, si éste presenta signos de contaminación, por ejemplo, color amarillento, turbio, etc., descartarlo.</p> <p>Idealmente para reducir la posibilidad de contaminación, usar la botella con medio de cultivo diariamente y usar una nueva para cada siguiente día. Sin embargo esto no es posible, entonces la botella debe ser resellada inmediatamente y el medio de cultivo debe ser reutilizado por ebullición en un baño de agua por 15 minutos.</p> <p>Limpia completamente las botellas vacías antes de re usarlas. Los residuos deben ser retirados con agua caliente; con un poco de detergente; enjuagar varias veces con agua limpia, secar y almacenar en un</p>

		<p>medio limpio, con sus respectivas tapas.</p> <p>El MLSB en solución puede ser aplicado a los Pads 6 horas antes de muestreo, si se almacenó en un medio frío. Este procedimiento puede reducir el número de operaciones en el campo.</p> <p>El MLSB en polvo es almacenado en condiciones frías y secas para mantener un tiempo de vida de 5 años.</p>
	<p><b>Procedimientos antisépticos</b></p>	<p>Higiene general y procedimientos son de mucha importancia y cuidados extras que deben ser tomados en cuenta cuando se sale del laboratorio (en el campo).</p> <p>Todo debe estar limpio y esterilizado, particularmente en las siguientes superficies:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Interior del vaso de muestreo</li><li>- Interior del tubo de filtración</li><li>- Filtro de membrana y porta Pads</li><li>- Superficie superior del soporte de membranas</li><li>- Interior de las cajas petri</li><li>- Porta pad y dispensados de Pads, y pinza.</li></ul> <p>Secar la unidad de filtración y el vaso de muestreo usando papel suave y limpio.</p> <p>Poner 1 ml de metanol en el vaso de muestreo y uniformizar en el fondo (El metanol puede ser almacenado en botellas Plásticas)</p> <p>Poner el vaso de muestra en la posición normal lejos de cualquier solución inflamable.</p>

Usando un encendedor, prender el metanol. Mantener el metanol encendido por un tiempo, luego invertir la unidad de filtración en el vaso de muestra.

Esperar al menos 5 minutos para asegurar que el vaso de muestra y la unidad de filtración estén estériles. El metanol se quema anaeróticamente para formar el formaldehído que asegura una esterilización completa.

Descartar alguna solución residual.

Los procedimientos de esterilización deben ser realizados inmediatamente antes del muestreo y después de filtrar cada muestra.

Cajas petri de aluminio reusables o cajas petri de plástico pre esterilizadas pueden ser usadas. Si son las de aluminio, estas deben ser esterilizadas por ebullición después de su uso. Después de la esterilización, asegurar que las cajas estén secas.

Otros métodos de esterilización pueden ser utilizados, incluyendo el auto clavado, o colocando las cajas petri en un horno convencional a 300 C por 30 minutos.

Los Pads son suministrados estériles en cartuchos de 100. Un dispensador estéril es suministrado para colocar los Pads en las cajas petri. Es preferible dispensar los Pads antes de iniciar el muestreo, de esta forma el dispensador puede estar ajustado al cartucho y permanecer limpio y estéril. Si es necesario dispensar los Pads en el campo, pero se debe tener mucho cuidado de no contaminar el dispensador y

		<p>cartucho.</p> <p>Inmediatamente que los Pads de cartucho se han terminado, uno nuevo debe ser ajustado al dispensador. No dejar el dispensador sin cartucho y si no está disponible un dispensador usar una pinza estéril.</p> <p>Antes de manipular el filtro de membrana con la pinza, esta debe estar flameada para esterilizarla; mantener la punta de la pinza en la llama por 5 segundos y dejar enfriar antes de manipular la membrana.</p>
	<p><b>Procesamiento de muestras para análisis de coliformes.</b></p>	<p>Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo</p> <p>Dispensar un pad en la caja petri estéril y saturar con MLSB</p> <p>Aflojar el embudo de filtración y removerlo de la base</p> <p>Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva.</p> <p>Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo.</p> <p>Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml.</p> <p>Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana</p>

		<p>Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración.</p> <p>Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración</p> <p>Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.</p> <p>Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.</p> <p>Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.</p> <p>Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.</p> <p>Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 C</p>
	<p><b>Conteo de coliformes y registro de resultados.</b></p>	<p>Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja)</p> <p>Siguiente a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada.</p> <p>Colocar las cajas petri en una superficie plana.</p>

		<p>Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo. Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.</p> <p>Una vez que en número de colonias amarillar ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.</p> <p>Registrar los resultados.</p>
--	--	--

**Fuente:** Dpto. Control de Calidad E.P – EMAPAG

**Anexo E:** Especificación técnica hipoclorito de calcio (HTH)

**FABRICANTE:** Arch Chemicals, Inc

**NOMBRE QUÍMICO:** Hipoclorito de calcio al 68%

**FÓRMULA QUÍMICA:**  $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

**NUMERO CAS:** 7778-54-3

**PAÍS DE ORIGEN:** El hipoclorito de calcio es fabricado en nuestra planta ubicada en Charleston, Tn. en los Estados Unidos de América.



**PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

Parámetros	Especificaciones
Apariencia	Blanco, Polvo o en tabletas
Olor	Parecido al cloro
Solubilidad En Agua	18% A 25°
Humedad	< 16%
Ph	10.400 – 10.800 (Solución al 1% en Agua Destilada neutral A 25°c
Densidad	0.800 G/cc (Granular) 1.900 G/cc (Tabletas)

**COMPOSICIÓN**

Nombre	Especificaciones	Peso Típico
<b>Cloro libre</b>	65 -80%	68%
<b>Cloruro de Sodio, NaCl</b>	10 – 20%	17%
<b>Clorato de calcio, <math>\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2</math></b>	0 – 5%	1.400%
<b>Cloruro de Calcio</b>	0 – 5%	0.500%
<b>Carbonato de calcio</b>	0 – 5%	2.300%
<b>Hidróxidos de calcio</b>	0 – 4%	1,650%
<b>Agua</b>	5.5 – 8.500 %	
<b>Insolubles</b>	< 5% W/W	

## **PRECAUCIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAJE SEGURO DEL PRODUCTO**

1. Manténgase herméticamente cerrado en los contenedores originales.
2. Almacénese en un área fresca, seca y bien ventilada.
3. Almacénese lejos de productos inflamables o combustibles.
4. Mantenga el empaque del producto limpio y libre de toda contaminación, incluyendo, por ejemplo, otros productos para el tratamiento de albercas, ácidos, materiales orgánicos, compuestos que contengan nitrógeno, extintores de fuego de arenilla carbónica (que contengan fosfato monománico), oxidantes, todo líquido corrosivo, materiales inflamables o combustibles, etc.
5. NO SE ALMACENE A TEMPERATURAS SUPERIORES A: 52 °C. (125 °F.) Almacenarlo arriba de estas temperaturas pudiera resultar en una descomposición rápida, evolución de gas de cloro y suficiente calor para encender productos combustibles.

## **PRIMEROS AUXILIOS**

- ❖ EN CASO DE INHALACIÓN: Traslade a la persona a un lugar donde haya aire fresco. Si la persona no respira, llame a una ambulancia, luego dele respiración artificial, preferiblemente, boca a boca, si es posible. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar más consejos sobre el tratamiento.
- ❖ EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL O LA ROPA: Quítese la ropa contaminada. Enjuague la piel inmediatamente con mucha agua de 15 a 20 minutos. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ❖ EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Mantenga el ojo abierto y enjuágueselo lenta y suavemente con agua de 15 a 20 minutos. Si tiene lentes de contacto, quíteselos después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagando. Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico para solicitar consejos sobre el tratamiento.
- ❖ Ingestión: EN CASO DE INGESTIÓN: Llame a un centro de control de intoxicaciones o a un médico inmediatamente para solicitar consejos sobre el tratamiento. Pida a la persona que beba a sorbos un vaso de agua si puede tragar. No induzca el vómito, a menos que un centro de control de intoxicaciones o un médico se lo indique. No dé nada por la boca a una persona que haya perdido el conocimiento.

- ❖ Notas para el médico: El probable daño a las mucosas puede ser una contraindicación para el uso de lavado gástrico

## PRESENTACIONES

- ❖ HTH Granular tambores de 45 Kgs.
- ❖ HTH Briquettes tambores de 45 Kgs.
  - \*Dimensiones: Aproximadamente 35 x 24 x 12 mm.
  - \*Peso: 6.4 – 7.0 gramos
- ❖ CCH Tableta de 3” cubetas de 50 lbs.
  - \*Inhibidor (% en peso): 0.500% mínimo
  - \*Peso: Aproximadamente 300 gramos
  - \*Diámetro: Aproximadamente 3.000 pulgadas
  - \*Altura: 1.350 – 1.450 pulgadas

## PREPARACIÓN DE SOLUCIONES DE CLORO

Las soluciones de HTH Cloro Seco deben prepararse en contenedores de polietileno limpios. Primero ponga el volumen requerido de agua. Después agregue la cantidad requerida de HTH Cloro Seco al agua.

Agite con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel o ojos. La solución resultante se puede colocar en otro contenedor o puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea a la bomba de alimentación química, este por arriba del nivel de los insolubles asentados.

Cloro Disponible	Volumen de Agua en Litros										
	100	180	300	400	500	1000	2000	3000	4000	5000	10000
PPM	Gramos de HTH Cloro Seco Requeridos										
0.5	0.08	0.14	0.23	0.31	0.38	0.77	1.54	2.31	3.08	3.85	7.69
1	0.15	0.28	0.46	0.62	0.77	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	15.38
5	0.77	1.38	2.31	3.08	3.85	7.69	15.38	23.08	30.77	38.46	76.92
10	1.54	2.77	4.62	6.15	7.69	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	153.8
15	2.31	4.15	6.92	9.23	11.54	23.08	46.15	69.23	92.31	115.4	230.8
20	3.08	5.54	9.23	12.31	15.38	30.77	61.54	92.31	123.1	153.8	307.7
25	3.85	6.92	11.54	15.38	19.23	38.46	76.92	115.4	153.8	192.3	384.6
30	4.62	8.31	13.85	18.46	23.08	46.15	92.31	138.5	184.6	230.8	461.5
40	6.15	11.08	18.46	24.62	30.77	61.54	123.1	184.6	246.2	307.7	615.4
50	7.69	13.85	23.08	30.77	38.46	76.92	153.8	230.8	307.7	384.6	769.2
60	9.23	16.62	27.69	36.92	46.15	92.31	184.6	276.9	369.2	461.5	923.1
70	10.77	19.38	32.31	43.08	53.85	107.7	215.4	323.1	430.8	538.5	1077
80	12.31	22.15	36.92	49.23	61.54	123.1	246.2	369.2	492.3	615.4	1231
90	13.85	24.92	41.54	55.38	69.23	138.5	276.9	415.4	553.8	692.3	1385
100	15.38	27.69	46.15	61.54	76.92	153.8	307.7	461.5	615.4	769.2	1538

### **Preparación de Solución de Hipoclorito de Calcio (HTH):**

1. La persona que va a preparar la solución, puede ser el Operador de la planta o el Jefe inmediato debe ocupar guantes de caucho y gafas de seguridad para prevenir su salud y mantenerlo en un lugar libre de humedad ya que puede alterar su composición y no se debe ALMACENAR A TEMPERATURAS SUPRIORES 52 °C.
2. Antes de preparar la solución de Hipoclorito de Calcio, el operador controla que el recipiente donde se preparará las soluciones de HTH de cloro seco deben prepararse en contenedores de polietileno que en este es un tanque de 250lteste limpio.
3. Preparación de la solución de Hipoclorito de Calcio:
  - De acuerdo a lo indicado por el Operador de Planta determina la cantidad de Hipoclorito de Calcio seco que debe emplear para preparar la solución que es una cantidad 4.91 lb/día y realiza las siguientes tareas:
    - Primero ponga el volumen requerido de agua indicado por el Operador de la Planta
    - Después agregar la cantidad requerida por el Operador de la planta de HTH Cloro seco al agua.
    - Agita en forma manual con un agitador de madera o metal limpio, asegurándose de mantenerlo lejos de la ropa, piel y ojos para disolver el Hipoclorito de Calcio seco.
    - La solución resultante se puede colocar en otro contenedor y puede alimentarse de ese mismo contenedor, siempre y cuando la entrada de la línea de alimentación se encuentre por encima de los insolubles asentados.
4. Dosificación de Hipoclorito de Calcio:
  - El Operador de Planta dosifica el Hipoclorito de Calcio según los valores establecidos por el Jefe inmediato pudiendo aumentar o disminuir la misma en base a la observación de las condiciones de operación, unidades de tratamiento disponibles y necesidades propias del proceso de potabilización del agua que se lleva a cabo en la planta de tratamiento.

## Anexo F: Especificación técnico PAC -08

### **BENEFICIOS:**

- Producto utilizado para clarificar agua, para uso potable.
- Reemplaza satisfactoriamente el uso de Sulfato de aluminio y otros coagulantes inorgánicos
- Solubilidad Total en agua.
- No forma incrustaciones, No causa taponamientos de filtros.
- No afecta el pH del agua tratada.
- Efectivo en agua con bajos y altos valores de turbidez.
- Dependiendo la calidad del agua, este producto puede ser utilizado en sistemas con oxidación previa, cualquiera que sea el método utilizado.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 6.0 – 8.5
- No requiere de la ayuda de un Floculante para aglomeración de flocs.

### **USOS PRINCIPALES:**

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua que será destinada para uso potable.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación y Floculación.

### **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**

Apariencia:	Líquido amarillo - marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1.250 ± 0.100
PH puro:	2.700 ± 0.500
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	12.000 – 18.000
% Cloruros:	25 ± 0.500
% Basicidad relativa:	40 ± 1.500
Viscosidad a 25°C:	30 ± 0.500 mPas

**DOSIS:**

La dosis del PAC - 08 en general está en función de la turbidez del agua a tratarse, pudiendo variar entre 20 a 250 ppm para afluentes destinados a potabilización, para lo cual por pruebas de tratabilidad en nuestro laboratorio, se determinará la dosis óptima y un técnico especializado lo instalará en su sistema.

**APLICACIÓN:**

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución cuando las dosificaciones y el caudal a tratar son muy bajos.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador para máxima homogenización. No necesita el uso de floculantes adicionales.

**MANEJO:**

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.
- Se recomienda revisar las hojas de seguridad del producto.

**ALMACENAMIENTO:**

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

**SUMINISTRO:**

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg. peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg Peso neto.

### **Preparación de Solución de Poli Cloruro de Aluminio (PAC):**

1. La persona que va a preparar la solución, puede ser el Operador de la planta o el Jefe inmediato debe ocupar guantes de caucho y gafas de seguridad para prevenir su salud ya que este polímero puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay que evitar el contacto prolongado.
2. Antes de preparar la solución de Poli Cloruro de Aluminio, el operador controla que el recipiente donde se preparará la solución este limpio.
3. Controla que el dispositivo empleado para efectuar la dosificación de la solución no se encuentre obstruido, efectuando purga hasta asegurar que el agua de lavado corra libremente.
4. Preparación de la solución de Poli Cloruro de Aluminio:

Establecida la concentración de la solución a preparar que es de 0.005 g/lt, de acuerdo a lo indicado por el Operador de Planta determina la cantidad de Poli Cloruro de Aluminio sólido que debe emplear para preparar la solución que es una cantidad 8.330 kg y realiza las siguientes tareas:

- Cierra el dispositivo para la dosificación y agrega agua con una manguera hasta, aproximadamente, la mitad de la altura del recipiente.
  - Agrega el Poli Cloruro de Aluminio sólido según la cantidad establecida por el Operador de la planta.
  - Agita en forma manual, para disolver el Poli Cloruro de Aluminio granulado.
  - Agrega el resto del agua hasta llevar a un volumen 66.640 litros y continua la agitación hasta lograr la disolución completa del sólido, de manera de obtener una solución homogénea.
5. Dosificación de Solución de Poli Cloruro de Aluminio:

El Operador de Planta dosifica la solución de Poli Cloruro de Aluminio según los valores establecidos por el Jefe inmediato pudiendo aumentar o disminuir la misma en base a la observación de las condiciones de operación, unidades de tratamiento disponibles y necesidades propias del proceso de potabilización del agua que se lleva a cabo en la planta de tratamiento.

**Anexo G: Proyección de la población**

<b>N</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
<b>0</b>	2015	6500
<b>1</b>	2016	6626
<b>2</b>	2017	6755
<b>3</b>	2018	6887
<b>4</b>	2019	7022
<b>5</b>	2020	7158
<b>6</b>	2021	7289
<b>7</b>	2022	7440
<b>8</b>	2023	7585
<b>9</b>	2024	7733
<b>10</b>	2025	7884
<b>11</b>	2026	8038
<b>12</b>	2027	8195
<b>13</b>	2028	8355
<b>14</b>	2029	8517
<b>15</b>	2030	8684

Realizado por Carvajal José 2015

**Anexo H:** Valores de la relación peso específico y viscosidad absoluta

Temperatura °C	$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$
0	2336.940
4	2501.560
10	2736.530
15	2920.010
20	3114.640
25	3266.960

Fuente: Romero, Jairo. (2008).

**PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA**

Temp. °C	Peso Espec., $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad, $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Visc. Abs., $\mu$ (10 <sup>-3</sup> N-s/m <sup>2</sup> )	Visc. Cin., $\nu$ (10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s)	Pre. Vap., $p_v$ (kN/m <sup>2</sup> )*
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.611
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.872
10	9.804	999.7	1.307	1.306	1.230
15	9.798	999.1	1.139	1.139	1.710
20	9.789	998.2	1.002	1.003	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	3.17
30	9.765	995.7	0.798	0.800	4.24
40	9.731	992.2	0.653	0.658	7.38
50	9.690	988.0	0.547	0.553	12.33

Fuente: Computer Applications in Hydraulic Engineering. 5 Edition Haestad Methods

**Anexo I:** Dimensiones típicas de medidores parshall (CM)

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N
Pulgadas	(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
10'	305,0	274,5	427,0	366,0	475,9	122,0	91,5	183,0	15,3	34,3

FUENTE: "MANUAL DE HIDRAULICA" (J.M. DE AZEVEDO NETTO, GUILLERMO ACOSTA, PAG 472).

**Anexo J:** Valores típicos de rugosidad (COEFICIENTE DE MANNING)

Material	Coefficiente de Manning n	Coef. Hazen-Williams $C_H$	Coef. Rugosidad Absoluta e (mm)
Asbesto cemento	0.011	140	0.0015
Latón	0.011	135	0.0015
Tabique	0.015	100	0.6
Fierro fundido (nuevo)	0.012	130	0.26
Concreto (cimbra metálica)	0.011	140	0.18
Concreto (cimbra madera)	0.015	120	0.6
Concreto simple	0.013	135	0.36
Cobre	0.011	135	0.0015
Acero corrugado	0.022	--	45
Acero galvanizado	0.016	120	0.15
Acero (esmaltado)	0.010	148	0.0048
Acero (nuevo, sin recubrim.)	0.011	145	0.045
Acero (remachado)	0.019	110	0.9
Plomo	0.011	135	0.0015
Plástico (PVC)	0.009	150	0.0015
Madera (duelas)	0.012	120	0.18
Vidrio (laboratorio)	0.011	140	0.0015

**Fuente:** Computer Applications in Hydraulic Engineering, 5 Edition Haestad Methods

**Anexo K:** Parámetros de diseño para drenajes por tuberías

<b>Velocidad máxima en el distribuidor</b>	0.300 m/s
<b>Velocidad máxima en los laterales</b>	0.300 m/s
<b>Área total de los orificios</b> <b>Área del lecho</b>	$(1.500 \text{ a } 5) \times 10^{-3}$
<b>Área principal</b>	1.500 a 3
<b>Área lateral</b> <b>Área de orificios servida por el lateral</b>	2 a 4

Fuente: Potabilización. Milton Silva. Capítulo 6. (2002).

**Anexo L:** Parámetros de diseños laterales

<b>Espaciamiento de los laterales</b>	1-2 m
<b>Diámetro de los orificios de los laterales</b>	6.500 mm – 15.800 mm
<b>Espaciamiento de los orificios de los Laterales</b>	7.500 cm – 25cm
<b>Altura entre tubo y fondo del filtro</b>	3 - 5 cm
<b>Velocidad en orificio</b>	3 – 5 m/s

Fuente: Arboleda, J. (2000)

**Anexo M: Dosificación de HTH a diferentes caudales de captación**

<b>Q(L/s)</b>	<b>Ca(ClO)2 (lb/día)</b>	<b>Solución Madre V1 (lt)</b>	<b>Solución de Cloro V2 (lt)</b>	<b>Caudal de Goteo (ml/min)</b>
<b>1</b>	0,228	0,989	1,826	1,955
<b>2</b>	0,456	1,979	3,653	3,911
<b>3</b>	0,684	2,968	5,480	5,867
<b>4</b>	0,913	3,958	7,307	7,823
<b>5</b>	1,141	4,947	9,134	9,779
<b>6</b>	1,369	5,937	10,961	11,735
<b>7</b>	1,597	6,926	12,788	13,691
<b>8</b>	1,826	7,916	14,615	15,646
<b>9</b>	2,054	8,906	16,441	17,602
<b>10</b>	2,282	9,895	18,268	19,558
<b>11</b>	2,510	10,885	20,095	21,514
<b>12</b>	2,739	11,874	21,922	23,470
<b>13</b>	2,967	12,864	23,749	25,426
<b>14</b>	3,195	13,853	25,576	27,382
<b>15</b>	3,424	14,843	27,403	29,338
<b>16</b>	3,652	15,833	29,230	31,293
<b>17</b>	3,880	16,822	31,057	33,249
<b>18</b>	4,108	17,812	32,883	35,205
<b>19</b>	4,337	18,801	34,710	37,161
<b>20</b>	4,565	19,791	36,537	39,117
<b>21.513</b>	4,910	21,288	39,301	42,076

**Realizado por Carvajal Jose**

Anexo N: Norma INEN 1108:2006 segunda revisión

**INEN**

**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**      **NTE INEN 1108:2006**  
**Segunda revisión**

---

**AGUA POTABLE. REQUISITOS.**

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition

**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 Permisible
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color verdadero (UTC)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	--	no objetable
Sabor	--	no objetable
pH	--	6,5 - 8,5
Sólidos totales disueltos	mg/l	1 000
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio, Al	mg/l	0,25
Amonio, (N-NH <sub>4</sub> )	mg/l	1,0
Antimonio, Sb	mg/l	0,005
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,3
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN	mg/l	0,0
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 - 1,5
Cianuros, Cl	mg/l	250
Cobalto, Co	mg/l	0,2
Cobre, Cu	mg/l	1,0
Cromo, Cr (cromo hexavalente)	mg/l	0,05
Dureza total, CaCO <sub>3</sub>	mg/l	300
Estaño, Sn	mg/l	0,1
Fluor, F	mg/l	1,5
Fósforo, (P-PO <sub>4</sub> )	mg/l	0,1
Hierro, Fe	mg/l	0,3
Litio, Li	mg/l	0,2
Manganeso, Mn	mg/l	0,1
Mercurio, Hg	mg/l	0,0
Níquel, Ni	mg/l	0,02
Nitratos, N-NO <sub>3</sub>	mg/l	10
Nitritos, N-NO <sub>2</sub>	mg/l	0,0
Plata, Ag	mg/l	0,05
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Potasio, K	mg/l	20
Selenio, Se	mg/l	0,01
Sodio, Na	mg/l	200
Sulfatos, SO <sub>4</sub>	mg/l	200
Vanadio, V	mg/l	0,1
Zinc, Zn	mg/l	3
<b>Radioactivos</b>		
Radiación total α ***	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0

-- Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

\*\*\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>U, <sup>210</sup>M, <sup>210</sup>La, <sup>210</sup>Ce, <sup>210</sup>Pr, <sup>210</sup>Nd, <sup>210</sup>Pm, <sup>210</sup>Sm, <sup>210</sup>Eu, <sup>210</sup>Gd, <sup>210</sup>Tb, <sup>210</sup>Dy, <sup>210</sup>Ho, <sup>210</sup>Er, <sup>210</sup>Tm, <sup>210</sup>Yb, <sup>210</sup>Lu, <sup>210</sup>Hf, <sup>210</sup>Ta, <sup>210</sup>W, <sup>210</sup>Re, <sup>210</sup>Os, <sup>210</sup>Ir, <sup>210</sup>Pt, <sup>210</sup>Au, <sup>210</sup>Hg, <sup>210</sup>Tl, <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Bi, <sup>210</sup>Po, <sup>210</sup>At, <sup>210</sup>Rn, <sup>210</sup>Fr, <sup>210</sup>Ac, <sup>210</sup>Pa, <sup>210</sup>Th, <sup>210</sup>

### Anexo O: Resultados de la caracterización del agua por E.P-EMAPAG

RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA VINCHOA							
PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA					
		27-ene	30-ene	23-feb	27-feb		
COLOR	UTC	25.00	1.00	15.00	1.00	45.00	1.00
TURBEDAD	NTU	58.94	0.57	74.08	0.50	120.65	0.75
pH	.....	7.15	6.87	7.06	7.14	6.98	7.04
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	98.64	96.74	90.73	86.42	98.63	94.53
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	40.27	37.64	42.57	39.57	42.07	39.50
TEMPERATURA	°C	13.07	13.45	14.12	13.85	13.98	13.67
NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1.16	0.91	1.19	1.08	1.05	0.93
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.008	0.008	0.009	0.007	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.60	0.54	0.69	0.47	0.64	0.56
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.36	0.28	0.40	0.22	0.45	0.33
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.48	0.05	0.57	0.06	0.54	0.16
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.062	0.008	0.068	0.008	0.072	0.043
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.003	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	86.00	82.00	86.00	84.00	82.00	78.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007	0.009
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.78	0.70	0.74	0.72	0.81	0.74
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.006	0.008	0.007	0.008	0.009	0.008
COBALTO (Co)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.009	0.008	0.005
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
PLATA (Ag)	mg/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
CADAVIO (Cd <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0.12	0.11	0.14	0.10	0.12	0.09
BROMO (Br)	mg/L	1.94	1.65	2.16	2.09	2.24	2.07
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.38	0.36	0.39	0.31	0.28	0.22
GRAMO TOTAL (G)	mg/L	0.009	0.009	0.009	0.007	0.009	0.008
GRAMO DISUELTOS (D)	mg/L	10.00	9.00	10.00	10.00	13.00	12.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	94	<1**	75	<1**	100	<1**
COLIFORMES FECALES	NMF/100 mL	42	<1**	46	<1**	56	<1**

RESULTADOS (AGUA SALIDA PLANTA VS ENSAYOS) PARROQUIA VINCHOA							
PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA					
		25-ene	28-ene	08-ene	09-ene		
COLOR	UTC	10.00	1.00	20.00	1.00	15.00	1.00
TURBEDAD	NTU	25.00	0.54	42.00	0.39	38.00	0.43
pH	.....	6.83	7.08	7.03	7.13	6.04	7.08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	91.56	99.55	103.48	90.83	97.50	87.64
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	43.63	38.64	39.86	39.57	41.73	38.57
TEMPERATURA	°C	14.08	14.02	13.98	13.53	13.84	13.28
NITRATOS (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1.42	1.15	0.98	0.94	1.20	0.93
NITRITOS (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.008	0.007	0.009	0.008	0.008	0.007
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.54	0.44	0.53	0.51	0.50	0.46
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>4</sub> -N)	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/L	0.31	0.30	0.34	0.34	0.37	0.33
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.41	0.08	0.48	0.08	0.45	0.17
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.008	0.008	0.008	0.007	0.008	0.008
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
COBRE (Cu)	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	86.00	78.00	100.00	96.00	93.00	96.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.008	0.007	0.009	0.007	0.008	0.007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.84	0.77	0.86	0.76	0.80	0.78
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.006	0.007	0.008	0.007	0.006	0.008
COBALTO (Co)	mg/L	0.007	0.006	0.008	0.007	0.008	0.005
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
PLATA (Ag)	mg/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
CADAVIO (Cd <sup>2+</sup> )	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	0.12	0.11	0.14	0.10	0.12	0.09
BROMO (Br)	mg/L	1.94	1.65	2.16	2.09	2.24	2.07
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.38	0.36	0.39	0.31	0.28	0.26
GRAMO TOTAL (G)	mg/L	0.009	0.009	0.009	0.007	0.009	0.008
GRAMO DISUELTOS (D)	mg/L	10.00	9.00	10.00	10.00	13.00	12.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	80	<1**	85	<1**	96	<1**
COLIFORMES FECALES	NMF/100 mL	32	<1**	35	<1**	46	<1**

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA POR E.P-EMAPAG		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por cualificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS	Fecha	Lamina	Escala

**Anexo P: Análisis físico-químicos**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS	Fecha	Lámina	Escala

Anexo Q: Reporte de análisis del agua

**ep emapa**  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

Vto. Archivo: 2

FÍSICOS		RESULTADO	OBSERVACIONES
COLORE		22.11	
TURBIDEZ		0.12	
PH		7.5	
CONDUCTIVIDAD		216	
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS		15.1	
TEMPERATURA		16.2	

QUÍMICOS		RESULTADO	ABS	OBSERVACIONES
ALUMINIO		0.007		
BARIO		0.000		
BORO		0.000		
BROMO		0.000		
CADAVIO		0.000		
CLOURO (T/P)		0.000		
CLOURO		0.000		
CODBALTO		0.000		
CODBRE		0.000		
CROMO HEXAVALENTE		0.000		
CROMO TOTAL		0.000		
DUREZA TOTAL		100.00		
FLUORURO		0.000		
FOSFATOS		0.000		
HERRO TOTAL		0.000		
MANGANESO		0.000		
MOLIBDENO		0.000		
NIOBIO		0.000		
NITRATOS		0.000		
NITRITOS		0.000		
NITROGENO AMONICAL		0.000		
OXIGENO DISUELTO		10.00		
PLATA		0.000		
SULFATOS		0.000		
TRINAIOMETANOS		0.000		
ZINC		0.000		

BACTERIOLÓGICOS		V. FILT (ML)	T. I. ENC	RESULTADO	OBSERVACIONES
ESCHERICHIA COLI		100	24	0	
COLIFORMES TOTALES		100	24	0	

Precedencia: **AGUA CRUDA (SERVICIO PÚBLICO)**

Tipo de agua: **AGUA CRUDA**

Fecha / Hora muestreo: **2015 / 01 / 20 (15:11)**

Fecha / Hora lab: **2015 / 01 / 20 (16:30)**

Analizador: **LUIS RAUL ALVAREZ**

Fecha / Hora rep: **2015 / 01 / 20 (08:10)**

Técnico Responsable:

**ep emapa**  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
REPORTE DE ANALISIS DE AGUA

Vto. Archivo: 2

FÍSICOS		RESULTADO	OBSERVACIONES
COLORE		22.11	
TURBIDEZ		0.12	
PH		7.5	
CONDUCTIVIDAD		216	
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS		15.1	
TEMPERATURA		16.2	

QUÍMICOS		RESULTADO	ABS	OBSERVACIONES
ALUMINIO		0.007		
BARIO		0.000		
BORO		0.000		
BROMO		0.000		
CADAVIO		0.000		
CLOURO (T/P)		0.000		
CLOURO		0.000		
CODBALTO		0.000		
CODBRE		0.000		
CROMO HEXAVALENTE		0.000		
CROMO TOTAL		0.000		
DUREZA TOTAL		100.00		
FLUORURO		0.000		
FOSFATOS		0.000		
HERRO TOTAL		0.000		
MANGANESO		0.000		
MOLIBDENO		0.000		
NIOBIO		0.000		
NITRATOS		0.000		
NITRITOS		0.000		
NITROGENO AMONICAL		0.000		
OXIGENO DISUELTO		10.00		
PLATA		0.000		
PLOMBO		0.000		
SULFATOS		0.000		
TRINAIOMETANOS		0.000		
ZINC		0.000		

BACTERIOLÓGICOS		V. FILT (ML)	T. I. ENC	RESULTADO	OBSERVACIONES
ESCHERICHIA COLI		100	24	0	
COLIFORMES TOTALES		100	24	0	

Precedencia: **AGUA CRUDA (SERVICIO PÚBLICO)**

Tipo de agua: **AGUA CRUDA**

Fecha / Hora muestreo: **2015 / 01 / 20 (15:11)**

Fecha / Hora lab: **2015 / 01 / 20 (16:30)**

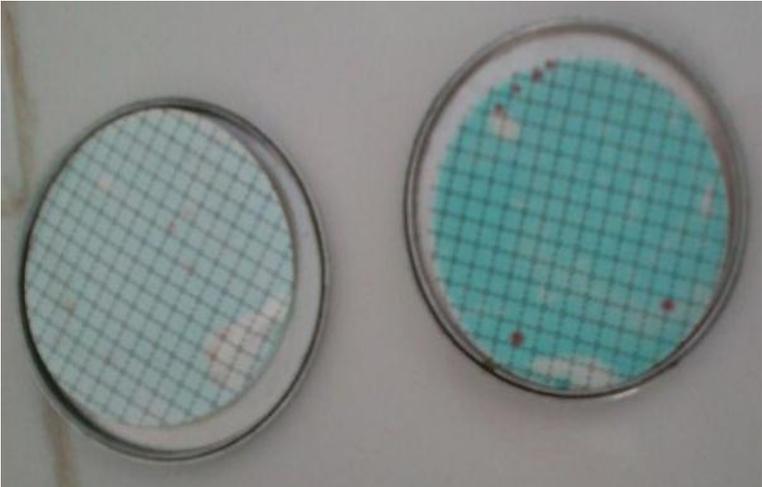
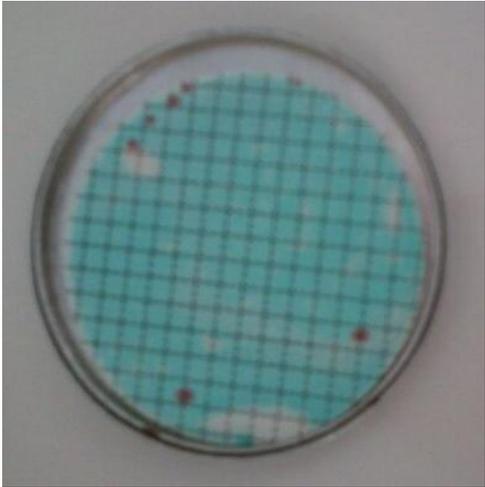
Analizador: **LUIS RAUL ALVAREZ**

Fecha / Hora rep: **2015 / 01 / 20 (08:10)**

Técnico Responsable:

NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	REPORTE DE ANÁLISIS DEL AGUA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: <b>CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS</b>	Fecha	Lámina	Escala

**Anexo R:** Análisis microbiológicos



<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS</b>		
	<input type="checkbox"/> <b>Certificado</b> <input type="checkbox"/> <b>Por aprobar</b> <input type="checkbox"/> <b>Aprobado</b> <input type="checkbox"/> <b>Para Información</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Por calificar</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> <b>CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS</b>			

**Anexo S:** Localización de la zona de diseño 1



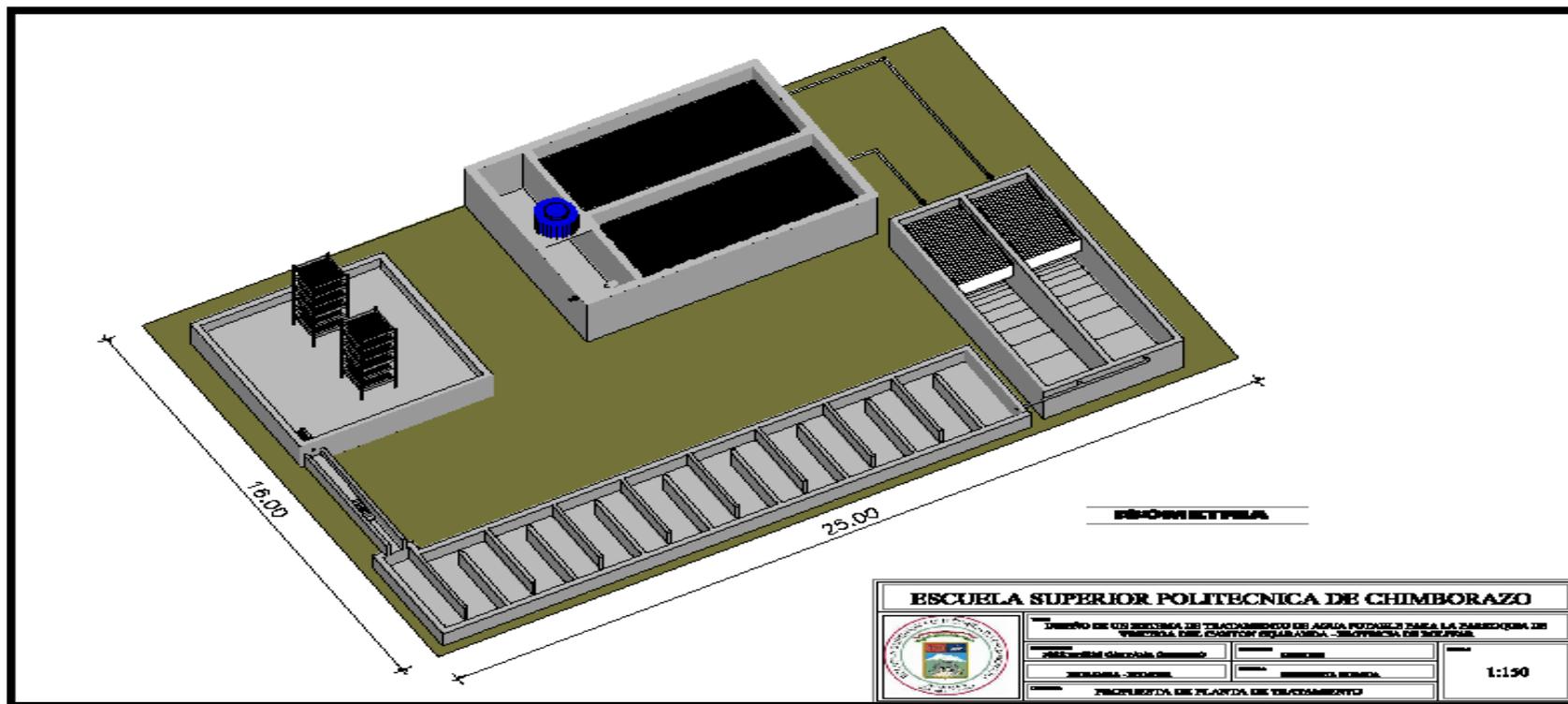
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE DISEÑO 1</b>		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA                  REALIZADO POR:                  CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS</b>	<b>Fecha</b>	<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>

**Anexo T:** Localización de la zona de diseño 2



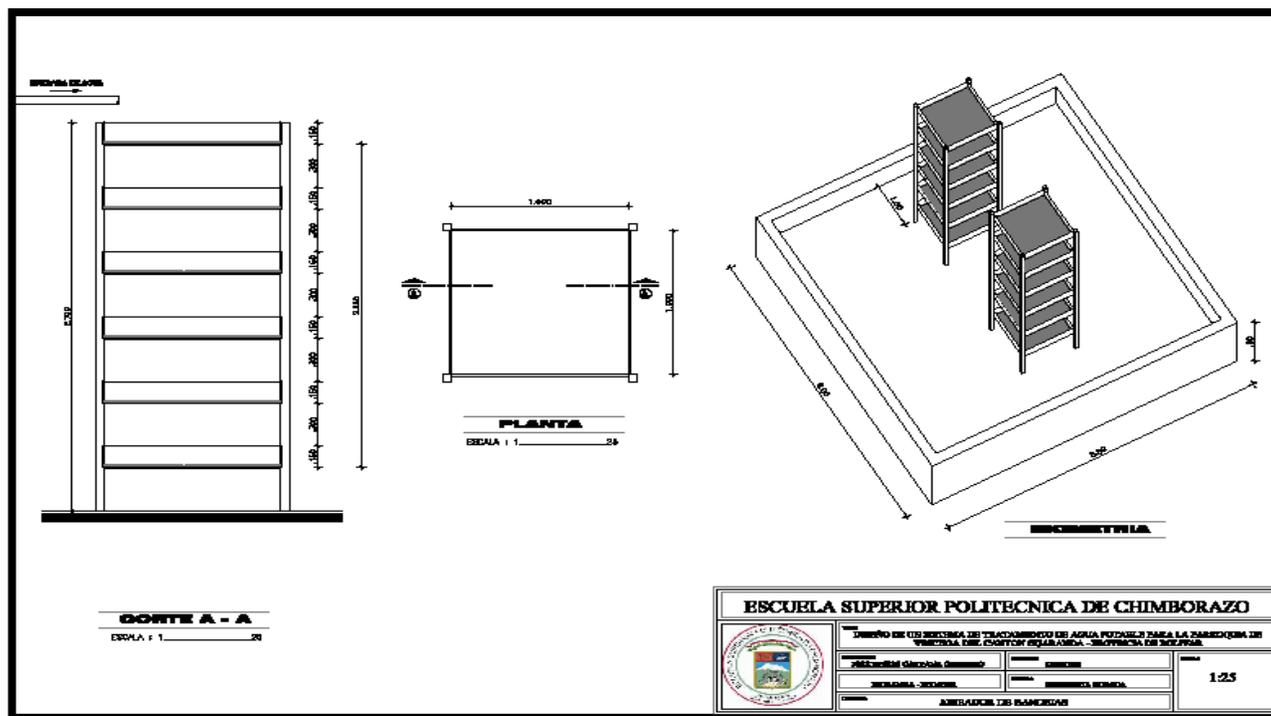
<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DE DIAGRAMA</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>	<b>LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE DISEÑO 2</b>		
	<input type="checkbox"/> <b>Certificado</b> <input type="checkbox"/> <b>Por aprobar</b> <input type="checkbox"/> <b>Aprobado</b> <input type="checkbox"/> <b>Para Información</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Por calificar</b>	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b>  <b>CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS</b>			

Anexo U: Diseño de la planta completa



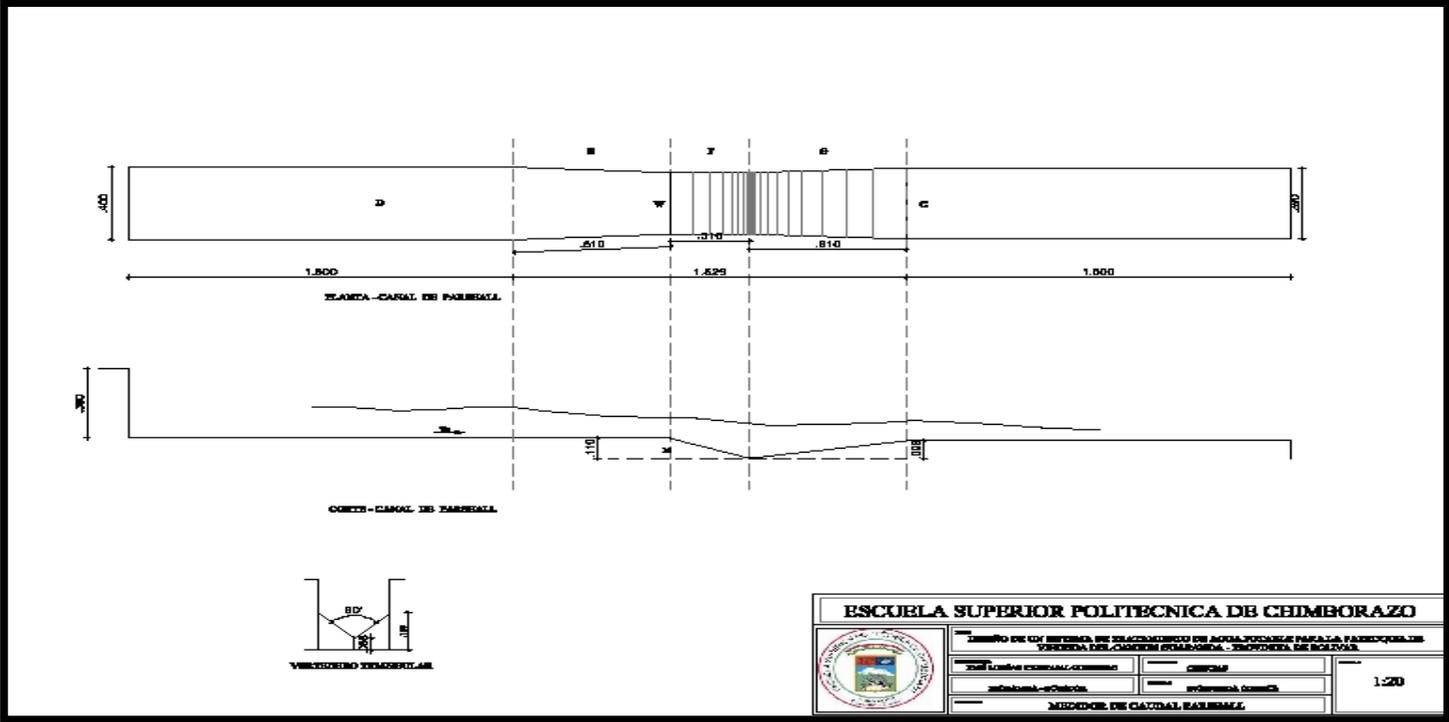
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	DISEÑO DE LA PLANTA COMPLETA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR:  CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS	Fecha	Lámina	Escala

Anexo V: Torres de aireación



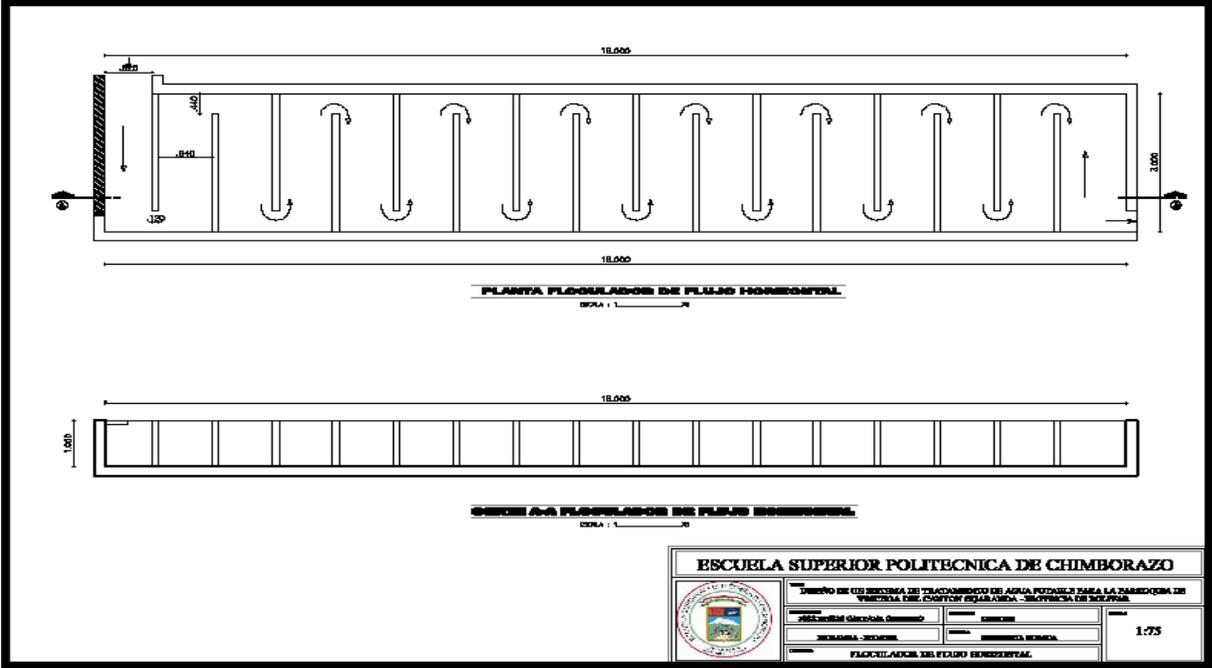
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TORRES DE AIREACIÓN		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por cualificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR:  CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS			

Anexo W: Canaleta parshal



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	CANALETA PARSHALL		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS	Fecha	Lámina	Escala

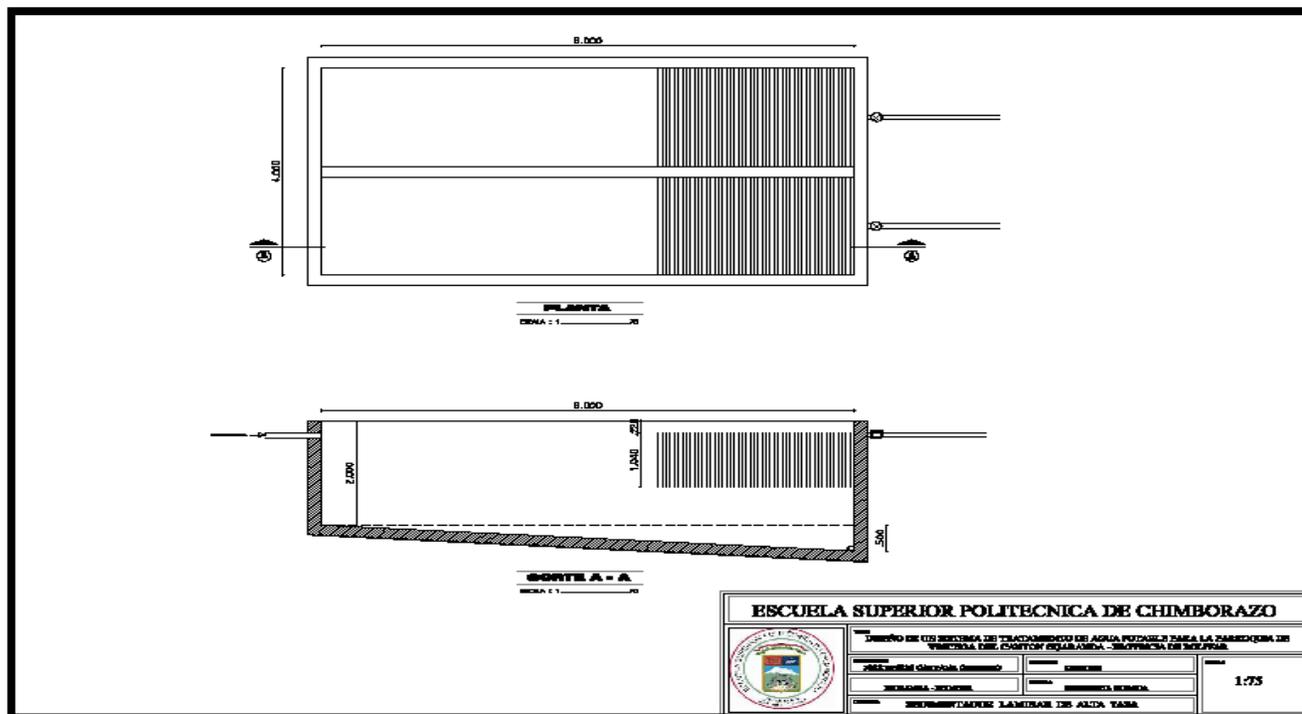
Anexo X: Floculador de flujo horizontal



<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>		
<small>UNIVERSIDAD DEL ECUADOR - INSTITUTO VECINAL DE AGUA POTABLE PARA LA PARROQUIA DE TAMAYO DEL CANTÓN BOLAGUANA - PROVINCIA DE BOLIVAR</small>		
<small>PROFESOR</small> JOSÉ CARVAJAL GUERRERO	<small>ESTUDIANTE</small> [ ]	<small>FECHA</small> [ ]
<small>DEPARTAMENTO</small> INGENIERÍA QUÍMICA	<small>CARRERA</small> INGENIERÍA QUÍMICA	<small>ESCALA</small> 1:25
<small>FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL</small>		

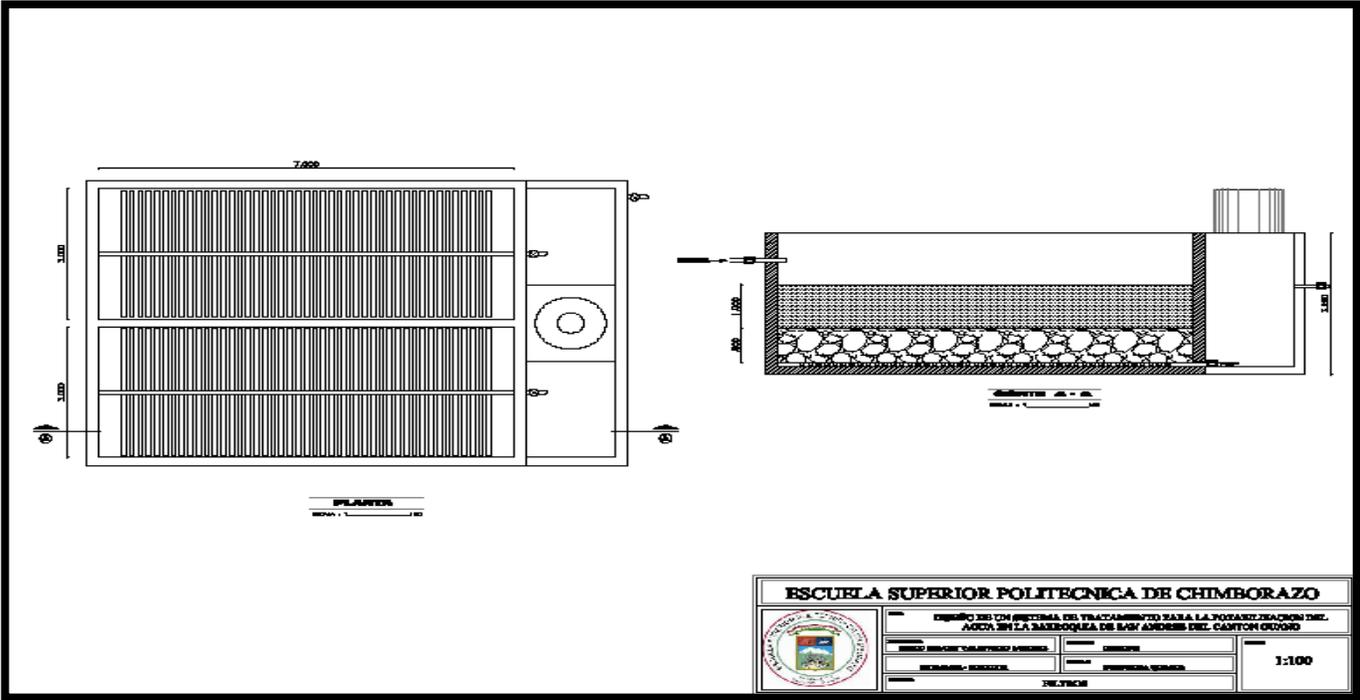
NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	FLOCULADOR DE FLUJO HORIZONTAL		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b> <b>REALIZADO POR:</b> <b>CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS</b>	Fecha	Lámina	Escala

**Anexo Y: Sedimentador de alta tasa**



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			SEDIMENTADOR DE ALTA TASA		
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS			Fecha	Lámina	Escala

**Anexo Z:** Filtro de arena y grava



NOTAS	CATEGORÍA DE DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO			
	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Para Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR:  CARVAJAL GUERRERO JOSÉ MESÍAS	FILTRO DE ARENA Y GRAVA		
			Fecha	Lámina	Escala