



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

#### **“REDISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS (EP-PETROECUADOR), CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”.**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: VERÓNICA ESTEFANÍA MONTENEGRO BENALCÁZAR**

**TUTOR: DR. JORGE GERARDO LEÓN CHIMBOLEMA**

**Riobamba – Ecuador**

**2017**

©2017, Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA CIENCIAS QUÍMICAS**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo técnico **“REDISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS (EP-PETROECUADOR), CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”** de responsabilidad de la Srta. Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Jorge Gerardo León Chimbolema

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Cumandá Carrera

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Yo, Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 28 de Marzo del 2017

Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar

C.I. 0604114546

Yo, Verónica Estefanía Montenegro Benalcázar soy la responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este proyecto y el patrimonio intelectual de este proyecto de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

---

VERÓNICA ESTEFANÍA MONTENEGRO BENALCÁZAR

## DEDICATORIA

Este triunfo se lo decido en primer lugar a Dios, la Virgen y al niño Jesús porque a pesar de las adversidades que me ha puesto, me ha enseñado a salir siempre viva de cada batalla y porque en mi dotaron la paciencia, fuerza y sabiduría para culminar con una pequeña etapa de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a mi Carrera porque cuando la elegí, la vida me sorprendió encontrando en ella gran parte de los momentos más preciados de mi vida, en donde conocí gente tan valiosa como mis amigos, compañeros y grandes profesionales que compartieron sus conocimientos durante toda mi trayectoria estudiantil.

A ti mi viejito, porque desde el cielo me mandas tus bendiciones, quien mejor que tú para ser mi ángel guardián desde el día que partiste, te dedico mi pequeño logro, sé que estas compartiendo esto tan grande de mi mano.

A ti mi amada Chivis porque has sido la mejor persona que ha estado a mi lado desde siempre, a ti en especial te dedico esto, ya que se la alegría tan enorme que significa para ti mi triunfo, porque eres mucho más de lo que las palabras puedan describir.

A ti Miguelito, porque has sido mi motor en toda mi vida, el que alegra mi existencia desde tu llegada, por ser lo más amado que tengo mi pequeño.

A mis primos, quienes son como mis hermanos: David y Nico, su presencia en todo mi camino ha sido fundamental, por todo lo vivido, por compartir algo más a nuestra gran lista.

A ti Pato, porque significas mucho en mi vida, por nuestra familia.

A mi familia, por ser un pilar importante en este logro.

A todas esas personas que simplemente siguen estando, muchas gracias por el apoyo

A las personas que ya no pertenecen a mi vida, porque sé que en cierta parte significa mucho mi logro, en realidad muchas gracias.

Y lo más importante este triunfo se lo dedico a mi persona, pues solo yo sé lo que este día significa, por las batallas perdidas y las glorias ganadas, por Mi.

Estefanía

## **AGRADECIMIENTOS**

Una vez más agradezco a Dios, a la Virgen y al niño Jesús por darme el impulso para concluir con este tan añorado sueño.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Ciencias, por permitirme aprender junto a grandes profesionales, que han sido mis mentores y grandes compañeros.

A todos quienes forman el Terminal de Productos Limpios EP-PETROECUADOR, Riobamba, por su apoyo durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Ing. Jorge Bolaños, por abrir las puertas de su empresa y darme paso para finalizar mi profesión y gracias por su ayuda tan elemental.

Al Ing. Raúl Allan, quien me dio paso a sus instalaciones y junto a sus conocimientos logró darme la motivación necesaria para poder culminar mi trabajo de titulación.

Al Doctor Gerardo León y Doctora Cumandá Carrera quienes han aportado con sus conocimientos y han sabido guiarme con paciencia.

A la Ing. Ximena Briones, quien llegó a mi vida de forma increíble, gracias por haber abierto tu corazón a mi persona y brindarme una de las amistades más valiosas y sinceras.

A mis amigos y amigas, los cuales han sido fundamentales durante mi vida universitaria y aventuras.

A mis tíos y primos que han estado de forma incondicional, por sus consejos y ánimos en cada etapa vivida.

A todos quienes han caminado a mi lado sin apartarse de mi vida y que gozan mi éxito como suyo propio.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
OBJETIVOS.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. El agua.....	5
1.1.1. <i>El agua en la naturaleza</i> .....	5
1.1.2. <i>Tipos de Agua</i> .....	6
1.1.3. <i>Calidad del agua para consumo humano</i> .....	7
1.1.4. <i>Fuentes de agua</i> .....	7
1.1.5. <i>Contaminación del Agua</i> .....	7
1.1.6. <i>Agua subterránea</i> .....	8
1.1.7. <i>Tipos de aguas Subterráneas</i> .....	8
1.1.8. <i>Propiedades de las agua subterráneas</i> .....	10
1.2. Caracterización del agua.....	10
1.2.1. <i>Parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos</i> .....	11
1.2.2. <i>Procesos de potabilización del agua</i> .....	14
1.3. Sistemas de Tratamiento.....	18
1.4. Impactos Ambientales.....	43
1.4.1. <i>Matriz de Leopold</i> .....	43
1.5. Marco Legal.....	44
CAPITULO II.....	45
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	45
2.1. Localización del proyecto.....	45
2.2. Metodología.....	45

2.2.1.	<i>Materiales, equipos y reactivos</i> .....	45
2.2.2.	<i>Método de muestreo</i> .....	47
2.2.3.	<i>Diagnóstico y verificación de las instalaciones actuales</i> .....	49
2.2.4.	<i>Caracterización físico-química y microbiológica del agua potable</i> .....	55
2.2.5.	<i>Pruebas de tratabilidad para el agua cruda</i> .....	55
2.2.6.	<i>Método del Rediseño de la Planta</i> .....	55
2.2.7.	<i>Elaboración de Planos</i> .....	56
2.2.8.	<i>Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental</i> .....	56
2.2.9.	<i>Calificación de la Matriz</i> .....	56
2.3.	<i>Propuesta del Rediseño de la Planta</i> .....	58
2.3.1.	<i>Cálculo de las Dotaciones</i> .....	58
2.3.2.	<i>Cálculo de gastos</i> .....	60
2.3.3.	<i>Cálculo para Caudal de Rediseño</i> .....	61
2.3.4.	<i>Aireador de Bandejas</i> .....	63
2.3.5.	<i>Cálculo de la concentración de PAC</i> .....	67
2.3.6.	<i>Diseño del Sedimentador de Alta Tasa</i> .....	71
2.3.7.	<i>Diseño de Ablandadores</i> .....	77
2.3.8.	<i>Desinfección</i> .....	83
2.3.9.	<i>Tipos de Materiales y Controles</i> .....	87
2.3.10.	<i>Presupuesto del Rediseño</i> .....	87
CAPITULO III .....		91
3.	<i>Resultados y discusión</i> .....	91
3.1.	<i>Localización</i> .....	91
3.2.	<i>Método de Muestreo</i> .....	93
3.3.	<i>Evaluación de la Planta Diseñada</i> .....	94
3.3.1.	<i>Aireador de bandejas múltiples</i> .....	95
3.3.2.	<i>Filtro rápido ascendente (FILTRO GRUESO)</i> .....	95
3.3.3.	<i>Vertedero Triangular</i> .....	95
3.3.4.	<i>Filtro Lento Descendente</i> .....	96
3.3.5.	<i>Tanque de Dosificación</i> .....	96
3.4.	<i>Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Cruda</i> .....	99
3.4.1.	<i>Parámetros fuera de norma</i> .....	101
3.5.	<i>Pruebas de tratabilidad para el agua cruda</i> .....	113
3.5.1.	<i>Dosis Óptima de PAC</i> .....	116
3.5.2.	<i>Dosis Óptima de CHEMFLOC</i> .....	117
3.5.3.	<i>Porcentajes de Remoción con PAC</i> .....	118

3.5.4. <i>COMPORTAMIENTO DEL pH CON EL PAC</i> .....	119
3.6. Resultados del Dimensionamiento de los Procesos de Potabilización .....	126
3.7. Elaboración de Planos .....	128
3.8. Valoración e Identificación de Impactos Ambientales .....	128
CONCLUSIONES .....	130
RECOMENDACIONES .....	132

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

### MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

1. OBJETIVO
2. ALCANCE
3. RESPONSABILIDADES
4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS
  - 4.1. Aireador de Bandejas Múltiples
  - 4.2. Sedimentador de Alta Tasa
  - 4.3. Ablandador
  - 4.4. Tanque de Desinfección
5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
  - 5.1. Verificación Periódica
  - 5.2. Mantenimiento Periódico
  - 5.3. Herramientas de Mantenimiento
  - 5.4. Equipo de Protección para los Operadores
6. PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO
7. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN
  - 7.1. Aireador de bandejas múltiples
  - 7.2. Sedimentador de tasa alta
  - 7.3. Filtro grueso ascendente
  - 7.4. Filtro lento descendente
  - 7.5. Ablandadores
  - 7.6. Tanque de desinfección
  - 7.7. Cisterna

## APÉNDICE

- A. Ficha de capacitación a operadores
- B. Ficha de dosificación
- C. Ficha de operación de los equipos
- D. Ficha de mantenimiento de los equipos

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Presentación del agua.....	5
<b>Tabla 2-1.</b> Parámetros para dimensionar un aireador de bandejas .....	21
<b>Tabla 3-1.</b> Parámetros de diseño de placas planas de asbesto-cemento .....	29
<b>Tabla 4-1.</b> Parámetros de diseño de Sedimentadores Laminares .....	29
<b>Tabla 5-1.</b> Valores de Sc Típicos .....	32
<b>Tabla 6-1.</b> Parámetros de diseño de Ablandadores.....	36
<b>Tabla 1-2.</b> Lista de Materiales, equipos y reactivos .....	45
<b>Tabla 2-2.</b> Métodos de análisis de aguas .....	48
<b>Tabla 3-2.</b> Valoración Magnitud e Importancia para la Matriz Causa – Efecto de Leopold.....	57
<b>Tabla 4-2.</b> Evaluación de impactos según la Metodología de Leopold.....	57
<b>Tabla 5-2.</b> Rangos para la Calificación Ambiental.....	58
<b>Tabla 6-2.</b> Elementos de la planta de Tratamiento .....	87
<b>Tabla 7-2.</b> Equipos a ser controlados .....	87
<b>Tabla 8-2.</b> Presupuesto general de la planta de potabilización.....	87
<b>Tabla 9-2.</b> Presupuesto total de la plata de potabilización.....	89
<b>Tabla 10-2.</b> Costos de los productos químicos usados para el tratamiento .....	90
<b>Tabla 1-3.</b> Ficha técnica de localización .....	91
<b>Tabla 2-3.</b> Plan de muestreo .....	93
<b>Tabla 3-3.</b> Caracterización físico-química y bacteriológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 1.....	99
<b>Tabla 4-3.</b> Caracterización físico-química y bacteriológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 2.....	100
<b>Tabla 5-3.</b> Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 3.....	101
<b>Tabla 6-3.</b> Parámetros fuera de norma.....	103
<b>Tabla 7-3.</b> Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC.....	114
<b>Tabla 8-3.</b> Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC.....	115
<b>Tabla 9-3.</b> Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC.....	116
<b>Tabla 10-3.</b> Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC .....	116
<b>Tabla 11-3.</b> Resultados de la prueba de tratabilidad con CHEMFLOC .....	117
<b>Tabla 12-3.</b> Remoción de Turbiedad .....	118
<b>Tabla 13-3.</b> Comportamiento del pH.....	119
<b>Tabla 14-3.</b> Validación de los resultados obtenidos después de las pruebas de jarras del rediseño de la planta.....	121

<b>Tabla 15-3.</b> Resultados de la Torre de Aireación .....	126
<b>Tabla 16-3.</b> Resultados de la determinación del agente coagulante .....	126
<b>Tabla 17-3.</b> Resultados Sedimentador de Alta Tasa (placas) .....	126
<b>Tabla 18-3.</b> Resultados de ablandadores .....	127
<b>Tabla 19-3.</b> Matriz de Evaluación de Impactos Ambientales (Leopold), para el Rediseño de la Planta Potabilizadora de la EP-PETROECUADOR, Riobamba. ....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Aireador de Cascadas .....	20
<b>Figura 2-1.</b> Aireador de Bandejas .....	20
<b>Figura 3-1.</b> Sedimentación .....	27
<b>Figura 4-1.</b> Sedimentador .....	28
<b>Figura 1-2.</b> Captación de agua cruda.....	50
<b>Figura 2-2.</b> Aireador de bandejas múltiples .....	51
<b>Figura 3-2.</b> Filtro grueso ascendente .....	52
<b>Figura 4-2.</b> Vertedero Triangular .....	52
<b>Figura 5-2.</b> Filtro lento descendente.....	53
<b>Figura 6-2.</b> Tanque de desinfección .....	54
<b>Figura 7-2.</b> Tanque de almacenamiento .....	54
<b>Figura 1-3.</b> Mapa de ubicación de la planta de tratamiento de agua potable .....	92

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3.</b> Sistema de la Planta Actual de Tratamiento .....	97
<b>Gráfico 2-3.</b> Propuesta de Re-diseño del Actual Sistema de Tratamiento.....	98
<b>Gráfico 3-3.</b> Límite máximo permisible de Turbiedad.....	104
<b>Gráfico 4-3.</b> Límite máximo permisible de Nitritos .....	104
<b>Gráfico 5-3.</b> Límite máximo permisible de Fosfatos.....	105
<b>Gráfico 6-3.</b> Límite máximo permisible de Hierro.....	105
<b>Gráfico 7-3.</b> Límite máximo permisible de Manganeseo.....	106
<b>Gráfico 8-3.</b> Límite máximo permisible de Dureza.....	106
<b>Gráfico 9-3.</b> Límite máximo permisible de Coliformes Totales.....	107
<b>Gráfico 10-3.</b> Límite máximo permisible de Coliformes Fecales .....	107
<b>Gráfico 11-3.</b> Límite máximo permisible de turbidez, segunda revisión. ....	108
<b>Gráfico 12-3.</b> Límite máximo permisible de nitritos, segunda revisión. ....	109
<b>Gráfico 13-3.</b> Límite máximo permisible de fosfatos, segunda revisión.....	109
<b>Gráfico 14-3.</b> Límite máximo permisible de Hierro, segunda revisión. ....	110
<b>Gráfico 15-3.</b> Límite máximo permisible de manganeso, segunda revisión. ....	111
<b>Gráfico 16-3.</b> Límite máximo permisible de dureza, segunda revisión.....	111
<b>Gráfico 17-3.</b> Límite máximo permisible de coliformes totales, segunda revisión. ....	112
<b>Gráfico 18-3.</b> Límite máximo permisible de coliformes fecales, segunda revisión. ....	113
<b>Gráfico 19-3.</b> Dosis Óptima del PAC.....	117
<b>Gráfico 20-3.</b> Dosis Óptima de CHEMFLOC.....	118
<b>Gráfico 21-3.</b> Porcentaje de Remoción de Turbiedad .....	119
<b>Gráfico 22-3.</b> Comportamiento del pH.....	120
<b>Gráfico 23-3.</b> Reducción de la turbidez.....	122
<b>Gráfico 24-3.</b> Reducción de nitritos .....	122
<b>Gráfico 25-3.</b> Reducción de fosfatos .....	123
<b>Gráfico 26-3.</b> Reducción del hierro total .....	123
<b>Gráfico 27-3.</b> Reducción del manganeso.....	124
<b>Gráfico 28-3.</b> Reducción de dureza total .....	124
<b>Gráfico 29-3.</b> Reducción de coliformes totales .....	125
<b>Gráfico 30-3.</b> Reducción de coliformes fecales.....	125

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b> .....	15
<b>Ecuación 2-1</b> .....	16
<b>Ecuación 3-1</b> .....	16
<b>Ecuación 4-1</b> .....	16
<b>Ecuación 5-1</b> .....	17
<b>Ecuación 6-1</b> .....	17
<b>Ecuación 7-1</b> .....	17
<b>Ecuación 8-1</b> .....	18
<b>Ecuación 9-1</b> .....	18
<b>Ecuación 10-1</b> .....	21
<b>Ecuación 11-1</b> .....	22
<b>Ecuación 12-1</b> .....	22
<b>Ecuación 13-1</b> .....	22
<b>Ecuación 14-1</b> .....	22
<b>Ecuación 15-1</b> .....	23
<b>Ecuación 16-1</b> .....	23
<b>Ecuación 17-1</b> .....	23
<b>Ecuación 18-1</b> .....	25
<b>Ecuación 19-1</b> .....	26
<b>Ecuación 20-1</b> .....	29
<b>Ecuación 21-1</b> .....	30
<b>Ecuación 22-1</b> .....	30
<b>Ecuación 23-1</b> .....	30
<b>Ecuación 24-1</b> .....	30
<b>Ecuación 25-1</b> .....	31
<b>Ecuación 26-1</b> .....	31
<b>Ecuación 27-1</b> .....	31
<b>Ecuación 28-1</b> .....	32
<b>Ecuación 29-1</b> .....	32
<b>Ecuación 30-1</b> .....	32
<b>Ecuación 31-1</b> .....	33
<b>Ecuación 32-1</b> .....	33
<b>Ecuación 33-1</b> .....	34
<b>Ecuación 34-1</b> .....	34

<b>Ecuación 35-1</b> .....	37
<b>Ecuación 36-1</b> .....	37
<b>Ecuación 37-1</b> .....	37
<b>Ecuación 38-1</b> .....	38
<b>Ecuación 39-1</b> .....	38
<b>Ecuación 40-1</b> .....	38
<b>Ecuación 41-1</b> .....	39
<b>Ecuación 42-1</b> .....	39
<b>Ecuación 43-1</b> .....	39
<b>Ecuación 44-1</b> .....	41
<b>Ecuación 45-1</b> .....	42
<b>Ecuación 46-1</b> .....	42
<b>Ecuación 47-1</b> .....	42
<b>Ecuación 48-1</b> .....	43
<b>Ecuación 1-2</b> .....	58

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b><math>\rho_{HTH}</math>:</b>	Densidad de HTH (g/L)
<b><math>\theta</math>:</b>	Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa (°)
<b>Af:</b>	Área de filtración (m <sup>2</sup> )
<b>afu:</b>	Longitud de la pared por unidad de filtración (m)
<b>Ai:</b>	Área de bandejas (m <sup>2</sup> )
<b>Aif:</b>	Área de cada unidad de filtración (m <sup>2</sup> )
<b>Aof:</b>	Área de cada orificio (m <sup>2</sup> )
<b>Aorificio:</b>	Área de cada orificio (m <sup>2</sup> )
<b>As:</b>	Área superficial de sedimentación (m <sup>2</sup> )
<b>At:</b>	Área total del aireador
<b>Ato:</b>	Área total de orificios (m <sup>2</sup> )
<b>bfu:</b>	Ancho de la unidad del filtro (m)
<b>bs:</b>	Ancho del sedimentador (m)
<b>C:</b>	Concentración de Hipoclorito de Calcio (mg/L)
<b>C1:</b>	Concentración de Hipoclorito de Calcio (mg/L)
<b>C2:</b>	Concentración de Hipoclorito de Calcio (mg/L)
<b>CH:</b>	Carga hidráulica
<b>Cs:</b>	Carga superficial del sedimentador
<b>Cvr:</b>	Constante del volumen de regulación
<b>DB:</b>	Dotación básica
<b>DHTH:</b>	Dosificación de hipoclorito de calcio (Lb/día)
<b>DMF:</b>	Dotación media futura
<b>Do:</b>	Diámetro de los orificios laterales (m)
<b>dp:</b>	Ancho del conducto entre placas (m)
<b>Dt:</b>	Diámetro de la tubería de entrada al filtro (m)
<b>DTS:</b>	Diámetro de la tubería a la salida del filtro (m)
<b>Eb:</b>	Espesor de cada bandeja
<b>eo:</b>	Espesor entre orificios (m)
<b>ep:</b>	Espesor de las placas
<b>FM:</b>	Factor de mayorización
<b>g:</b>	Gravedad (m <sup>2</sup> /s)
<b>Hs:</b>	Altura total del sedimentador (m)
<b>Htorre:</b>	Altura total de la torre
<b>K1:</b>	Coefficiente de variación diaria

<b>K<sub>2</sub>:</b>	Coeficiente de variación horaria
<b>K<sub>3</sub>:</b>	Coeficiente de variación
<b>K<sub>4</sub>:</b>	Factor de seguridad
<b>l:</b>	Lado de la bandeja
<b>L:</b>	Longitud
<b>L':</b>	Longitud de transición en el sedimentador (adimensional)
<b>Lcr:</b>	Longitud relativa del sedimentador corregida (m)
<b>LL:</b>	Longitud de cada lateral (m)
<b>Lmp:</b>	Longitud mínima de la pared (m)
<b>Lp:</b>	Longitud recorrida a través de la placa (m)
<b>Lr:</b>	Longitud relativa de sedimentación (m)
<b>Ls:</b>	Longitud de sedimentación (m)
<b>ls:</b>	Longitud del sedimentador (m)
<b>Ltp:</b>	Longitud total de la pared (m)
<b>mHTH:</b>	Masa de HTH (g/día)
<b>Nb:</b>	Número de unidades de aireación requeridas
<b>nf:</b>	Número de módulos de filtración (unidades)
<b>nL:</b>	Número de laterales (adimensional)
<b>no:</b>	Número total de orificios (adimensional)
<b>Np:</b>	Número de perforaciones
<b>Ntorres:</b>	Número de torres
<b>Pf:</b>	Población futura
<b>Qbandejas:</b>	Caudal sobre cada bandeja (L/s)
<b>Qcap:</b>	Caudal de captación (L/s)
<b>Qd:</b>	Caudal de diseño (L/s)
<b>Qi:</b>	Caudal de diseño para cada filtro (m <sup>3</sup> /s)
<b>QMd:</b>	Caudal máximo diario (L/s)
<b>Qmed:</b>	Caudal medio diario (L/s)
<b>QMh:</b>	Gasto medio horario (L/s)
<b>Qo:</b>	Caudal que ingresa a cada orificio (L/s)
<b>Qt:</b>	Caudal que ingresa a cada torre (L/s)
<b>Qtratamiento:</b>	Caudal De tratamiento (L/s)
<b>Re:</b>	Número de Reynolds (adimensional)
<b>Sb:</b>	Separación entre bandejas
<b>Sc:</b>	Parámetros característicos para sedimentadores de placas paralelas
<b>Slf:</b>	Separación entre laterales (m)
<b>So:</b>	Separación entre orificios (m)

<b>Sp:</b>	Separación entre placas (m)
<b>T:</b>	Tiempo (h)
<b>te:</b>	Tiempo de exposición
<b>trp:</b>	Tiempo de retención en las placas (seg.)
<b>trs:</b>	Tiempo de retención en el tanque de sedimentación (seg.)
<b>Tus:</b>	Total de usuarios servidos
<b>V:</b>	Velocidad en la tubería (m/s)
<b>V1:</b>	Volumen de la solución madre (L)
<b>V2:</b>	Volumen de agua requerido para diluir la solución madre (L)
<b>VAHTH:</b>	Volumen de agua para diluir el HTH (L)
<b>Vfl:</b>	Velocidad de filtración (m/s)
<b>Vof:</b>	Velocidad del orificio (m/s)
<b>Vr:</b>	Volumen de regulación (m <sup>3</sup> )
<b>Vs:</b>	Velocidad del agua a través de la tubería de salida (m/s)
<b>Vs:</b>	Volumen del sedimentador (m <sup>3</sup> )
<b>Vsc:</b>	Velocidad de sedimentación crítica
<b>VSM:</b>	Volumen de la solución madre (L)
<b>Vso:</b>	Velocidad del sedimentador (m/s)
<b>VT:</b>	Volumen total de la solución (L)
<b>VTCM:</b>	Volumen de agua consumida (m <sup>3</sup> )
<b>v:</b>	Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en el rediseño de un sistema de tratamiento de agua potable del Terminal de Productos Limpios de la Empresa Pública de Hidrocarburos PETROECUADOR, ubicada en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, con el fin de obtener un recurso hídrico de calidad y que cumpla con los requisitos para consumo humano. Se inició con el muestreo y análisis fisicoquímicos y microbiológicos preliminares del agua basados en los Métodos Estándar, en el Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”; los resultados indicaron que los parámetros fuera de norma son: Turbiedad con 5,37 unidades nefelométricas de turbiedad (NTU); Nitritos con 0,007 mg/L; Fosfatos con 0,71 mg/L; Hierro Total con 0,5 mg/L; Manganeso con 0,498 mg/L; Dureza Total con 357,2 mg/L; Coliformes Totales con 55 NMP/100 mL, y coliformes fecales con 15 NMP/100 mL. Se realizaron pruebas de tratabilidad que permitieron determinar la dosis de Policloruro de Aluminio (PAC) de 15 ppm con un auxiliar aniónico CHEMFLOC 6 ppm, concentración necesaria para disminuir los valores del parámetro Turbiedad, además se utilizó Hipoclorito de Calcio (HTH), con una concentración de 1 ppm para eliminar los contaminantes microbiológicos. Se concluyó con la propuesta de rediseño la misma que constará de un sistema de aireación, seguido por un sedimentador de tasa alta, un filtro grueso, un filtro lento descendente, dos filtros ablandadores, y finalmente el tanque de desinfección. Las pruebas de validación del tratamiento propuesto señalan que se obtendrá una remoción del 92,80% en turbiedad; 78,87% en fosfatos; 84,00% en hierro; 98,19% en manganeso; 88,24% en dureza; mientras que los coliformes fecales, totales y los nitritos son removidos completamente. Se recomienda cumplir con el manual de operación y mantenimiento para conservar las estructuras.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MEDIO AMBIENTE>, <BIOTECNOLOGÍA>, <REDISEÑO>, <MÉTODOS ESTÁNDAR>, <AUXILIAR ANIÓNICO (CHEMFLOC)>, <POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)>, <HIPOCLORITO DE CALCIO (HTH)>.

## SUMMARY

The present work consisted on the redesign of a drinking water treatment system at the Clean Products Terminal of the Public Petroleum Company PETROECUADOR, located in Riobamba canton, Chimborazo province, in order to obtain a quality water resource that complies with the requirements for human consumption. It began with the sampling the preliminary microbiological, physicochemical and microbiological analyzes of the water based on the Standard Methods at the Laboratory of Quality Control of the System of Drinking Water Treatment “CHAQUISHCA”; the results indicated that the non-standard parameters are: Turbidity with 5,37 nephelometric turbidity units (NTU); Nitrites with 0,007 mg/L; Phosphates with 0,71 mg/L; Total Iron with 0,5 mg/L; Manganese with 0,498 mg/L; Total Hardness with 357,2 mg/L; Total coliforms with 55 NMP/100 mL, and fecal coliforms with 15 NMP/100 mL. Treatability test were carried out to the 15 ppm Aluminum Polychloride (APC) dose with an anionic auxiliary CHEMFLOC 6 ppm, concentration required to decrease Turbidity values, Calcium Hypochlorite (HTH) was also used, with a concentration of 1 ppm to eliminate microbiological contaminants. It was concluded with the redesign, it will consist of an aeration system, followed by a high rate sedimentation unit, a coarse filter, a slow descending filter, two softening filters, and finally the disinfection tank. The validation tests of the proposed treatment indicate that a removal of 92,80% in turbidity is obtained; 78,87% in phosphates; 84,00% in iron; 98,19% in manganese; 88,24% in hardness; while total fecal coliforms, and nitrites are completely removed. It is recommended to comply with the operation and maintenance manual to conserve the structures.

**KEYWORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <ENVIRONMENT>, <BIOTECHNOLOGY>, <REDESIGN>, <STANDARD METHODS>, <ANIONIC (CHEMFLOC)>, <ALUMINUM POLYCHLORIDE OF (APC)>, <CALCIUM HYPOCHLORITE (HTH).>

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente conocemos la importancia que tiene para la humanidad el consumo de agua potable, debido a que es un elemento vital para el desarrollo de la vida y el mantenimiento de la naturaleza.

Al hacer mención al recurso hídrico potable se refiere a una sustancia que cumpla determinadas condiciones, es decir que se encuentre libre de impurezas como olor, color, sabor y organismos patógenos, ya que estos pueden alterar la salud y causar serias enfermedades a quienes consumen agua no tratada.

El mundo se encuentra en un punto donde los seres humanos no tomamos conciencia acerca del cuidado de los recursos naturales, y de la situación por la que la tierra está atravesando, el no cuidar de la misma últimamente ha traído preocupaciones acerca del agotamiento de los recursos. La necesidad de las diferentes poblaciones del mundo por tener acceso a una sustancia de calidad ha sido una larga lucha y pese a esto existen lugares del orbe donde no llegan a consumir un elemento apto para cubrir sus demandas.

La provisión de agua potable implica varios aspectos para lograr la adecuación para consumo humano. Para ello se requiere encontrar la forma más conveniente de hacerlo, tanto desde el punto de vista técnico como del económico.

Las aguas que ingresan a la planta provienen de la vertiente del Chimborazo, sector Shobol, está se encuentra fuera de funcionamiento, por esta razón se procede a realizar los análisis correspondientes para arrancar el proceso del rediseño de dicha planta.

Se debe recalcar que para el desarrollo de este proyecto se ha empleado el método más adecuado según la investigación previa de las condiciones que posee el agua que ingresa y de las estructuras con la que cuenta la misma.

El rediseño de la Planta Potabilizadora de Agua del Terminal de Productos Limpios de la EP PETROECUADOR, proporcionará mejora de la estructura para el proceso de potabilización, suministrando agua mejor de calidad para beneficio único de la empresa y todo el personal.

## **IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El abastecimiento de agua para consumo, con el que cuenta el Terminal de Productos Limpios Riobamba (EP-PETROECUADOR), proviene de la captación de las vertientes del Chimborazo, sector Shobol, la cual no es apta para su consumo, ya que no cuenta con los procesos esenciales para cumplir con el proceso de potabilización, está abandonada desde su construcción, lo que ha traído consecuencias notorias en el sistema de potabilización, debido a que no se encuentra en condiciones óptimas para convertir el agua en potable.

El agua que está a disposición del Terminal no presenta un tratamiento de potabilización propicio, debido a que su sistema de potabilización está fuera de funcionamiento, dado que los procesos dispuestos en la actualidad están deteriorados, lo que genera gastos económicos elevados, debido a que se abastecen de agua envasada para poder cubrir las necesidades y hacer uso de ella en la cocina y preparación de alimentos.

El agua presenta condiciones perjudiciales tanto para quienes la consumen como para equipos de laboratorio de las instalaciones del Terminal, debido a que produce incrustaciones en tuberías, blanqueamiento en los materiales, adicionalmente a esto existe afectaciones a la salud, como problemas dérmicos, infecciones estomacales, entre otros.

El rediseño de la Planta Potabilizadora del Terminal proyecta realizar minuciosamente la revisión de los equipos y proponer nuevas estructuras y sistemas de tratamiento.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Actualmente el Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba carece de suministro de agua potable, debido a que los equipos dispuestos han cumplido su tiempo de vida útil y han sido abandonados en su totalidad, provocando que el agua consumida no sea tratada correctamente, acarreando graves consecuencias dentro de las instalaciones, debido a que causa daños de corrosión y blanqueamiento en tuberías y equipos, además de las enfermedades dérmicas y gastrointestinales producidas al personal quien hace uso directo de la misma.

La captación de agua proviene de las vertientes del Chimborazo, sector Shobol; y en el trayecto hasta la planta, se han presentado asentamientos humanos, lo cual ocasiona la contaminación de este recurso debido a las actividades y a la filtración de contaminantes.

El presente trabajo técnico tiene como finalidad lograr que el sistema de tratamiento con el que cuenta el Terminal cumpla con los criterios de diseño adecuados, por lo que se verá pertinente mejorar los procesos con los que cuenta y añadir nuevos equipos o procesos, una vez realizada la caracterización físico-química y bacteriológica del agua, buscando la forma de suministrar un recurso apto para consumir previo a un tratamiento eficiente y basándose en cumplir con los requerimientos de la Norma para Diseño y Construcción de Plantas de Agua Potable NTE INEN 1108:2006 y la Norma para Verificar los Requisitos de Calidad del agua Potable NTE INEN 1108:2014, vigente y actualizada en nuestro país.

Se debe mencionar que la tecnología y los conocimientos permitirán tener herramientas claves para poder llevar a cabo lo propuesto, logrando que se cumpla con los parámetros de calidad establecidos, llegando a obtener agua apta para el consumo humano directo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Rediseñar de la Planta Potabilizadora de Agua para Consumo Humano en el Terminal de productos Limpios (PETROECUADOR), cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar física-química y microbiológica el agua cruda que ingresa al Terminal de Productos Limpios.
- Evaluar el estado actual de la Planta Potabilizadora de Agua que dispone el Terminal.
- Proponer alternativas para mejorar la estructura de la planta, basándose en un estudio previo de la misma.
- Redimensionar la planta de agua potable utilizando un software de diseño AutoCAD.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. El agua

El agua es aquel elemento que ha sido determinada para el consumo humano, por lo que debe llegar a ser un elemento satisfactorio en cuanto a sus características físicas, químicas y microbiológicas, las mismas que se encuentran normalizadas a estándares de calidad, en los cuales se encuentran establecidos límites máximos y mínimos que la misma debe cumplir.

En sí se llama agua potable a aquel recurso hídrico que sea tratado bajo normas establecidas por instituciones competentes que hagan de la misma un agua apta y de calidad para que sea libre de consumo, que carezca de agentes microbiológicos, componentes químicos y biológicos y que sea aceptable estéticamente, con el fin de garantizar y asegurar a la población del uso libre del agua. (GUIAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE, 2006).

Es importante mencionar que el agua sufre diversos cambios durante su aprovechamiento biológico; sin embargo es esencial para múltiples actividades de todos los organismos vivos, por este motivo se debe considerar la calidad de la misma, pues el líquido vital debe estar libre de todo tipo de impurezas y contaminantes. (Badui, 2010, pág. 68)

#### 1.1.1. El agua en la naturaleza

El agua la podemos encontrar en diversas formas dentro de la naturaleza, se debe considerar los efectos y usos del agua líquida sobre la salud y tenemos:

**Tabla 1-1.** Presentación del agua

CONTENIDO	NATURALEZA
Pura	Atmosférica
Cruda	Superficial
Potable	Subterránea

Fuente: (CALIDAD DEL AGUA)

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### ***1.1.2. Tipos de Agua***

Las clases de agua se pueden dividir de acuerdo a la cantidad y tipos de sales minerales presentes en ellas y encontramos las siguientes:

#### ***1.1.2.1. Aguas Alcalinas***

Este tipo de aguas presentan en su composición carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio en dosis considerables, siendo las mismas las que suministran al agua la capacidad de una reacción alcalina, dando como resultado el ascenso del pH.

#### ***1.1.2.2. Aguas Neutras***

Este tipo de aguas presentan una elevada aglomeración en su composición de sulfatos y cloruros, siendo estos los mismos que no modifican el valor del pH.

#### ***1.1.2.3. Aguas Blandas***

Su composición consta de compuestos inorgánicos mineralizados con mayor disolubilidad.

#### ***1.1.2.4. Aguas Duras***

Son aquellas que poseen importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco solubles son la causa principal de formación de depósitos e incrustaciones

#### ***1.1.2.5. Agua potable***

El agua potable es esencial para cubrir las necesidades de los seres humanos, como la alimentación, el aseo personal, el uso de este recurso para satisfacer nuestras necesidades físicas, sociales y económicas.

Es preciso mencionar que al agua que se encuentra libre de microorganismos que causen enfermedades, además sin sustancias químicas que se produzcan efectos nocivos para la salud produciendo efectos fisiológicos, es considerada como recurso de calidad y apto para consumo.

El agua potable es apta para ser consumida por personas y animales ya que no presenta riesgo de contraer enfermedades, no ocasiona ningún peligro significativo para la salud cuando ha sido tratada de manera adecuada. (GUIAS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE, 2006)

### ***1.1.3. Calidad del agua para consumo humano***

El uso fundamental del agua para el ser humano, es el consumo directo, no obstante existen otros usos con requerimientos de calidad que pueden tener mayor exigencia de tratamiento, este debe recibir el grado máximo de protección sanitaria. (Romero J. , Calidad del Agua, 2002, pág. 372)

Cada país regula la calidad de agua para consumo humano estableciendo y exigiendo normas de calidad de agua segura o potable, además mediante las entidades de manejo del recurso, creando estrategias pertinentes para resguardar este líquido tan importante de cualquier contaminación o impureza. (Romero J. , Calidad del Agua, 2002, pág. 372)

Someter a análisis adecuados el agua en su origen, nos facilita el conocimiento respecto a la calidad, orientándonos en la selección de su captación y permitiéndose un buen tratamiento. Un agua potable destinada al consumo humano, debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria adecuada, inmediatamente después de su proceso de tratamiento, y así presentar una estabilidad biológica en la red de distribución. (OMS, 2008)

### ***1.1.4. Fuentes de agua***

El agua en la naturaleza se encuentra continuo movimiento, sin interrumpir el ciclo hidrológico de precipitación o lluvia, escurrimiento e infiltración. Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua temporalmente para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. (Sierra, 2003, pág. 96).

### ***1.1.5. Contaminación del Agua***

Se catalogan en:

- suspendidas: son partículas con el tamaño adecuado, con capacidad de tamizarse.
- coloidales

- disueltas: los contaminantes coloidales y disueltos presentan más dificultad para ser eliminados, pero se lo puede hacer combinando estas partículas para formar posteriormente otras más grandes, las que puedan ser tratadas como materia suspendida. (Association, 1968, págs. 56-58)

La alteración microbiológica del agua se relaciona en su mayoría de su derivación. Por esta razón se puede decir que las aguas de tipo subterráneas vienen a ser más naturales que las superficiales, debido a que la permeabilidad de las togas impide el paso de cierta cantidad de microorganismos.

La contaminación microbiológica puede caracterizarse para la presencia de gérmenes de origen telúrico (bacterias esporuladas y otras que pertenecen al grupo de los Streptomyces), gérmenes de origen humano o animal con la presencia continua de patógenos, principalmente enterobacterias de origen intestinal (E. coli, coliformes fecales, Salmonellas, Shigella, Streptococcus, fecales, Clostridium Perfringens, Vibrio Cholerae). (Association, 1968, pág. 59)

#### ***1.1.6. Agua subterránea***

El agua subterránea en su mayoría presenta características, el ser un líquido que no presente color, que no tenga sabor y que a simple vista no presente ningún tipo de anomalía que convierta al agua en impura.

Puede verse modificada en sus peculiaridades debido a que al momento en el que el agua sigue un recorrido obtiene singularidades diferentes. (LENNTECH, 1998, pág. 30)

#### ***1.1.7. Tipos de aguas Subterráneas***

##### ***1.1.7.1. Agua freática***

Es la que está contenida entre la superficie de la tierra y la primera capa o estrato impermeable; se encuentra en un lecho permeable en donde se mueve libremente y a la presión atmosférica; constituida por dos zonas una superficial llamada zona de aguas vadasas o zona de aireación y otra zona que continúa hasta el estrato impermeable que se llama zona de saturación. (LENNTECH, 1998, pág. 31)

##### ***1.1.7.2. Agua artesisiana***

Es aquella que se encuentra entre dos estratos impermeables, no se mueve libremente, encontrándose de forma recluida, con una presión diferente a la atmosférica. Esta agua puede aflorar formando manantiales o alimentado cursos de agua o lagos. Al escurrir por las diferentes capas de terreno entra en contacto con sustancias orgánicas e inorgánicas algunas de ellas muy solubles. Por la

descomposición de materia orgánica puede contener nitratos o nitritos. Tiene bajo contenido de oxígeno disuelto y alto de CO<sub>2</sub> por lo que disuelve el fierro y el manganeso, sustancias características de estas aguas. (LENNTECH, 1998, pág. 31)

#### *1.1.7.3. Manantiales*

El agua subterránea que corre en la parte superior de un estrato impermeable puede salir a la superficie en forma de manantial. Esto sucede generalmente cuando el estrato impermeable aflora debajo de una extensión elevada de material permeable. A veces, los manantiales brotan entre las grietas de las rocas. Las aguas de manantiales provenientes de estratos someros se verán más probablemente afectados por la polución superficial que las aguas profundas. Normalmente, la cantidad de agua que se obtiene en manantiales es limitada y, por tal motivo el aprovechamiento que se le da al agua se lo hace únicamente para poblaciones reducidas (LENNTECH, 1998, pág. 31)

#### *1.1.7.4. Pozos someros y galerías de filtración*

Los pozos someros o de poca profundidad son los que se forman en depósitos superficiales de material permeable encima de un estrato impermeable. De un modo arbitrario, los pozos superficiales con más de 15 m de profundidad calificados como profundos. Hay pozos someros de gran diámetro abiertos por excavación y los hay de pequeño diámetro abierto por perforaciones y utilizado mediante tubería. Generalmente se extrae el agua por aspiración. Las galerías de filtración, como los pozos someros, se forman en capas someros de terrenos, infiltradas con agua y cerca de corrientes o pantanos. (LENNTECH, 1998, pág. 32)

#### *1.1.7.5. Pozos profundos*

Los pozos con mayor profundidad se cavan dependiendo de la composición y la ubicación de la zona. Frecuentemente atraviesan capas impermeables antes de alcanzar el estrato acuífero deseado. Por lo general el lugar donde se realiza la extracción del agua para pozos con gran profundidad es muy grande, lo que significa que el agua subterránea tendrá que pasar por largas distancias y tendrá contacto directo con las formaciones rocosas y con la tierra; lo que quiere decir que las aguas provenientes de estos pozos poseen mayor cantidad de minerales.

Las aguas de pozos profundos son totalmente limpias y sin color, pero contienen frecuentemente hierro o manganeso, o ambos. Cuando entran en contacto con el aire, las aguas que llevan hierro o manganeso, aunque su presentación estética sea impecable al salir de la tierra, se enturbian y se tiñen por óxidos de los minerales. (LENNTECH, 1998, pág. 32).

### **1.1.8. Propiedades de las aguas subterráneas**

#### **1.1.8.1. Composición**

La naturaleza geológica del suelo determina la composición química de las aguas subterráneas. El agua se encuentra en contacto directo con el suelo, donde llega un punto inmóvil y después continúa en re circulación, y así se desarrolla un equilibrio entre la composición del suelo y del agua: por ejemplo, el agua que circula en substrato arenoso o granítico es ácida y tiene menor cantidad de minerales. Al contrario del agua que está en contacto con suelos y arcillas, los cuales son alcalinos debido a los bicarbonatos en ella presente. (LENNTECH, 1998, pág. 35)

#### **1.1.8.2. Características**

El agua subterránea en circulación puede presentar alteración en su contextura, debido al tipo de contaminantes que se hayan adherido durante su movimiento. Adicionalmente, las aguas subterráneas son bastante puras desde un punto microbiológico.

- Turbidez débil
- Temperatura relativamente constante
- Composición química constante y generalmente ausencia de oxígeno.
- Presencia normalmente en gran cantidad de Hierro y Manganeso divalentes en estado disuelto, Dióxido de carbono, Amonio, Ácido Sulfhídrico, Sílice, Nitratos y fuentes ferrobacterias. (LENNTECH, 1998, pág. 36).

#### **1.1.8.3. Movimiento**

El agua subterránea se encuentra en movimiento constante, aunque la velocidad a la que se desplaza es mucho menor a comparación con la rapidez que se mueve un río, debido a que debe pasar en complicados pasos entre los espacios libres de las rocas. Primero el agua se mueve hacia abajo debido a la caída de la gravedad. Se considera que pueden desplazarse desde las zonas donde existe mayor presión a las zonas donde la presión es baja. (LENNTECH, 1998).

## **1.2. Caracterización del agua**

La caracterización del agua tiene como fin conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de definir su aptitud para uso humano, agrícola, recreacional o como recurso mismo de descargas contaminantes. La caracterización de los parámetros adecuados del agua, considerando su origen, facilita la idea de lo que es la calidad del agua para determinado uso y permite visualizar de forma profunda el tipo de efluente, siendo además de sus características físicas, químicas y

microbiológicas, las demandas de tratamiento para su aprovechamiento. (ROMERO J. , 2002, pág. 347)

### **1.2.1. Parámetros organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos**

#### **1.2.1.1. Parámetros físicos**

##### **a) Turbiedad**

La turbiedad o turbidez es el producto visual ocasionado por la dispersión e interrupción de los rayos luminosos que se encuentran atravesando una muestra de agua; mismas que pueden ser producidas por una gran diversidad de materiales en suspensión que varían su tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros arcillas, limo, materia de tipo orgánica e inorgánica desintegrada, organismos planctónicos y microorganismos. (Sierra, 2003, págs. 55-57)

##### **b) Color**

Las causas más usuales por la que existe color en el agua, se debe a la presencia de ciertos metales como hierro y manganeso disueltos en la misma, o a su vez por el contacto que tiene el agua con residuos orgánicos como hojas, madera, raíces, entre otros, los cuales están en varios estados de alteración con respecto a su naturaleza, del mismo modo existe taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales.

La consecuencia del color en el agua se da principalmente por aparición de partículas suspendidas con carga negativa, existen dos tipos de color que son reconocidos en el agua como son:

- color verdadero: este es el color de una muestra una vez que se ha removido la turbidez
- color aparente: muestra el color de las sustancias en solución y coloidales, además el color debido al material suspendido. (ROMERO J. , 2002, págs. 109-110)

##### **c) Olor y sabor**

El olor y sabor en el agua se dan de forma similar, siendo su más común causa la existencia de materia orgánica, ácido sulfúrico, cloruro de sodio sulfato de sodio, hierro, manganeso, entre otros en la misma.

Estos parámetros son de gran relevancia, debido a que permiten establecer el nivel de aceptación que se tenga por parte de la población favorecida y analizar el tipo de contaminación presente.

Se debe mencionar que existen aguas que se encuentran libres de impurezas, olor, sabor, turbiedad a simple vista, pero es indispensable realizar un estudio minucioso que garantice que la calidad del agua

sea la mejor y cumpla con las características adecuadas para convertirse en apta para consumo. (ROMERO J. , 2002, pág. 110)

#### **d) Temperatura**

La temperatura es un parámetro fundamental para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio, puesto que el oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de la saturación con carbono de calcio se relacionan con la temperatura.

Es recomendable que para tomar el valor de la temperatura se lo realice en el mismo punto donde se toma la muestra. (ROMERO J. , 2002, pág. 111)

#### **e) Conductividad**

Es la capacidad que tiene el agua para transportar electricidad, por medio de iones en solución, es decir, un incremento en la concentración de iones ocasionando un incremento en la conductividad.

Los valores reportados en la conductividad eléctrica son utilizados como un parámetro para conocer la cantidad de Sólidos Disueltos Totales. (Andrade, 2010, pág. 56)

#### **f) Sólidos totales**

Es el resultado de la cantidad de materia, después de someter al agua a elevadas temperaturas. A su vez se clasifican en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. (Andrade, 2010, pág. 56)

#### *1.2.1.2. Parámetros químicos*

##### **a) Alcalinidad**

La alcalinidad es la capacidad de neutralizar los ácidos y mantener el pH estable. Los iones más comunes en las aguas son el Bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), Carbonato ( $\text{CO}_2$ ) y Oxido de Hidrogeno ( $\text{OH}$ ). La alcalinidad en el agua causa un sabor amargo, se generan costras blancas en el sistema de alcantarillado las cuales producen taponamientos e interrupciones. La presencia de alcalinidad en el agua produce el equilibrio de la misma en presencia de ácidos produciendo un efecto en el agua, conocido como buffer o efecto tampón. (GOMEZ, 2003, pág. 51)

##### **b) Potencial Hidrogeno**

Este parámetro forma cambios en la flora y fauna que son propios de los cuerpos de agua. Tiene influencia por la toxicidad de ciertos compuestos, como amoniaco, metales pesados, hidrógeno sulfurado, etc. (ROMERO J. , 2002, pág. 109)

**c) Calcio**

Son las fuentes usuales que causan la dureza y afectan vitalmente las propiedades incrustantes y corrosivas de un agua. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**d) Cianuro**

Su presencia tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Los organismos que provocan la auto purificación de los cuerpos de agua son cohibidos por un contenido de 0,3 mg/L de CN. Su toxicidad aumenta cuando se relaciona a variables como son temperatura, potencial hidrógeno, Oxígeno Disuelto y la concentración de varias sustancias minerales. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**e) Cloruros**

Son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, la existencia de sales ionizables es un ejemplo. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**f) Dureza**

Las aguas duras impiden el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso doméstico. Sus valores altos ocasionan incrustación y corrosión en las tuberías o equipos metálicos industriales o redes de acueducto. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**g) Manganeso**

En pequeñas cantidades produce manchas muy intensas en porcelanas y muebles sanitarias. Su oxidación facilita la formación de precipitados, generando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**h) Nitratos**

Su presencia en aguas puede causar metahemoglobina (color azul en la piel) en los infantes alimentados con leche preparada. La enfermedad es producida por reducción de los nitratos a nitritos dentro del sistema digestivo de estos niños. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

**i) Nitritos**

Debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminos secundarios forma la nitroso-aminas (cancerígenas), debe tener un cuidadoso control. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

## **j) Sulfatos**

Los iones de calcio y magnesio al incorporarse con los sulfatos en agua potable, ocasionan un efecto purificante.

En aguas residuales al entrar en contacto con el concreto provocan la formación de cristales de sulfato aluminato que originan una expansión de material que destruye su textura. (Sierra, 2003, págs. 84-87)

### *1.2.1.3. Parámetros microbiológicos*

#### **a) Coliformes totales**

Esta presencia de organismos en el agua demuestra que se encuentra impurezas en la misma, siendo esta materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales. (Sierra, 2003, pág. 82)

#### **b) Coliformes fecales**

Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, debido a que siempre están presentes en las heces humanas y de los animales. (Sierra, 2003, pág. 82)

### *1.2.2. Procesos de potabilización del agua*

Es la cantidad de agua que se establece para cada habitante por día, donde se encuentra incluido el consumo para todas las necesidades básicas de cada persona.

El sistema de potabilización de agua tiene como finalidad la modificación de las características del agua que se encuentra en estado natural, llevándola hacia agua potable. Este proceso es complejo y a la vez costoso, pero es una necesidad contar con un sistema completo para garantizar que el agua pase por las todas las etapas correspondientes y de esta forma cumpla con las condiciones adecuadas para su consumo. (aysa, 2008, pág. 1)

Para garantizar estos requisitos se debe llevar a cabo el Cumplimiento de criterio especificados en la norma para agua potable INEN: 1108, en el cual se detallan los valores permisibles que debe cumplir el recurso hídrico que será usado para agua potable.

Las características del agua en los diferentes puntos de captación no siempre cumplen con los requisitos de la norma antes mencionada, sin embargo su calidad muchas veces depende de su origen y con estos datos se conoce la serie de tratamientos a la cual será sometida en mayor o menor intensidad.

- **Captación de agua subterránea**

Se refiere a una estructura que permite absorber el agua desde un cuerpo o corriente subterránea de manera continua y segura, considerando las condiciones ambientales de la fuente de donde se está extrayendo el agua.

- **Por conducción**

Hace referencia a tuberías de donde se transporta el agua desde las fuentes de abastecimiento de origen hasta la planta de tratamiento donde será aprovechada para beneficio según corresponda el interés de los usuarios. Las clases más comunes de conducción son:

- **Conducción por gravedad**

Es en donde la energía potencial del agua se encarga del transporte.

- **Conducción por bombeo**

Cuando el punto de captación se encuentra ubicado a mayor altura que estación de tratamiento.

- **Por aducción**

Se realiza por medio de tuberías o por canales que movilizan el agua desde el punto de captación hasta el lugar donde se encuentra la planta potabilizadora.

#### **A) Dotación de agua**

- **Dotación de agua para el diseño (DB)**

Significa la cantidad de agua necesaria para cubrir las demandas básicas de los habitantes de la empresa.

**DB:** dotación básica, (L/hab.\*día)

$$DB = \frac{V_{TCM}}{T_{US}} \quad \text{Ecuación 1-1}$$

- **Dotación media futura**

Para determinar la dotación media futura, debemos multiplicar la dotación básica (DB) por un factor de mayorización (FM).

$$DMF = FM \times DB$$

Ecuación 2-1

**Dónde:**

**FM:** factor de mayorización

**DB:** dotación básica, (L/hab.\*día)

## B) Cálculo de caudales

### ▪ Caudal medio diario ( $Q_{med}$ )

Es la cantidad de agua que demanda la población para satisfacer las necesidades de la misma, en un día de consumo promedio. La ecuación que define el caudal medio diario es:

$$Q_{med} = \frac{P_f * DMF}{86400}$$

Ecuación 3-1

**Dónde:**

**$Q_{med}$ :** caudal medio diario, (L/s)

**$P_f$ :** Población futura, (L/hab.\*día)

**DMF:** dotación media futura, (hab.)

### ▪ Caudal máximo diario ( $Q_{Md}$ )

Este caudal es el consumo máximo que se espera que tenga la población en el transcurso de un día, viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_{Md} = k_1 * Q_{med}$$

Ecuación 4-1

**Dónde:**

**$Q_{Md}$ :** caudal máximo diarios, (L/s)

**$k_1$ :** coeficiente de variación diaria, adimensional

**$Q_{med}$ :** caudal medio diario, (L/s)

- **Caudal máximo horario (QMh)**

Este caudal es el consumo máximo que se espera que tenga la población en el transcurso de una hora, viene dado por la siguiente ecuación:

$$QMh = k_2 * QMd \quad \text{Ecuación 5-1}$$

**Datos:**

**K<sub>2</sub>:** Coeficiente de variación horaria, 1,8 (adimensional)

**QMd:** Gasto máximo diario, (L/s)

- **Caudal de captación**

La estructura de la captación se procederá a diseñar con una capacidad igual a 1,5 veces el caudal máximo diario.

$$Q_{captacion} = k_3 \times QMd \quad \text{Ecuación 6-1}$$

**Dónde:**

**k<sub>3</sub>:** 1,5, dato referido por la empresa (adimensional)

**Qcap.:** caudal de captación, (L/s)

**QMd:** caudal máximo diario, (L/s)

- **Caudal de tratamiento**

Nuestra planta potabilizadora se diseñara para un caudal igual a 1,10 (coeficiente de seguridad) veces el caudal máximo diario.

$$Q_{tratamiento} = k_4 * QMd \quad \text{Ecuación 7-1}$$

**Dónde:**

**k<sub>4</sub>:** factor de seguridad, 1,10 (adimensional)

**Qtrat.:** caudal de tratamiento, (L/s)

**QMd:** caudal máximo diario, (L/s)

- **Volúmenes de reserva**

El volumen de reserva es aquel que se encuentra como un adicional al almacenamiento normal de agua, considerado para todo tipo de emergencia

- **Volumen de regulación**

El volumen de regulación es aquel que está dispuesto a almacenar el agua para abastecimiento de las horas diarias, que demanda la actividad laboral máxima de la empresa. Se puede considerar del 15% al 30% del consumo máximo diario.

$$Vr = CVR \times Q_{med} \qquad \text{Ecuación 8-1}$$

**Dónde:**

**CVR:** Constante del volumen de regulación

**Q<sub>med</sub>:** Caudal medio diario, (L/s)

- **Volumen total**

El volumen total no es más que el resultado del volumen de almacenamiento y el volumen de reserva, cuando la población es menor a 1000 habitantes el volumen total es considerado igual al volumen de reserva.

$$Vt = Vr \qquad \text{Ecuación 9-1}$$

### 1.3. Sistemas de Tratamiento

#### A) Aireación

Es un método utilizado en el tratamiento de aguas para purificarla, donde el agua entra en contacto con el aire, con el propósito de cambiar las concentraciones de sustancias presentes en la misma. (Romero J. , 2008)

Entre las funciones más importantes de la aireación tenemos:

### **Remoción de gases disueltos:**

- En el agua el gas carbono se encuentra de forma natural
- Gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios
- Cloro en exceso (proveniente de la supercloración)

### **Introducción del oxígeno del aire en el agua:**

- Para oxidar el hierro y el manganeso, y la remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y manganeso)
- Para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

### **Eliminación de sustancias que producen olores y sabores:**

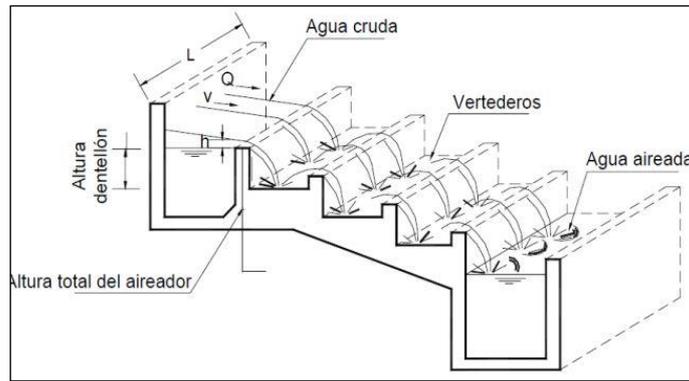
- Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles)
- Gas sulfhídrico
- Sabores debido al hierro y el manganeso
- Descomposición de la materia orgánica (quema) (MIHELICIC & ZIMMERMAN, 2011)

Existen diferentes sistemas empleados para facilitar la manipulación de estos procesos, y así se tiene:

- Aireadores de bandejas
- Aireadores de cascada

#### **▪ Aireadores de cascada**

Son aireadores en los que la altura se subdivide en varias caídas para ampliar la cantidad de oxígeno al agua que pasan por este tipo de estructura o por el contrario reducir el contenido de gases no deseables, los bordes de los peldaños actúan como agujeros los mismos que producen una lámina de agua que beneficia la exposición con el aire. (ROMERO J. , 2002)



**Figura 1-1.** Aireador de Cascadas

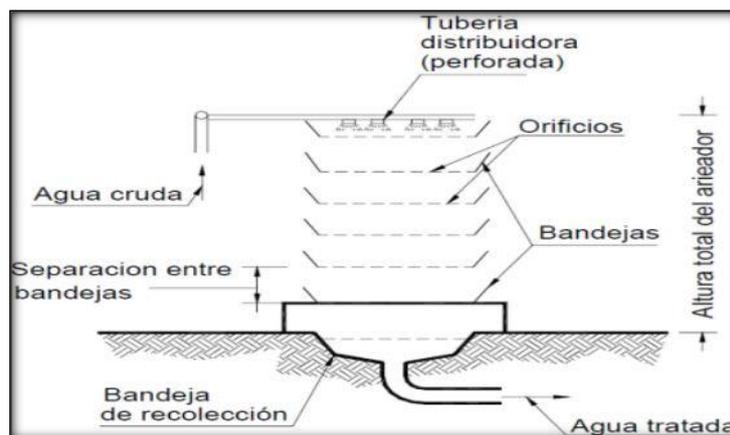
Fuente: (DATATECA, 2010)

▪ **Aireadores de Bandejas**

Este tipo de operadores poseen bandejas dispuestas en serie las cuales tienen hendiduras o malla de alambre, en las mismas que el agua atraviesa para llegar al recolector pertinente

El ingreso de agua es por la parte superior y debe distribuirse a través de una tubería perforada, siendo su caída en la primera bandeja y así repetidamente.

Pertenecen 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, a 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 con separación de 0.025 m. (M., 1999, págs. 17-24)



**Figura 2-1.** Aireador de Bandejas

Fuente: (DATATECA, 2010)

- **Parámetros para dimensionar un aireador de bandejas**

Los aireadores de bandejas consisten en una serie de bandejas siendo que la parte inferior presenta perforaciones, las cuales intentan conseguir una correcta distribución y fricción con el aire ambiental. Obteniendo una eficiencia mayor utilizando un material de relleno de acuerdo con el fin a que se destina la aireación. Para su diseño se puede adoptar los criterios referidos en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1.** Parámetros para dimensionar un aireador de bandejas

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	FUENTE
Carga Hidráulica	<100	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . Día	RAS 2000
Número de bandejas	4 - 6	-	NTE INEN,2012
Altura total del aireador	1,2 a 3	m	NTE INEN,2012
Separación entre bandejas	0,30 - 0,75	m	NTE INEN,2012
Profundidad de agua en la bandeja	0,15	m	NTE INEN,2012
Lecho de contacto Espesor	0,15 - 0,30	cm	NTE INEN,2012
Diámetro	0,04 - 0,15	cm	NTE INEN,2012

Fuente: (NTE INEN, 2012)

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

- **Pasos para el cálculo de diseño de una torre de aireación de bandejas**

- a. Altura total**

Debemos conocer que la altura para la aireación es de 1,2m a 3m

- b. Área total del aireador**

$$A_t = \frac{Q}{CH} \quad \text{Ecuación 10-1}$$

**Dónde:**

**Ao:** Área total del aireador, (m<sup>2</sup>).

**Q:** Caudal de diseño, (L/s); (m<sup>3</sup>/día)

**CH:** Carga Hidráulica, (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. día)

**c. Área de cada bandeja**

$$A_i = L \times L = m^2 \quad \text{Ecuación 11-1}$$

**Dónde:**

**L:** lado de la bandeja, (m)

**d. Número de unidades de aireación requeridas**

$$N_b = \frac{At}{A_i} \quad \text{Ecuación 12-1}$$

**Dónde:**

**n:** número de bandejas, (unidades)

**th=** tiempo de exposición, (s)

**g=** gravedad, (9,8 m/s<sup>2</sup>)

**h=**separación entre bandejas, (m)

**e. Separación entre bandejas (Sb)**

Separación entre cada bandeja de 0,30 m - 0,75 m

**f. Espesor de cada bandeja**

El lecho de contacto, espesor directo de las bandejas es de 0,15 - 0,30 cm y de 0,04 - 0,15 cm

**g. Número de torres**

$$N_{torres} = \frac{Q_d}{Q_t} \quad \text{Ecuación 13-1}$$

**Q<sub>d</sub> :** Caudal de diseño , L/s

**Q<sub>t</sub>:** Caudal que ingresa a cada torre, L/s

**h. Tiempo de exposición (te<sub>A</sub>)**

$$t_e = \sqrt{\frac{2 \times H_{torre} \times N_b}{g}} \quad \text{Ecuación 14-1}$$

**Datos:**

$H_{torre}$ : Altura total de la torre, (m)

$N_b$ : Número de bandejas

$g$ : Gravedad: 9,8 (m/s<sup>2</sup>)

**i. Cálculo del caudal sobre cada bandeja**

$$Q_{bandejas} = L \times A_{orificio} \times \sqrt{2 \times g \times h_{lamina}} \quad \text{Ecuación 15-1}$$

**Dónde:**

$Q_{bandejas}$ : Caudal sobre cada bandeja, (L/s).

$L$ : Lado de la bandeja, (m).

$A_{orificio}$ : Área de cada orificio (m<sup>2</sup>)

$g$ : Gravedad, (9,8 m/s<sup>2</sup>)

$h_{lamina}$ : Altura de agua sobre las bandejas, (m)

**j. Área de cada orificio**

$$A_{orificios} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \text{Ecuación 16-1}$$

$D$ : Diámetro del orificio, (m)

**k. Determinación del número de perforaciones**

$$Np = \frac{Q}{Q_{bandejas}} \quad \text{Ecuación 17-1}$$

**Dónde:**

**Q:** caudal de diseño, (L/s).

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

**$N_p$ :** número de perforaciones, (perforaciones).

**B) Coagulación**

Para entender el proceso de coagulación es importante considerar el principio en el cual un caudal determinado de agua cruda, turbia y este en fracción de segundos tenga el contacto con el coagulante mediante una mezcla se producirá la coagulación el cual tiene como finalidad anular las cargas eléctricas de las partículas y transformar aquellas impurezas que se encuentran en suspensión ya sean finas o estado coloidal y algunas están disueltas en partículas que pueden ser removidas por decantación y la filtración y estos se agrupan formando aglomerados gelatinosos y se forman los flóculos.

Para la eliminación de color y turbiedad del agua generalmente se utiliza un polímero llamado policloruro de aluminio que es dosificado según las características del agua a la entrada del proceso también es utilizado el sulfato de aluminio.

**▪ Factores que intervienen en la coagulación**

Los siguientes factores ayudan a la optimización del proceso de coagulación:

- pH.
- Turbiedad.
- Sales disueltas.
- Temperatura del agua.
- Tipo de coagulante utilizado.
- Condiciones de Mezcla.
- Sistemas de aplicación de los coagulantes.
- Tipos de mezcla y el color.

La relación de estos ayuda a calcular las cantidades necesarias de los coagulantes que serán añadidos al agua. (TRATAMIENTO DE AGUA).

### ▪ **Dosificación de coagulante**

La dosificación se trata de adicionar con exactitud las sustancias del químico a todo el flujo de agua, con la finalidad de darle un tratamiento previo para obtener un resultado fiable al terminar cada proceso.

El coagulante es un producto químico que se adiciona al agua cuyo objetivo es provocar desestabilización y aglutinación de los sólidos en suspensión la misma. Los ensayos que se realizan para determinar la dosis de coagulante que se deberá añadir al agua son conocidos como pruebas de jarras o de dosis óptima. El coagulante utilizado con mayor es el sulfato de aluminio o policloruro de aluminio.

Los equipos e instrumentos empleados para añadir el coagulante u otro producto químico son conocidos como dosificadores.

### ▪ **Policloruro de Aluminio**

El PAC pertenece a un tipo de coagulante inorgánico líquido básico, apto para cambiar la materia coloreada y coloidal en materia en suspensión como los sistemas acuosos, plantas potabilizadoras de agua, afluentes y plantas de tratamiento de efluentes líquidos industriales, como sustituyente de sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras sales inorgánicas.

Para la obtención del mismo se lo realiza por medio de la reacción del hidrato de aluminio con ácido clorhídrico en las correctas condiciones de presión, temperatura y tiempo, logrando obtener productos polimerizados con contenido de especies polinucleares de alta cationicidad, que dan lugar a acelerar las reacciones de hidrólisis al interactuar con la materia en suspensión previa a tratar. Siendo realizados principalmente durante el desarrollo de la coagulación de alta turbiedad, viscosidad del agua alta, baja alcalinidad en aguas y temperaturas bajas.

### ▪ **Determinación de la dosificación de PAC**

Para calcular la concentración de PAC a utilizar para tratar el agua se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \qquad \text{Ecuación 18-1}$$

**Dónde:**

**C<sub>1</sub>:** Concentración de la solución madre, (g/mL)

**V<sub>1</sub>:** Volumen utilizado de la solución madre para la tratabilidad, (mL)

**C<sub>2</sub>:** Concentración final de la prueba de jarras, (ppm)

**V<sub>2</sub>:** Volumen del agua a ser tratada, (mL)

▪ **Consumo de Policloruro de aluminio al día**

$$W = Q * D$$

**Ecuación 19-1**

**Dónde:**

**W:** consumo de Policloruro de aluminio en peso, (kg/día)

**D:** Dosis óptima de coagulante, (Pruebas de jarras) (g/L)

**Q:** Caudal de la planta de tratamiento, (L/s)

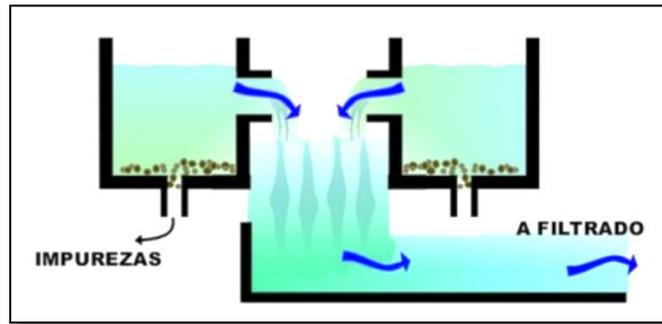
**C) Sedimentación**

El proceso de sedimentación es de importancia en los procesos para mejora del agua debido a que ayuda a suprimir los sólidos suspendidos en la misma, mismos que ocasionan turbidez en el fluido por actividad de la fuerza de gravedad, la cual es imprescindible para que los procesos de desinfección se efectúen con efectividad.

Posteriormente que el agua ha pasado por las unidades de floculación es dirigido a estanques de sedimentación, donde su objetivo es permitir la caída de las partículas de impurezas, transformadas en “flóculos”, en el interior del depósito. Para completar el proceso de sedimentación, el agua debe almacenarse sin movimiento por varias horas en estos estanques.

Luego desde el fondo de los depósitos, se sustraen las impurezas, accionando válvulas, los cuales se extrae por conductos especiales de limpieza.

Una vez realizado estas indicaciones, se realiza también la limpieza de los piletones, está limpieza debe hacerse con periodicidad, en todos los piletones que posea y también en los conductos presentes en el sistema de potabilización.



**Figura 3-1. Sedimentación**  
Fuente: (DATATECA, 2010)

- **Elementos de un sedimentador**

#### **Zona de Entrada**

Es la disposición hidráulica de transición que posibilita la distribución de manera igual del flujo dentro del sedimentador.

#### **Zona de Sedimentación**

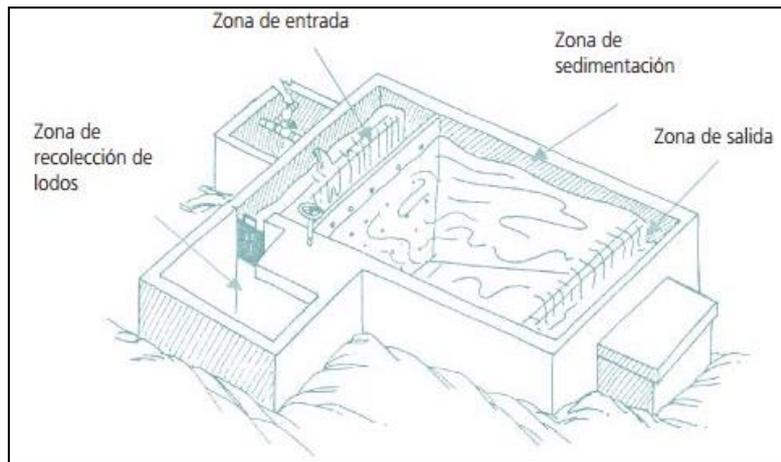
Esta zona se trata de un canal rectangular con volumen, longitud y medios de flujo adecuados para que se sedimenten las partículas. Permite que la velocidad y la dirección del flujo sea en todos los puntos la misma.

#### **Zona de Salida**

Está integrada por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones cuya finalidad es almacenar el efluente sin cambiar la sedimentación de las partículas que reposan en la misma.

#### **Zona de recolección de lodos**

Constituida por una tolva que posee la capacidad de disponer los lodos sedimentados y una tubería para su deyección regular.



**Figura 4-1. Sedimentador**  
 Fuente: (Manual de abastecimiento de agua potable)

▪ **Tipos de Sedimentadores**

Existen algunas formas de distribuir los tipos de sedimentadores, entre los que se puede mencionar los sedimentadores de diferencia de forma, sedimentadores de sentido de flujo y los sedimentadores de condición de funcionamiento:

Por su forma tenemos:

- Sedimentadores Rectangulares
- Sedimentadores Circulares
- Sedimentadores Cuadrados

Por el sentido de flujo:

- Sedimentadores Horizontales
- Sedimentadores Verticales

Por sus condiciones de funcionamiento:

- Sedimentadores Convencionales
- Sedimentadores Laminares (tubos o placas paralelas) o modulares o de alta tasa

▪ **Parámetros para el diseño de un sedimentador**

Según Streeter se debe tomar los siguientes criterios:

**Tabla 3-1.** Parámetros de diseño de placas planas de asbesto-cemento

Parámetro	Valor
Longitud	5 m
Ancho	2-3 m
Espesor	0,01 m

Fuente: (ROMERO J. , 1999)  
Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 4-1.** Parámetros de diseño de Sedimentadores Laminares

Parámetro	Valor
Tiempo de retención en las placas	15 – 25 min
Numero de Reynolds	<500 (Fisherstrom) <250 (Arboleda) <200 (Montgomery) <280 (Schulz y Okum)
Inclinación de las placas	60°
Distancia entre placas	5 cm
Profundidad	3 – 5 m
Pendiente del Fondo	>2%

Fuente: (ROMERO J. , 1999)  
Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**a. Área superficial de sedimentación**

$$A_s = l_s * b_s$$

**Ecuación 20-1**

**Dónde:**

**l<sub>s</sub>:** longitud del sedimentador, (m)

**b<sub>s</sub>:** ancho del sedimentador, (m)

**b. Carga superficial del sedimentador**

$$C_S = \frac{Q}{A_S} \quad \text{Ecuación 21-1}$$

**Dónde:**

**Q:** Qd: caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/d)

**A<sub>s</sub>:** área superficial, (m<sup>2</sup>)

**c. Velocidad del sedimentador**

$$v_{so} = \frac{Q}{A_s * \text{sen}\theta} \quad \text{Ecuación 22-1}$$

**Dónde:**

**A<sub>s</sub>:** área superficial, (m<sup>2</sup>)

**Q=Qd:** Caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/d)

**θ:** Angulo de inclinación de elemento de sedimentación, (°)

**d. Longitud de sedimentación**

$$L_S = \frac{A_s}{b_s} \quad \text{Ecuación 23-1}$$

**Dónde:**

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

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

**L<sub>s</sub>:** Longitud de sedimentación, (m)

**e. Longitud Relativa del Sedimentador**

$$Lr = \frac{l_p}{dp} \quad \text{Ecuación 24-1}$$

**Dónde:**

**$l_p$ :** Longitud recorrida a través del elemento (placa), (m)

**$dp$ :** Ancho del conducto o espaciamiento entre placas, (m)

**$L_r$ :** Longitud Relativa del Sedimentador de alta tasa, (adimensional)

#### **f. Número de Reynolds**

El número de Reynolds será menor a 500 esto garantizará el flujo en transición.

$$Re = \frac{v_{so} \times dp}{\nu} \quad \text{Ecuación 25-1}$$

**Dónde:**

**$v_{so}$ :** Velocidad promedio del fluido en el sedimentador, (m/d)

**$dp$ :** Ancho del conducto o espacio entre placas, (m)

**$\nu$ :** Viscosidad cinemática, (m<sup>2</sup>/s)

**$Re$ :** Número de Reynolds, (adimensional)

#### **g. Longitud relativa en la región de transición**

$$L' = 0.013 \times Re \quad \text{Ecuación 26-1}$$

**Dónde:**

**$Re$ :** Número de Reynolds, (adimensional)

**$L'$ :** Longitud relativa en la región de transición, (adimensional)

#### **h. Longitud Relativa del Sedimentador Corregida**

$$L_{cr} = 2(L_r - L') \quad \text{Si } L' > L_r/2 \quad \text{Ecuación 27-1}$$

También puede ser calculado  $L_{cr}$  con la siguiente ecuación:

$$L_{cr} = Lr - L' \quad L' \leq Lr/2 \quad \text{Ecuación 28-1}$$

**Dónde:**

**Lr:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa, (adimensional)

**L':** Longitud de transición, (m)

**L<sub>cr</sub>:** Longitud relativa del sedimentador corregida, (adimensional)

**i. Velocidad de Sedimentación Crítica**

$$V_{sc} = \frac{S_c \times v_{so}}{\text{Sen}\theta + (L_{cr} \times \text{Cos}\theta)} \quad \text{Ecuación 29-1}$$

**Dónde:**

**S<sub>c</sub>:** Parámetros característicos para sedimentadores de placas paralelas, (adimensional)

**v<sub>so</sub>:** Velocidad promedio de flujo entre placas inclinadas, (m/d)

**θ:** Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa, (°)

**L<sub>cr</sub>:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa, (adimensional)

**Tabla 5-1. Valores de S<sub>c</sub> Típicos**

Tipo de módulo	S <sub>c</sub>
Placas planas paralelas	1
Tubos circulares	4/3
Tubos cuadrados	11/8
Placas onduladas	1,30
Otras formas tubulares	1,33 – 1,42

Fuente: (Villegas)

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**j. Tiempo de Retención en las Placas**

$$tr_p = \frac{l_p}{v_{so}} \quad \text{Ecuación 30-1}$$

**Dónde:**

$l_p$ : Longitud recorrida a través del elemento (placa), (m)

$v_{so}$ : Velocidad promedio de fluido en el sedimentador, (m/s)

$tr_p$ : Tiempo de retención en la placas, (min)

#### **k. Tiempo de Retención en el Tanque de sedimentación**

$$tr_s = \frac{V}{Q} = \frac{A_s \times H_s}{Q} \quad \text{Ecuación 31-1}$$

**Dónde:**

$Q=Qd$ : Caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/s)

$H_s$ : Altura total, (m)

$A_s$ : Área de sedimentación, (m<sup>2</sup>)

$tr_s$ : Tiempo de Retención en el Tanque de sedimentación, (s)

#### **l. Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinas**

$$V_p = \frac{Q}{A_s * \text{Sen } \theta} \quad \text{Ecuación 32-1}$$

**Dónde:**

$Q=Qd$ : Caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/s)

$A_s$ : Área de sedimentación, (m<sup>2</sup>)

$\theta$ : Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa, (°)

$V_p$ : Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinas, (m/s)

### m. Número de Placas por Modulo

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + s_p}{s_p + e_p} \quad \text{Ecuación 33-1}$$

#### Dónde:

$L_s$ : Longitud de sedimentación, (m)

$\theta$ : Angulo de sedimentación de las placas, ( $^\circ$ )

$s_p$ : Separación entre placas, (m)

$e_p$ : Espesor de las placas, (m)

$N_p$ : Número de placas por modulo, (unidad)

### n. Volumen del Sedimentador

$$V_s = L_s \times b_s \times H_s \quad \text{Ecuación 34-1}$$

#### Dónde:

$L_s$ : Longitud del sedimentador, (m)

$b_s$ : Ancho del sedimentador, (m)

$H_s$ : Altura del sedimentador, (m)

$V_s$ : Volumen del Sedimentador, ( $m^3$ )

## D) Filtración

Este proceso implica la eliminación de partículas en suspensión, permitiendo que el agua pase por un lecho filtrante, el cual es una cama que contiene un elemento que puede ser poroso o granular, mientras el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión.

Con el paso del agua a través de un lecho de arena y grava se produce la remoción de:

- Materia en suspensión y varias sustancias coloidales.
- Disminución de patógenos bacteriales en el agua.
- Modificación de las características del agua, incluso las características propias.

Los fenómenos que se producen durante la filtración son los siguientes:

- La acción mecánica de filtrar
- La sedimentación de partículas sobre granos de arena
- La floculación de algunas partículas que se encuentran en formación, debido a una posibilidad mayor de contacto entre las mismas
- La formación de la película gelatinosa en la arena, producida por microorganismos que se producen allí (filtro lento).

### **Clasificación de los Filtros**

- **Filtros lentos de arena (FLA)**

El tratamiento del agua en una unidad de FLA es el resultado de un conjunto de mecanismos cuyo origen es de naturaleza biológica y física, que se encuentran interaccionando con dificultad para llegar a mejorar las características microbiológicas del agua.

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen el lecho filtrante de arena (con partículas de tamaño que oscila de 0.150 a 0.300 mm) hasta una profundidad de 0.500 a 1.500 m. En estos filtros, en los que el agua fluye de forma descendente, la turbidez y los microorganismos desaparecen al inicio cuando se contacta con la arena, formándose una capa biológica, conocida como schmutzdecke (manta de suciedad), en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente con microorganismos. Una vez realizado el tratamiento del agua esta es recogida en taques o tuberías en la parte posterior del filtro. Se debe realizar con periodicidad la separación y sustitución del arena inicial que estará contenida de sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0.100 a 0.400 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·h).

- **Filtros Rápidos**

Estos filtros por lo general son depósitos rectangulares abiertos (con menos de 100 m<sup>2</sup>), los cuales están formados con arena de sílice (grosor de 0.500 a 1.000 mm) hasta una profundidad de 0.600 a 2.000 m. El agua fluye de forma descendente y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. Por lo general el caudal de unidad va entre los 4 a 20 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·h). El agua que es tratada se acumula mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran con periodicidad para ser sustituidos, y continuar dando mantenimiento al lecho utilizado como filtro del

agua que está en tratamiento. La arena se lava previamente con aire. Por último se genera un lodo disuelto, el cual es descartado.

De acuerdo por la presión, se tiene dos tipos de filtros rápidos:

- De presión: son filtros cerrados, metálicos, donde el agua será expuesta a tratamiento mediante presión, es usado especialmente en piscinas e industrias
- Los más comunes son los filtros de gravedad

### **E) Ablandadores de agua**

Los ablandadores de agua tienen como finalidad eliminar la dureza del agua, la cual es la ocasionada por la presencia de iones de calcio y magnesio que es la composición química del agua.

Existen diferentes medios para dar tratamiento a la dureza, entre ellos están los medios mecánicos, químicos o electrónicos que se encargan de tratar el agua con el fin de disminuir el contenido de sales minerales y en si las incrustaciones que causan en tuberías y depósitos de agua.

La dureza en los procesos industriales principalmente donde el agua cambia de temperatura, produce incrustaciones conocidas como sarro, las mismas que impiden el paso del agua siendo perjudicado en especial el intercambio calórico. El ablandamiento se realiza por el pasaje el agua por un intercambiador iónico catiónico donde se realiza un intercambio de los iones calcio y magnesio por iones sódicos.

Es de importancia mencionar que para diseñar ablandadores se toma en cuenta los parámetros de diseño de filtros, debido a que tienen el mismo principio pero cambia el lecho filtrante.

#### **▪ Parámetros de diseño para ablandadores**

Para el diseño de un filtro ablandador de agua se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

**Tabla 6-1.** Parámetros de diseño de Ablandadores

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Tasa de filtración	1,2- 3,7m/s* 2 – 12 m/d.
Medio	Resina Catiónica
Altura del agua sobre el lecho	1 - 1,5 m
Profundidad del medio	0,60 – 1 m
Profundidad de resina	0,30 m

Tamaño efectivo del medio	0,5 – 0,35 mm
Coefficiente de uniformidad	1,8 – 2,0
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje	0,4 – 0,7 m
Tiempo de lavado	5 – 15 min

Fuente: ROMERO, J. 1990. Purificación del Agua. Filtración  
Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**a. Superficie filtrante requerida**

$$Sf = \frac{Q}{Tf} \quad \text{Ecuación 35-1}$$

**Dónde:**

**Q:** caudal de diseño, (m<sup>3</sup>/h)

**Sf:** Superficie filtrante, (m<sup>2</sup>)

**Tf:** Tasa de filtración, (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h)

**b. Área de filtración**

$$A_f = \frac{Q}{v_{fl}} \quad \text{Ecuación 36-1}$$

**Dónde:**

**Q=Qd:** Caudal de diseño o a tratar, (m<sup>3</sup>/h)

**v<sub>fl</sub>:** Velocidad de filtración, (m/h)

**c. Determinación del número de módulos de filtración**

$$nf = 0.5 \times \sqrt[3]{Af} \quad \text{Ecuación 37-1}$$

**Dónde:**

**nf:** Número total de unidades rectangulares operando en paralelo.

**Af:** Área de filtración, (m<sup>2</sup>).

**d. Determinación del área para cada unidad:**

$$A_i = \frac{A_f}{n_f} \quad \text{Ecuación 38-1}$$

**Dónde:**

**Af:** Área de filtración, (m<sup>2</sup>).

**nf :** Número de filtros calculado, (unidades).

**Ai:** Área para cada área, (m<sup>2</sup>).

▪ **Determinación de las dimensiones del ablandador:**

Para la determinación de longitud y ancho de cada unidad, realizamos los siguientes cálculos:

**e. Determinación de la longitud de la pared común por unidad:**

$$a_f = \left( \frac{2 \times n_f \times A_i}{2 \times n_f} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 39-1}$$

**Dónde:**

**af:** longitud de la pared común por unidad, (m).

**Ai:** Área individual de cada unidad, (m<sup>2</sup>).

**nf:** Número de filtros calculado, (unidades).

**f. Cálculo del ancho de la unidad**

$$b_f = \left[ \frac{(n_f + 1) \times A_i}{2 \times n_f} \right]^{0.5} \quad \text{Ecuación 40-1}$$

**Dónde:**

**bf:** ancho de la unidad de filtración, (m).

**Ai:** Área individual de cada unidad, (m<sup>2</sup>).

**nf:** Número de filtros calculado, (unidades).

**g. Cálculo de la longitud total de pared**

$$\mathbf{L_{tp} = (2 \times b_f \times nf) + a_f \times (nf + 1)} \quad \mathbf{Ecuación 41-1}$$

**Dónde:**

**L<sub>tp</sub>:** Longitud total de pared, (m).

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

**b<sub>f</sub>:** Ancho de la unidad, (m).

**a<sub>f</sub>:** Longitud de pared común por unidad, (m).

**h. Cálculo de longitud total mínima de pared**

$$\mathbf{L_m = 2 \times a_{f_r} \times (nf + 1)} \quad \mathbf{Ecuación 42-1}$$

**Dónde:**

**L<sub>m</sub>:** longitud total mínima de pared, (m).

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

**a<sub>f</sub>:** Longitud de pared común por unidad, (m).

**i. Tubería de entrada al filtro**

$$\mathbf{D = \sqrt{\frac{4 Q_i}{v * \pi}}} \quad \mathbf{Ecuación 43-1}$$

**Dónde:**

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

**v:** Velocidad en la tubería (m/s)

**D:** Diámetro de la tubería, (m)

## **F) Desinfección del agua**

La desinfección es un proceso de gran importancia antes de empezar el suministro de agua potable. Para llevar a cabo la eliminación de los patógenos es necesaria la aplicación de productos químicos, como el cloro.

Cuando se trata de agua para consumo humano el proceso de desinfección es sumamente importante, ya que representa un impedimento para cien números de patógenos, y debe usarse obligatoriamente en aguas superficiales y aguas subterráneas ya que es posible que exista en ellos contaminación residual.

### **▪ Métodos de Desinfección**

Existen tres productos ampliamente utilizados en el proceso de cloración que se le da al agua potable, considerando sus características desinfectantes:

- 1.) Cloro Gas.
- 2.)  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  y  $\text{Na}(\text{ClO})$
- 3.) Cal Clorada.

#### **1.) Cloro Gas**

La forma más usada para realizar la cloración al agua es empleando gas cloro como germicida, usado por su bajo costo, este se proporciona en cilindros especiales, bajo presión. Cuando se retira el gas del recipiente, la presión interna tiende a disminuir produciendo pérdida de calor. Para conservar el calor y la presión, es necesario una fuente de calor externa que puede ser agua o al tratarse de temperaturas bajas frías un irradiador.

#### **2.) Hipocloritos de Sodio y Calcio**

##### **➤ Hipoclorito de Sodio**

Su forma de presentación líquida posee un grado alto de corrosividad, la cual posee una densidad aproximada de  $1.200 \text{ g/cm}^3$ . El uso del hipoclorito de sodio es una forma benéfica y comúnmente usada para la dosificación de cloro en pequeñas fuentes de suministro de agua potable.

Cuando el volumen de agua consumible no es muy grande, es conveniente emplear esta manera de cloración debido al recurso económico ya que la desinfección de agua es mayor por el mayor precio del hipoclorito de sodio en relación con la desinfección realizada mediante el gas cloro. Se debe mencionar que la simplicidad que tiene el mismo para ser manipulado, la accesibilidad del producto y los accesorios que compondrían el equipo de dosificación lo hacen una mejor opción.

### ➤ **Hipoclorito de calcio**

Una de las formas en las que se puede encontrar el cloro como resultado de un producto sólido es el hipoclorito de calcio, el mismo que tiene un porcentaje del 65% en peso aproximado. Para poder hacer uso del mismo es necesario disolverlo en agua, ya que su solubilidad en está beneficia la disolución, posibilitando adicionar una bomba peristáltica, con el mismo principio que el NaClO, o a su vez permitiendo adicionar equipos dosificadores aptos para realizar la dosificación de este producto.

En el dosificador se forma la solución con el  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , el cual será inyectado al agua y se llevará su control por medio de llaves o válvulas, según el equipo utilizado. Los cloradores son muy beneficios para ser usados, debido a que no necesitan de energía eléctrica porque carecen de una bomba, pues el control de la dosificación de cloro con el agua se la realiza de forma manual, este equipo es muy empleado en comunidades y zonas rurales.

### **3.) Cal Clorada**

Es una porción de polvo blanco con 25-30% de cloro en su composición. Este debe ser adecuadamente almacenado como reactivo, debido a que al encontrarse en lugares fríos y secos pierde cantidad de cloro y al ser guardado en un lugar húmedo y caliente, se deteriora con rapidez.

Se utiliza en instalaciones pequeñas, en casos de emergencia, fábricas y piscinas, con una solución de hasta 2.500 ppm de cloro disponible.

Para la desinfección del agua hacemos uso del hipoclorito de calcio (HTH)

#### ▪ **Parámetros de Diseño para el Proceso de Desinfección**

La desinfección es la última etapa de tratamiento en todo proceso de potabilización del agua, donde se elimina todos los microorganismos patógenos para la salud del ser humano.

##### **a. Dosificación de las sustancias químicas**

#### ▪ **Dosificación de HTH lb/día**

$$D_{HTH} = m_{HTH} = 0,012 \times Q_d \times C \quad \text{Ecuación 44-1}$$

**Dónde:**

**0.012:** constante, (adimensional)

**Qd:** Caudal de diseño, (gpm)

**C:** Concentración de HTH, (mg/L)

**D<sub>HTH</sub>:** Dosificación de HTH, (lb/día)

**b. Volumen de agua para diluir el HTH para la preparación de la solución madre**

Mediante la siguiente ecuación se determina la cantidad de agua necesaria para diluir el Hipoclorito de Calcio ( $V_1$ ), utilizando la relación de la densidad:

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}} \quad \text{Ecuación 45-1}$$

**Dónde:**

$m_{HTH}$ : Cantidad de HTH, (g/día )

$\rho_{HTH}$ : Densidad de HTH, (g/L)

$V_{AHTH}$ : Volumen de agua para diluir el HTH, (L/día)

**c. Volumen de la solución madre**

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8,5\%} \quad \text{Ecuación 46-1}$$

**Dónde:**

$V_{SM}$ : volumen de la solución madre, (L)

$V_{AHTH}$ : volumen de agua para diluir HTH, (L/día)

**d. Volumen de agua requerida para diluir la solución madre**

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2} \quad \text{Ecuación 47-1}$$

**Dónde:**

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre, (L)

$V_1$ : Volumen de la solución madre, (L)

$C_1$ : Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio, (mg/L)

$C_2$ : Concentración del hipoclorito de calcio, (mg/L)

**e. Volumen total de la solución**

$$V_T = V_1 + V_2 \quad \text{Ecuación 48-1}$$

**Dónde:**

$V_T$ : Volumen total de la solución, (L)

$V_1$ : Volumen de la solución madre, (L/día)

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre, (L/día)

Transformando L/día a ml/min para ver el goteo de la solución de HTH. Se afora mediante un vaso de precipitación la cantidad de la solución de HTH en ml mediante un cronometro y el volumen resultante será el goteo que se requiere para desinfectar el agua tratada.

### **1.4. Impactos Ambientales**

Para evaluar los distintos impactos ambientales producidos, se aplica diferentes métodos, entre los cuales tenemos:

- **Métodos de identificación de impactos:** Nos permite especificar el trabajo interdisciplinarios en conjunto, a través el Método del científico Delphi, chek list, elaboración de flujogramas para conocer de forma minuciosa las actividades de cada organización.
- **Método para evaluar un impacto:** Se aplica una matriz ambiental en donde se puede evaluar la causa y el efecto del impacto; y que con la aplicación se identifica y valora el impacto medio ambiental por medio de la relación de las distintas acciones ejecutadas por las entidades con los factores ambientales; la Matriz conocida como Leopold hace posible modificarla y/o simplificarla de acuerdo a las necesidades propuestas.

#### **1.4.1. Matriz de Leopold**

La matriz causa-efecto de Leopold, es aquella que nos permite realizar la identificación y valoración de los impactos ambientales a través de resultados cuantitativos y cualitativos durante el desarrollo de una actividad. Es de gran importancia debido a que nos permite considerar los posibles impactos de acciones proyectadas sobre distintos factores ambientales. Es parte fundamental y es utilizada como resumen en cualquier documento que reporte información de impactos ambientales.

## 1.5. Marco Legal

Las normas que presiden la calidad del agua para consumo humano en Ecuador son dos:

- **INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108:2006, segunda revisión utilizada para el rediseño de los sistemas de tratamiento referido a la calidad del agua vigente
- INEN 1108:2014-01 Quinta revisión, Agua Potable Requisitos, referido a la calidad del agua vigente

Los cuales indican las concentraciones máximas de sustancias que pueden estar presentes en el agua que se distribuye a la población después de su tratamiento.

Esta norma contiene cinco subdivisiones:

- Características físicas
- Sustancias Orgánicas
- Plaguicidas
- Residuos de desinfectantes, subproductos de desinfección, cianotoxinas y requisitos microbiológicos.

## CAPITULO II

### 2. PARTE EXPERIMENTAL

#### 2.1. Localización del proyecto

El presente trabajo técnico donde se efectuó el Rediseño de la Planta Potabilizadora de Agua para consumo humano se encuentra ubicado en las instalaciones de la EP-PETROECUADOR (Terminal de Productos Limpios), ubicada en la provincia de Chimborazo, al Noroeste del cantón Riobamba, parroquia de Calpi, sector Calpiloma, km 3 vía Calpi-Guaranda, ocupa 8 hectáreas entre Oficinas, Comedor, Talleres y Área Operativa de las 23 hectáreas, siendo el 35% de la superficie total del Terminal.

#### 2.2. Metodología

##### 2.2.1. Materiales, equipos y reactivos

**Tabla 1-2.** Lista de Materiales, equipos y reactivos

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
<b>DE CAMPO</b>	➤ Espectrofotómetro HACH DR 2800	➤ Reactivos HACH
➤ Guantes estériles	HACH DR 2800	➤ Agua destilada
➤ Mascarilla	➤ Estufa	➤ Naranja de Metilo
➤ Gafas Oscuras de Protección 3M	➤ pH metro	➤ Dicromato de Potasio
➤ Envases de Vidrio (ámbar) y plástico (1L)	➤ Conductímetro	➤ Cromato de Potasio (K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )
➤ Envases de plástico estéril (200mL)	➤ Turbidímetro	➤ Nitrato de Plata (Ag NO <sub>3</sub> )
➤ Mandil	➤ Colorímetro	➤ Cianuro de Potasio (KCN)
➤ Ropa de Trabajo	➤ GPS	➤ Negro de Ericromato T.
➤ Zapatos de Seguridad	➤ Bomba de Succión	➤ Solución EDTA
➤ Papel Toalla para la limpieza de materiales	➤ Incubadora	➤ Solución Buffer pH 10
➤ Marcadores para rotular las muestras	➤ Cronómetro	➤ Fenolftaleína
➤ Cinta adhesiva	➤ Flexómetro	➤ Ácido sulfúrico (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
		➤ Amonio Molibdato

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cámara fotográfica</li> <li>➤ Libreta de apuntes</li> <li>➤ Sistema de refrigeración (hielo) para mantención y traslado de muestras.</li> <li>➤ Cooler para disposición de las muestras.</li> </ul>		
<b>DE ANÁLISIS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mandil</li> <li>➤ Guantes estériles</li> <li>➤ Vasos de precipitación</li> <li>➤ Pipetas Volumétricas</li> <li>➤ Erlenmeyer</li> <li>➤ Papel toalla para limpieza de materiales</li> <li>➤ Pera de succión</li> <li>➤ Probetas</li> <li>➤ Bureta</li> <li>➤ Pinzas</li> <li>➤ Tubos de ensayo</li> <li>➤ Piseta</li> <li>➤ Cajas Petri</li> <li>➤ Marcador</li> <li>➤ Termómetros</li> </ul>		
<b>MEDICIÓN DE CAUDAL</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Balde graduado de 5 L</li> <li>➤ Libreta de apuntes</li> <li>➤ Guantes estériles</li> <li>➤ Mascarilla</li> <li>➤ Gafas de protección 3M</li> <li>➤ Ropa de trabajo</li> <li>➤ Zapatos de seguridad</li> <li>➤ Cámara fotográfica</li> <li>➤ Calculadora</li> </ul>		

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

## **2.2.2. Método de muestreo**

### *2.2.2.1. Método de recopilación de datos*

Esto se realizó tomando muestras compuestas de agua cruda, ejecutando la caracterización físico-química y microbiológica utilizando el método experimental, además el método comparativo de investigación relacionando todos los datos obtenidos durante el estudio, el mismo permitirá realizar el Rediseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable con el que cuenta la empresa, buscando que llegue a cumplir los requerimientos de la norma NTE INEN 1108:2006 segunda revisión, y la norma NTE INEN 1108:2014 quinta edición para las características físicas, químicas y microbiológicas que un agua de consumo debe cumplir.

### *2.2.2.2. Procedimiento de recolección de información*

La forma de recolección de información se realizó con un muestreo sistemático simple tomando muestras, en el ingreso del agua cruda a la planta, la cual ingresa por medio de una tubería, este muestreo se realizó durante 3 semanas, con base a la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. AGUA CALIDAD DE AGUA, MUESTREO, MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS, la misma que se aplica cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y es transportada para que el laboratorio de control de Calidad realice los análisis requeridos.

### *2.2.2.3. Métodos*

Los métodos empleados para las muestras analizadas fueron tomados en cuenta del manual “Standard Methods for the Eximination of Water and Wasterwaret” (Métodos Normalizados para Análisis de Agua Potable y Aguas Residuales); y el Manual de Análisis de Agua, métodos HACH, varios de estos parámetros se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2-2.** Métodos de análisis de aguas

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>		
COLOR	UTC	COLORIMÉTRICO. REF1001/S502.
TURBIEDAD	NTU	NEFELOMÉTRICO. REF1001/S505.
Ph	.....	POTENCIOMÉTRICO. REF1001/S503.
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	CONDUCTIMÉTRICO. REF1001/S501.
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	CONDUCTIMÉTRICO. REF1001/S504.
TEMPERATURA	° C	CONDUCTIMÉTRICO/ POTENCIOMÉTRICO. REF1001/S501.
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>		
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (REDUCCIÓN CADMIO). REF1001/S514.
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DIAZOTACIÓN). REF1001/S515.
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (ÁCIDO ASCÓRBICO). REF1001/S511.
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (NESSIERIZACIÓN). REF1001/S516.
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (SULFAVER 4). REF1001/S517.
FLUORUROS (F)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (SPANDS). REF1001/S510.
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (FERROVER). REF1001/S512.
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (PAN). REF1001/S513.
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1,5 DINETILCARBOHIDACIDA). REF1001/S508.
COBRE (Cu)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (BICINCHONINATO) REF1001/S507.
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	TITULOMÉTRICO (EDTA)
CLORO LIBRE RESIDUAL (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (TIOCIANATO MERCÚRICO). REF1001/S522.
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (ALUMINÓN). REF1001/S518.
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (TIOCIANATO MERCÚRICO). REF1001/S522.
NIQUEL (Ni)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1-2 PIRIDILAZO – 2 NAFTOL (PAN)). REF1001/S526.
COBALTO (Co)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (1-2 PIRIDILAZO – 2 NAFTOL (PAN)). REF1001/S523.
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	FOTOMÉTRICO (4- PIRIDIL-2-AZO-RESORCINA). REF1001/S529.
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	FOTOMÉTRICO (ZINC). REF1001/S531.
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	FOTOMÉTRICO. REF1001/S528.

CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	FOTOMÉTRICO. REF1001/S521
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO. REF1001/S519.
BROMO (Br)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (DPD). REF1001/S520.
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (ÁCIDO MERCAPTOACÉTICO). REF1001/S525.
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	ESPECTROFOTOMÉTRICO (OXIDACIÓN ALCALINA). REF1001/S524.
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	FOTOMÉTRICO (O <sub>2</sub> REF931288)
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>		
COLIFORMES FECALES	NMP/100 MI	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO. REF1001/S602. STANDARD METHODS NO.36013
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	FILTRACIÓN DE MEMBRANA AL VACÍO. REF1001/S601. STANDARD METHODS NO.36002

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

**Realizado por:** Montenegro, E. (2017)

### 2.2.3. Diagnóstico y verificación de las instalaciones actuales

- Se realizó el reconocimiento de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable existente en el Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR.
- Se identificó que el sistema actual de potabilización cuenta con: captación, aireación, filtro rápido, vertedero triangular, filtro lento descendente, tanque de desinfección, cisterna y distribución, además del funcionamiento de los mismos.
- Se observó las condiciones de los equipos con los que cuenta la planta de tratamiento.
- Se realizó una visita técnica para analizar que los componentes actuales cumplan con las normas de diseño establecidas para lograr obtener un tratamiento de potabilización adecuado.
- Se recopiló información de cada proceso de forma in situ a través de mediciones pertinentes utilizando los planos de construcción proporcionados por la Gerencia de la empresa.
- Se comprobó que las medidas de los componentes cumplan con las medidas de los documentos obtenidos y a su vez que estos cumplan con los parámetros de diseño de cada equipo.

### 2.2.3.1. Captación

El agua cruda que llega a la Planta de Tratamiento de Agua Potable lo hace por medio de tuberías de PVC, ingresa por una caja de revisión construida de hormigón, por la cual brevemente pasa por tuberías de 90 mm de diámetro directamente hacia la cisterna, sin ser sometida a un pre-tratamiento.



**Figura 1-2.** Captación de agua cruda

### 2.2.3.2. Aireación

El sistema de aireación de bandejas múltiples que posee la planta potabilizadora según las medidas de planos proporcionados por personal de la Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba son: 70\*70\*10 cm, de ancho, largo y profundidad respectivamente, siendo que cada bandeja cuenta con 196 orificios de 10 mm de diámetro, la altura total del aireador es de 2,31 m ubicadas sobre un tanque recolector con el cual la altura total de la torre de aireación es de 2,91 m, el agua cruda que viene de la caja de revisión no ingresa al aireador por lo que no recibe tratamiento alguno con este equipo.

La verificación se realizó de forma in situ, haciendo la medición de cada componente del aireador de bandejas múltiples con las medidas de los planos, las cuales presentaban variación de milímetros en cada uno de ellos, mencionando además que en los planos el equipo presenta 5 bandejas, y con la verificación pudimos observar que dispone únicamente de 4 bandejas.

La función primordial del aireador es proporcionar de grandes cantidades de oxígeno al agua para eliminar el hierro, manganeso y gases que estén presentes en el efluente.



**Figura 2-2.** Aireador de bandejas múltiples

#### *2.2.3.3. Filtro grueso ascendente*

El filtro rápido ascendente que posee la planta potabilizadora según las medidas de planos proporcionados por personal de la Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba son: altura total de 3,2 m; siendo ocupada 1,90 m del lecho filtrante que es grava, con un diámetro de 2,50 m debido a que es circular, posee además una tubería de 25 mm de diámetro para facilitar el ingreso del agua a este sistema, pero el como el equipo se encuentra fuera de funcionamiento no realiza ningún tipo de tratamiento al agua cruda con el que cuenta el terminal.

La verificación se realizó de forma in situ, observando y midiendo cada parámetro del equipo en relación con el plano proporcionado, además de mencionar que el lecho filtrante no se encuentra cubriendo la capa que es descrita en los planos.



**Figura 3-2.** Filtro grueso ascendente

#### 2.2.3.4. Vertedero Triangular

El vertedero triangular con el que cuenta la planta potabilizadora según las medidas de planos proporcionados por personal de la Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba son: altura total de 1,15 m; 2,05 de ancho; además tiene dos repartos, el uno de 0,50 cm; el segundo de 0,40 cm y adicionalmente una caja de aforo de 0,55 cm respectivamente, el agua según sus planos ingresaría por el medio del primer reparto, cuenta con una tubería de PVC de 25 mm, para que el agua ingrese al equipo.

Para la verificación in situ, se realizó la medición de cada componente del vertedero, obteniendo medidas distintas a las que están representadas en los planos, siendo variaciones mínimas las que fueron comprobadas.



**Figura 4-2.** Vertedero Triangular

#### 2.2.3.5. Filtro Lento Descendente

El filtro lento descendente que posee la planta potabilizadora según las medidas de planos proporcionados por personal de la Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba son: 2,65\*3,10 de altura y ancho, ocupando 0,50 cm de grava y 0,30 cm de arena según planos, el agua debería ingresar por la parte superior donde cuenta con una tubería de PVC de 25 mm de diámetro, el objetivo del equipo es reducir las impurezas suspendidas en el agua cruda.

Para la verificación in situ, se realizó la medición de este equipo, comprobando que las medidas físicas y el tipo de lecho filtrante varía con las representadas en los planos, además de considerar que el lecho filtrante se encuentra saturado en su totalidad, puesto que el manejo del mismo no ha sido el correcto y tampoco ha sido sustituido.



**Figura 5-2.** Filtro lento descendente

#### 2.2.3.6. Tanque de Dosificación y Productor de Cloro

Según las medidas de planos proporcionados por personal de la Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba son: el tanque dosificador posee una capacidad de 500 L y el productor de cloro de 10 L, en donde posee una bandeja (charol) para agregar la solución una vez calculada la concentración necesaria, el material del mismo es de polietileno, posteriormente pasaría al taque cisterna.

En la verificación de este equipo se realizó de forma in situ, el tanque que será usado para la dosificación no presenta variación en la medición, debido a que sus medidas son unánimes de acuerdo

a la capacidad de cada tanque, en cuanto a la dosificación, no se tiene una cantidad fija para agregar de forma diaria.



**Figura 6-2.** Tanque de desinfección

#### *2.2.3.7. Tanque Cisterna*

Es un tanque de 9 m<sup>3</sup> de capacidad, donde es almacenada el agua posterior de pasar por la desinfección y distribuida a las diferentes áreas del terminal, para el distintos usos de aseo de las instalaciones.



**Figura 7-2.** Tanque de almacenamiento

#### **2.2.4. Caracterización físico-química y microbiológica del agua potable**

Se tomaron las muestras de agua cruda en un período de 3 semanas, de lunes a viernes, para lo cual fue considerado el punto de muestreo el ingreso del agua al Terminal.

Para realizar el análisis físico-químico y microbiológico respectivo de las muestras de agua cruda del Terminal de Productos Limpios, se tomó la muestra en los recipientes adecuados y se procedió a almacenarlos en un cooler y de forma inmediata se realizó el ingreso al Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable “CHAQUISHCA”

Las muestras que fueron rotuladas con código EM1, EM2, EM3... M15; respectivamente, se analizaron considerando adecuados los siguientes parámetros:

**Análisis Físico-químico:** Color, Turbiedad, pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales Disueltos, Temperatura, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Nitrógeno Amoniacal, Sulfatos, Fluoruros, Hierro Total, Manganeso, Cromo, Cobre, Dureza Total, Aluminio, Cloruros, Níquel, Cobalto, Plomo, Zinc, Plata, Cianuro, Bario, Boro, Molibdeno, Cromo Total.

**Análisis Microbiológico:** Coliformes Fecales  
Coliformes Totales

#### **2.2.5. Pruebas de tratabilidad para el agua cruda**

Para la elaboración de las pruebas de tratabilidad del agua potable, se consideró realizar pruebas de coagulación, floculación y sedimentación, con la finalidad de obtener la dosis correcta de pH, concentración, floculación y sedimentación

#### **2.2.6. Método del Rediseño de la Planta**

Para realizar el redimensionamiento de los elementos del sistema de potabilización del Terminal de Productos Limpios Riobamba, se ejecutó bajo los siguientes criterios de diseño:

##### **a) Diseño del Aireador de Bandeja**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por las Normas Ras, Romero, además de los requerimientos propuestos por el departamento Técnico de la EP-PETROECUADOR.

**b) Diseño del Sedimentador de Alta Tasa**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por Romero Jairo y ciertos requerimientos mencionados por el departamento Técnico de la EP-PETROECUADOR.

**c) Diseño de Ablandadores**

Se consideró los criterios de diseño propuestos por Romero Jairo, normas RAS y los requerimientos solicitados por el departamento Técnico de la EP-PETROECUADOR.

**d) Desinfección**

Se consideró criterios de diseño solicitados por el departamento Técnico de la EP-PETROECUADOR, para obtener la dosificación adecuada de cloro.

**2.2.7. *Elaboración de Planos***

Los planos para la Planta de Tratamiento de Agua Potable se elaboraran mediante los resultados técnicos obtenidos y aplicando la herramienta informática de AutoCad.

**2.2.8. *Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental***

Se conocerán los diferentes impactos ambientales ocasionados en la etapa de construcción del sistema del Terminal, se realizará la identificación y evaluación ambiental a través de la matriz de Leopold, donde se identificará el nivel de impacto.

**2.2.9. *Calificación de la Matriz***

Para identificar los diferentes impactos que se presentarán con el rediseño de la planta de potabilización, se utilizó la matriz de Leopold, siendo esta una herramienta muy eficiente, en cuanto al momento de identificar las actividades relacionadas con los impactos más significativos, se analizó cada una de ellas y de qué manera afectaría a cada componente ambiental.

- a) Se logró identificar y distinguir los factores ambientales que pueden verse afectados por la readecuación de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

- b) Una vez reconocidas las consecuencias producidas en los factores ambientales, se indicó que si la afectación es negativa se representa con el signo (-), que es positiva se representa con un signo (+) e indicando que no existe impacto se representa con el signo (+)/(-).
- c) Para dar una valoración a la matriz de causa y efecto de Leopold, se utilizó los valores indicados en la Tabla 2-3, donde nos indica la magnitud e importancia con su respectiva calificación, intensidad y afectación.

**Tabla 3-2.** Valoración Magnitud e Importancia para la Matriz Causa – Efecto de Leopold.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Calificación	Intensidad	Afectación	Calificación	Duración	Influencia
1	Baja	Baja	1	Temporal	Puntual
2	Baja	Media	2	Media	Puntual
3	Baja	Alta	3	Permanente	Puntual
4	Media	Baja	4	Temporal	Local
5	Media	Media	5	Media	Local
6	Media	Alta	6	Permanente	Local
7	Alta	Baja	7	Temporal	Regional
8	Alta	Media	8	Media	Regional
9	Alta	Alta	9	Permanente	Regional
10	Muy Alta	Alta	10	Permanente	Nacional

Fuente: Conesa V, 2010.

- d) Guiándose en la tabla de valoración ya mostrada, se verifica el número de afectaciones presentes sea positiva, negativa y que no exista impacto
- e) Se calcula la agregación de los impactos, resultado de la suma de la multiplicación del valor de magnitud con importancia.
- f) Al implantar la matriz de impacto, se multiplicó el valor de la magnitud con el valor de importancia, de cada interacción, luego se realizó la sumatoria total y obtuvo el valor de la agregación de impactos
- g) Se hace la respectiva evaluación de los valores obtenidos de la agregación de impactos mediante la tabla 4-2.

**Tabla 4-2.** Evaluación de impactos según la Metodología de Leopold.

RANGO	IMPACTO	
-70,1 a -100	Negativo	Muy Alto
-50,1 a -70	Negativo	Alto
-25,1 a -50	Negativo	Medio

-1 a -25	Negativo	Bajo
1 a 25	Positivo	Bajo
25,1 a 50	Positivo	Medio
50,1 a 80	Positivo	Alto
80,1 a 100 o >	Positivo	Muy Alto

Fuente: Conesa V, 2010.

- h) Con esta ecuación se realiza el nivel de significancia de proyecto, mediante la siguiente ecuación:

$$Ca = \sqrt{\frac{\text{Agregación de impactos}}{\text{Número de interacciones}}} \quad \text{Ecuación 1-2}$$

**Dónde:**

Ca: calificación ambiental

Cabe mencionar que la calificación ambiental ayuda a determinar el grado de significancia, a través de la tabla:

**Tabla 5-2.** Rangos para la Calificación Ambiental

RANGO	SIGNIFICADO
0 a 2,5	Bajo
2,6 a 5,5	Moderado
5,6 a 7,5	Severo
7,6 a 10	Crítico

Fuente: Conesa V, 2010.

- i) Se puede obtener el grado de significancia y los impactos ambientales causados por el rediseño del Sistema de Potabilización del Terminal de Productos Limpios, Riobamba.

## 2.3. Propuesta del Rediseño de la Planta

### 2.3.1. Cálculo de las Dotaciones

El consumo de agua diario para satisfacer las necesidades del personal que labora en el Terminal de Productos Limpios EP-PETROECUADOR, Riobamba; se fijó en base a las condiciones específicas de la entidad.

### 2.3.1.1. Cálculo de dotación básica

De acuerdo con la información facilitada por el Terminal de Productos Limpios EP-PETROECUADOR, Riobamba, el volumen de agua consumida es de 60 m<sup>3</sup>/mes y el total de usuarios actualmente es de 60 usuarios. La cantidad diaria de agua consumida por cada habitante que labora en esta institución, se la conoce mediante la ecuación:

$$DB = \frac{V_{TCM}}{T_{US}}$$

$$V_{TCM} = 60 \frac{m^3}{mes} \times \frac{1000 L}{1 m^3} \times \frac{1 mes}{30 días} = 2000 \frac{L}{día}$$

#### Datos:

**T<sub>US</sub>**: Total de usuarios servidos, usuario=trabajador=habitante (60 hab.)

**V<sub>TCM</sub>**: Volumen de agua consumida, 2000 (L/día)

$$DB = \frac{2000 L/día}{60 hab} = 33 \frac{L}{hab. día}$$

### 2.3.1.2. Dotación Media Futura

Según el Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba, el factor de mayorización con el que trabajan es de 12.

Para la obtención de la dotación media futura, trabajamos con la siguiente ecuación:

$$DMF = FM \times DB$$

#### Datos:

**FM**: Factor de Mayorización, 12 (adimensional)

**DB**: Dotación Básica, 33 L/hab.día

$$DMF = 12 * 33 \frac{L}{hab. dia} = 396 \frac{L}{hab. dia}$$

### 2.3.2. Cálculo de gastos

El caudal de agua que el personal de la empresa necesita para cubrir sus necesidades de manera horaria y diaria.

#### 2.3.2.1. Gasto medio diario ( $Q_{med}$ )

La cantidad de personal futura proyectada es de \*100 habitantes. Para calcular la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades del personal en un día de consumo promedio, se lo obtiene con la ecuación:

$$Q_{med} = \frac{P_f * DMF}{86400}$$

**Datos:**

**$P_f$ :** Población futura, (Proyectada): \*100 habitantes, dato proporcionado por la empresa.

**DMF:** Dotación media futura, 396 L/hab.día

$$Q_{med} = \frac{100 \text{ hab} \times 396 \frac{L}{hab. dia}}{86400} = 0,46 \frac{L}{s}$$

#### 2.3.2.2. Gasto máximo diario ( $Q_{Md}$ )

El coeficiente de variación diaria con el que trabaja el Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba es de 4. Este dato se obtiene con la ecuación:

$$Q_{Md} = k_1 * Q_{med}$$

**Datos:**

**$K_1$ :** Coeficiente de variación diaria, 4 adimensional.

**$Q_{med}$ :** Caudal medio diario, 0,46 L/s

$$Q_{Md} = 4 \times 0,46 \frac{L}{s} = 1,84 \frac{L}{s}$$

### 2.3.2.3. Gasto máximo horario ( $QMh$ )

El coeficiente de variación diaria con el que trabaja el Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba es de 1,8. Este dato se obtiene con la ecuación:

$$QMh = k_2 * QMd$$

**Datos:**

**K<sub>2</sub>:** Coeficiente de variación horaria, 1,8 (adimensional)

**QMd:** Gasto máximo diario, 1,84 L/s

$$QMh = 1,8 * 1,84 \frac{L}{s} = 3,312 \frac{L}{s}$$

### 2.3.3. Cálculo para Caudal de Rediseño

Cálculos de los respectivos caudales para el Rediseño de la Planta Potabilizadora de agua para consumo humano en el Terminal de Productos Limpios (PETROECUADOR), con la finalidad de satisfacer las necesidades de todos los empleados de la empresa.

#### 2.3.3.1. Caudal de Captación

Se rediseñará una estructura con capacidad de 1,5 veces el gasto máximo diario, según la ecuación:

$$Q_{captacion} = k_3 \times QMd$$

**Datos:**

**k<sub>3</sub>:** 1,5, dato referido por la empresa (adimensional)

**QMd:** Gasto máximo diario; 1,84 L/s

$$Q_{captacion} = 1,5 \times 1,84 \frac{L}{s} = 2,76 \frac{L}{s}$$

$$Q_{captacion} = 2,8 \frac{L}{s}$$

### 2.3.3.2. Caudal de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento de potable se rediseñará para un caudal que posea un factor de seguridad de 1,10; obteniéndose con la siguiente ecuación:

$$Q_{tratamiento} = k_4 * Q_{Md}$$

#### Datos:

**k<sub>4</sub>**: factor de seguridad; 1,10 (adimensional)

**Q<sub>Md</sub>**: Gasto máximo diario; 1,84 L/s

$$Q_{tratamiento} = 1,10 * 1,84 \frac{L}{s} = 2,024 \frac{L}{s}$$

$$Q_{tratamiento} = 2,024 \frac{L}{s}$$

#### ➤ Volúmenes de Reserva

Es conveniente dimensionar un volumen extra de almacenamiento ya que con esto la podrá cubrir cualquier emergencia.

#### ➤ Volumen de regulación

Se tomara para un volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerado de la demanda media diaria al final del periodo de diseño.

$$Vr = CVR \times Q_{med}$$

#### Datos:

**CVR**: Constante del volumen de regulación, 0,25

**Q<sub>med</sub>**: Caudal medio diario, 0,46 L/s

$$Vr = 0,25 \times \left( 0,46 \frac{L}{s} \times \frac{1m^3}{1000L} \times \frac{86400s}{1día} \right) = 9,94 m^3$$

$$Vr = 9,94 m^3 \approx 9936 L$$

➤ **Volumen total**

Solo se considera el volumen de regulación como volumen total debido que la red de distribución es pequeño por lo que no existe el volumen de emergencia y volumen contra incendios.

$$V_t = V_r$$

**2.3.4. Aireador de Bandejas**

Este tipo de proceso cuando se trata de purificación de agua, está usado principalmente para la remoción de hierro y manganeso por medio de la incorporación de oxígeno.

La torre de aireación está construida de acero inoxidable, aplicando la ecuación, para un caudal 2,8 L/s.

➤ **Área total del aireador**

$$A_t = \frac{Q}{CH}$$

**Datos:**

**Q:** Qd: caudal de diseño: 2,8 L/s: 241,98 m<sup>3</sup>/día

**CH:** carga hidráulica: 36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d, dato asumido de la RAS 2000

$$A_t = \frac{241,92 \text{ m}^3/\text{día}}{36 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}}$$

$$A_t = 6,72 \text{ m}^2 \cong 7 \text{ m}^2$$

➤ **Altura total de la torre ( $H_{\text{torre}}$ )**

Se recomienda una altura de 1,5 – 3,00 m para la remoción de hierro y manganeso, por lo que asumimos una altura de 3m.

$$H_{\text{torre}} = 2,5 \text{ m}$$

▪ **Dimensionamiento de cada bandeja**

➤ **Área de bandejas**

Se asume que son bandejas cuadradas, con 1m de longitud.

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

**Datos:**

**L:** 1 m

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

➤ **Número de unidades de aireación requeridas**

El número recomendado de bandejas es de 3-5 unidades, para el cálculo de las unidades de aireación se conoce con la ecuación:

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

**Dónde:**

**A<sub>t</sub>:** área total de aireación: 7 m<sup>2</sup>

**A<sub>i</sub>:** área de cada bandeja: 1 m<sup>2</sup>

$$N_b = \frac{7 m^2}{1m^2} = 7 \text{ unidades}$$

➤ **Separacion entre bandejas**

Se toma en consideracion los parametros de diseño para aireadores de bandeja de la Tabla 2-1, por lo tanto asumimos una separacion de bandejas de:

$$S_b = 0,30 m$$

➤ **Espesor de cada bandeja**

Asumimos un espesor de bandejas de:

$$e_b = 0,15 \text{ m}$$

➤ **Número de torres**

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

**Datos:**

**Q<sub>d</sub>** : Caudal de diseño: 2,8 L/s

**Q<sub>t</sub>**: Caudal que ingresa a cada torre: 2,024 L/s

$$N_{torres} = \frac{2,8 \text{ L/s}}{2,024 \text{ L/s}} = 1,38 \cong 1 \text{ torre}$$

➤ **Tiempo de exposición (t<sub>e</sub>)**

Esto indica el tiempo de exposición que existirá entre el agua y con el medio de contacto

$$t_e = \sqrt{\frac{2 \times H_{torre} \times N_b}{g}}$$

**Datos:**

**H<sub>torre</sub>**: Altura total de la torre: 2,5 m

**N<sub>b</sub>**: Número de bandejas: 7 unidades

**g**: Gravedad: 9,8 m/s<sup>2</sup>

$$t_e = \sqrt{\frac{2 \times 2,5 \text{ m} \times 7}{9,8 \text{ m/s}^2}} = 1,88 \text{ s}$$

$$t_e = 1,9 \text{ s}$$

➤ **Cálculo del Caudal sobre cada bandeja**

El caudal sobre cada bandeja de la torre de aireación lo obtenemos según la ecuación:

$$Q_{bandejas} = l \times A_{orificio} \times \sqrt{2 \times g \times H_{lamina}}$$

➤ **Área de cada orificio**

El diámetro del orificio es 0,005

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

**Datos:**

**D:** Diámetro del orificio: 0,005 m (valor asumido de la Tabla 2-1)

$$A_{orificio} = \frac{\pi \times (0,005m)^2}{4}$$

$$A_{orificio} = 1,96 \times 10^{-5} m^2$$

**Datos:**

**l:** Lado de la bandeja: 1 m

**g:** gravedad: 9,8 m/s<sup>2</sup>

**H<sub>lámina</sub>:** Altura del agua sobre las bandejas: 0,15 m (valor asumido de la Tabla 2-1)

**A<sub>orificio</sub>**= Área de cada orificio, 1,96 × 10<sup>-5</sup> m<sup>2</sup>

$$Q_{bandejas} = 1m \times 1,96 \times 10^{-5} m^2 \times \sqrt{2(9,8 m/s^2 \times 0,15m)}$$

$$Q_{bandejas} = 3,36 \times 10^{-5} m^3/s$$

$$Q_{bandejas} = 0,033 L/s$$

➤ **Determinación del número de bandejas**

➤ **Número de perforaciones:**

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

**Datos:**

**Q:** caudal de diseño: 2,8 L/s

**Q<sub>bandejas</sub>:** caudal sobre cada bandeja: 0,033 L/s

$$Np = \frac{2,8 \text{ L/s}}{0,05 \text{ L/s}} = 84,84 \approx 84 \text{ perforaciones}$$

**2.3.5. Cálculo de la concentración de PAC**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

**Dónde:**

**C<sub>1</sub>:** concentración de PAC de la solución 0,001 g/mL

**V<sub>1</sub>:** volumen de la dosificación óptima, 15 mL

**C<sub>2</sub>:** concentración de PAC en la dosificación óptima: g/L

**V<sub>2</sub>:** volumen de agua cruda, 1 L=1000 mL

$$\frac{0,001 \text{ g}}{\text{mL}} * 15 \text{ mL} = C_2 * 1000 \text{ mL}$$

$$C_2 = \frac{\frac{0,001 \text{ g}}{\text{mL}} * 15 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}}$$

$$C_2 = 1,5 \times 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{mL}} * \frac{1000 \text{ mL}}{\text{L}}$$

$$C_2 = 0,015 \frac{\text{g}}{\text{L}} * \frac{1000 \text{ mg}}{\text{g}}$$

$$C_2 = 15 \text{ ppm}$$

➤ **Consumo de Policloruro de aluminio PAC al día**

$$W = Q * D$$

**Dónde:**

**W:** consumo de Policloruro de aluminio en peso, (kg/día).

**D:** Dosis óptima de coagulante: 0,015 g/L (Pruebas de jarras)

**Q:** Caudal de la planta de tratamiento: 2,8 L/s

$$W = 2,8 \text{ L/s} * 0,015 \text{ g/L}$$

$$W = 0,042 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ días}} = 3,62 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$W = 0,042 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} * \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ días}} = 1,21 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cálculo del volumen de solución a dosificar en un tanque dosificador de 500 L de capacidad

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

$$2,8 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 168 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$500 \text{ ppm} * V_1 = 15 \text{ ppm} * 168 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$V_1 = \frac{15 \text{ ppm} \times 168 \text{ L/min}}{500 \text{ ppm}} = 5,04 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

El volumen de dosificación es de 5,04 L/min, el cual va hacia el Sedimentador, para un caudal de 2,8 L/s.

- **Cantidad de PAC necesario para preparar la solución a un volumen de 500 L con una concentración de 500 mg/L**

$$P_{PAC} = \frac{500 \text{ mg} * 500 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 250000 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,25 \text{ Kg}$$

Se necesita 0,25 Kg de PAC para preparar la solución en el dosificador de 500 L de capacidad.

▪ **Cálculo de la concentración del auxiliar aniónico (CHEMFLOC)**

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

**Dónde:**

**C<sub>1</sub>:** concentración de CHEMFLOC de la solución 0,80 g/L

**V<sub>1</sub>:** volumen de la dosificación óptima, 7,50 mL = 7,5X10<sup>-3</sup> L

**C<sub>2</sub>:** concentración de CHEMFLOC en la dosificación óptima: g/L

**V<sub>2</sub>:** volumen de agua cruda, 1 L

$$0,80 \frac{g}{L} * 7,5 \times 10^{-3} L = C_2 * 1L$$

$$C_2 = \frac{0,80g}{L} * 7,5 \times 10^{-3} L}{1L}$$

$$C_2 = 6 \times 10^{-03} \frac{g}{ml}$$

$$C_2 = 0,006 \frac{g}{L} \times \frac{1000mg}{1g} = 6 ppm$$

Cálculo del volumen de solución a dosificar en un tanque dosificador de 500 L de capacidad

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

$$2,8 \frac{L}{s} \times \frac{60s}{1min} = 168 \frac{L}{min}$$

$$100 ppm * V_1 = 6 ppm * 168 \frac{L}{min}$$

$$V_1 = \frac{6 ppm * 168 L/min}{100 ppm} = 1,00 \frac{L}{min}$$

El volumen a dosificar es de 1,00 L/min hacia el Sedimentador para un caudal de 2,8 L/s.

Cantidad de CHEMFLOC necesario para preparar la solución a un volumen de 500 L con una concentración de 100 mg/L

$$P_{chemfloc} = \frac{100 \text{ mg} * 500 \text{ L}}{1 \text{ L}} = 50000 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,05 \text{ Kg}$$

Se necesita 0,05 Kg de CHEMFLOC para preparar la solución en el dosificador de 500 L de capacidad.

➤ **Consumo de CHEMFLOC al día**

$$W = Q * D$$

**Dónde:**

**W:** consumo de CHEMFLOC en peso, (kg/día).

**D:** Dosis óptima de CHEMFLOC: 0,006 g/L (Pruebas de jarras)

**Q:** Caudal de la planta de tratamiento: 2,8 L/s

$$W = 2,8 \text{ L/s} * 0,006 \text{ g/L}$$

$$W = 0,0168 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 1,45 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$W = 0,0168 \frac{\text{g}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} * \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} = 0,48 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

$$W = 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

### 2.3.6. *Diseño del Sedimentador de Alta Tasa*

Para el diseño de un sedimentador de alta tasa (placas) de flujo ascendente tiene tiempos de retención corto de 15 min, siendo estos de alta eficiencia, poca profundidad con un ángulo inclinado de 60° lo que facilitara que los lodos sedimentados se deslicen hacia el fondo del tanque, la temperatura del agua es 15 °C, se adoptará una sola unidad para una correcta operacionalidad y mantenimiento.

#### ➤ **Área superficial de Sedimentación**

Para obtener el área de sedimentación usamos la siguiente ecuación:

$$A_s = l_s * b_s$$

#### **DATOS:**

**l<sub>s</sub>**: longitud del sedimentador: 5 m (valor asumido de la tabla 3-1)

**b<sub>s</sub>**: ancho del sedimentador: 3 m (valor asumido de la tabla 3-1)

$$A_s = 5m \times 3m = 15 m^2$$

#### ➤ **Carga superficial del sedimentador**

Para calcular la carga superficial es necesario asumir el área superficial, donde se obtiene por la siguiente ecuación:

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

#### **Donde:**

Q: Qd: caudal de diseño, 241,92 m<sup>3</sup>/d

A<sub>s</sub>: área superficial, 15 m<sup>2</sup>

$$C_s = \frac{241,92 m^3/d}{15 m^2}$$

$$C_s = 16,13 m^3 / m^2 d$$

➤ **Velocidad del sedimentador**

Se calcula con la siguiente ecuación

$$v_{so} = \frac{Q}{A_s * \text{sen}\theta}$$

**Datos:**

**As:** área superficial, 15 m<sup>2</sup>

**Q=Qd:** Caudal de diseño: 241,92 m<sup>3</sup>/d

**θ:**Angulo de inclinación de elemento de sedimentación: 60°

$$V_{so} = \frac{241,92 \text{ m}^3/d}{15 \text{ m}^2 \times \text{sen } 60}$$

$$V_{so} = 18,62 \approx 19 \text{ m/d}$$

$$V_{so} = 19 \frac{\text{m}}{\text{d}} \times \frac{1 \text{ d}}{86400 \text{ seg}}$$

$$V_{so} = 2,2 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

➤ **Longitud de sedimentación**

La longitud de sedimentación la obtenemos con la siguiente ecuación:

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

**Datos:**

**As:** Área de sedimentación: 15 m<sup>2</sup>

**b<sub>s</sub>:** Ancho del sedimentador: 3 m (valor asumido de la Tabla 3-1 )

$$L_s = \frac{15 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L_s = 5 \text{ m}$$

➤ **Longitud Relativa del Sedimentador**

Este dato se obtendrá aplicando la ecuación:

$$Lr = \frac{l_p}{dp}$$

**Datos:**

**$l_p$ :** Longitud recorrida a través de la placa: 1,20 m (valor asumido de la tabla 5-1)

**$dp$ :** Ancho del conducto o espaciamiento entre placas: 0,05 m (valor asumido de la tabla 5-1)

$$Lr = \frac{1,20m}{0.05m}$$

$$Lr = 24$$

➤ **Número de Reynolds**

Para obtener el número de Reynolds aplicamos la ecuación:

$$Re = \frac{v_{so} \times dp}{\nu}$$

**Datos:**

Se trabaja con una temperatura del agua de 15 °C

**$v_{so}$ :** Velocidad del sedimentador:  $2,2 \times 10^{-4}$  m/s

**$dp$ :** Ancho del conducto o espacio entre placas: 0,05 m (valor asumido de la tabla 5-1)

**$\nu$ :** Viscosidad cinemática:  $1,139 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s (valor asumido)

$$Re = \frac{2,2 \times 10^{-4} \text{ m/s} \times 0,05m}{1.139 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 9,65 \approx 10(\text{adimensional})$$

➤ **Longitud de transición**

Para la obtención de la longitud de transición se lo hace mediante la siguiente ecuación:

$$L' = 0.013 \times Re$$

**Datos:**

**Re:** Número de Reynolds: 10 (adimensional)

$$L' = 0,013 \times 10$$

$$L' = 0,13$$

➤ **Longitud Relativa del Sedimentador Corregida**

La longitud relativa de sedimentación corregida en flujo laminar, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

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

**Datos:**

**Lr:** Longitud relativa del Sedimentador de alta tasa: 24

**L':** Longitud de transición: 0,13 m

$$L_{cr} = 24 - 0,57$$

$$L_{cr} = 23,87 \text{ m}$$

➤ **Velocidad de Sedimentación Crítica**

La velocidad de sedimentación crítica se calcula con la ecuación:

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

**Datos:**

**Sc:** Parámetros característicos para sedimentadores de placas paralelas: 1 (valor asumido de la tabla 5-1)

**v<sub>so</sub>:** Velocidad del sedimentador:  $2,2 \times 10^{-4}$  m/s

**$\theta$** : Ángulo de inclinación del elemento de sedimentación: 60 °C respecto a la horizontal

**$L_{cr}$** : Longitud relativa del Sedimentador: 23,43

$$V_{sc} = \frac{1 * 2,2 \times 10^{-4} \text{ m/s}}{\text{Sen}60^\circ + (23,87 \times \text{Cos } 60^\circ)}$$

$$V_{sc} = 1,72 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

➤ **Tiempo de Retención en las Placas**

Este dato se calcula aplicando la ecuación:

$$tr_p = \frac{l_p}{v_{so}}$$

**Datos:**

**$l_p$** : Longitud recorrida a través del elemento (placa): 1,20 m ( valor asumido de la tabla 5-1)

**$v_{so}$** : Velocidad del sedimentador:  $2,2 \times 10^{-4}$  m/s

$$tr_p = \frac{1,20 \text{ m}}{15 \text{ m}^2 \text{ m/s}}$$

$$tr_p = 5454,54 \text{ seg.}$$

➤ **Tiempo de Retención en el Tanque de sedimentación**

El tiempo de retención en el tanque de sedimentación se calcula mediante la ecuación:

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

**Datos:**

**$Q=Q_d$** : Caudal de diseño:  $2,8 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s

**$H_s$** : Altura total: 4,24 m (valor asumido de la tabla 4-1)

**$A_s$** : Área de sedimentación: 15 m<sup>2</sup>

$$tr_s = \frac{15 \text{ m}^2 \times 4,24 \text{ m}}{2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$tr_s = 22714,3 \text{ seg.}$$

➤ **Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinadas**

$$V_p = \frac{Q}{A_s * \text{Sen } \theta}$$

**Dónde:**

**Q=Qd:** Caudal de diseño:  $2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

**A<sub>s</sub>:** Área de sedimentación,  $15 \text{ m}^2$

**θ:** Angulo de inclinación del elemento de sedimentación de alta tasa,  $60^\circ$

**V<sub>p</sub>:** Velocidad Promedio de Flujo Entre Placas Inclinadas, m/s

$$V_p = \frac{2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{15 \text{ m}^2 \times \text{Sen}60^\circ}$$

$$V_p = 2,15 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

➤ **Número de Placas por Modulo**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$N_p = \frac{(L_s \times \text{Sen}\theta) + s_p}{s_p + e_p}$$

**Datos:**

**L<sub>s</sub>:** Longitud de sedimentación: 5 m

**θ:** Angulo de sedimentación de las placas:  $60^\circ$

**s<sub>p</sub>:** Separación entre placas: 0,05 m (valor asumido de la tabla 4-1)

**e<sub>p</sub>:** Espesor de las placas: 0,01 m (Valor asumido de la tabla 4-1)

$$N_p = \frac{(5 \text{ m} \times \text{Sen}60^\circ) + 0,05\text{m}}{(0,05 + 0,01)\text{m}}$$

$$N_p = 73 \text{ placas}$$

➤ **Volumen del Sedimentador**

El volumen del sedimentador, se calcula con la ecuación:

$$V_s = L_s \times b_s \times H_s$$

**Datos:**

**L<sub>s</sub>:** Longitud del sedimentador: 5 m

**b<sub>s</sub>:** Ancho del sedimentador: 1,50 m (valor asumido de la tabla 3-1)

**H<sub>s</sub>:** Altura del sedimentador: 4,24 m (valor asumido de la tabla 4-1)

$$V_s = 5 \text{ m} \times 1,50\text{m} \times 4,24\text{m}$$

$$V_s = 31,8 \approx 32 \text{ m}^3$$

**2.3.7. Diseño de Ablandadores**

➤ **Área de filtración**

Se debe considerar que para diseñar ablandadores se debe tomar en consideración el mismo principio que un filtro, debido a que son tanques que realizarán el mismo principio con diferente lecho filtrante.

Para calcular el área del ablandador se aplica la siguiente ecuación:

$$A_f = \frac{Q}{v_{fl}}$$

**Datos:**

**Q = Q<sub>d</sub>:** Caudal de diseño o a tratar: 10,08 m<sup>3</sup>/h

**v<sub>fl</sub>:** Velocidad de filtración: 1,5 m/h (valor asumido de la tabla 6-1)

$$A_f = \frac{10,08\text{m}^3/\text{h}}{1,5\text{m}/\text{h}}$$

$$A_f = 6,72 \approx 7 \text{ m}^2$$

➤ **Determinación del número de módulos de filtración**

Con un área de filtración de  $7 \text{ m}^2$ , se toma en consideración que el número de módulos de filtración será de 2.

**Datos:**

$A_f$ : Área de filtración:  $7 \text{ m}^2$

$n_f$ : número de módulos de filtración: 2

➤ **Determinación del área de cada unidad**

$$A_{if} = \frac{A_f}{n_f}$$

**Datos:**

$A_f$ : Área de filtración:  $7 \text{ m}^2$

$n_f$ : Numero de filtros: 2 unidades

$$A_{if} = \frac{7 \text{ m}^2}{2}$$

$$A_{if} = 3,5 \text{ m}^2$$

- Determinación de las dimensiones del filtro

➤ **Determinación de la longitud de la pared por unidad**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$a_{fu} = \left( \frac{2 \times n_f \times A_{if}}{2 + n_f} \right)^{0,5}$$

**Datos:**

$A_{if}$ : Área de la unidad:  $7 \text{ m}^2$

$n_f$ : Numero de filtros calculados: 2 unidades

$$a_{fu} = \left( \frac{2 \times 2 \times 7 \text{ m}^2}{2 + 2} \right)^{0,5}$$

$$a_{fu} = 2,65 \text{ m}$$

➤ **Cálculo para el ancho de la unidad**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$b_{fu} = \left[ \frac{(n_f + 1) \times A_{if}}{2 \times n_f} \right]^{0.5}$$

**Datos:**

**A<sub>if</sub>:** Área de la unidad: 7 m<sup>2</sup>

**n<sub>f</sub>:** Numero de filtros calculados: 2 unidades

$$b_{fu} = \left[ \frac{(2+1) \times 7 \text{ m}^2}{2 \times 2} \right]^{0.5}$$
$$b_{fu} = 2,30 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la longitud total de Pared**

Se calcula con la ecuación:

$$Lt_p = (2 \times b_{fu} \times n_f) + a_{fu} \times (n_f + 1)$$

**Datos:**

**n<sub>f</sub>:** Número total de unidades de filtración: 2 unidades.

**b<sub>fu</sub>:** Ancho de la unidad: 2,30 m

**a<sub>fu</sub>:** Longitud de pared común por unidad: 2,65 m

$$Lt_p = (2 \times 2,30 \text{ m} \times 2) + 2,65 \text{ m} \times (2 + 1)$$

$$Lt_p = 17,15 \approx 17 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la longitud total mínima de pared**

Se calcula con la ecuación:

$$Lm_p = 2 \times a_{fu} \times (n_f + 1)$$

**Datos:**

**n<sub>f</sub>:** Número total de unidades de filtración 2 unidades.

**a<sub>fu</sub>:** Longitud de pared común por unidad: 2,65 m

$$Lm_p = 2 \times 2,65 \text{ m} \times (2 + 1)$$

$$Lm_p = 15,9 \approx 16 \text{ m}$$

➤ **Diámetro de la tubería de entrada al filtro**

Se calcula con la ecuación:

$$D_t = \sqrt{\frac{4Q_i}{v \times \pi}}$$

**Datos:**

**Q<sub>i</sub>:** Caudal de diseño para cada filtro: 0,0028 m<sup>3</sup>/s

**v:** Velocidad en la tubería: 2 m/s (valor asumido de la tabla 6-1)

$$D_t = \sqrt{\frac{4 \times (0,0028 \text{ m}^3/\text{s})}{2 \text{ m/s} \times \pi}}$$

$$D_t = 0,042 \text{ m}$$

▪ **Sistema de drenaje**

En el rediseño se usará una tubería de 70 mm perforada para la estructura de salida del filtro mediante la cual se mantendrá almacenada el agua filtrada.

➤ **Diámetro de los orificios laterales**

El dato utilizado, se tomó en relación al caudal para el cual está diseñado, de la tabla 6-1.

$$D_o = 6,5 \text{ mm} \approx 0,0065 \text{ m}$$

➤ **Área de Cada Orificio**

Se calcula con la ecuación:

$$A_{of} = \frac{\pi \times D_o^2}{4}$$

**Datos:**

**D<sub>o</sub>:** Diámetro de tubería: 0,0065 m (valor asumido de la tabla 6-1)

$$A_{of} = \frac{\pi \times (0,0065m)^2}{4}$$

$$A_{of} = 3,32 \times 10^{-5} m^2$$

➤ **Caudal que Ingresa a Cada Orificio**

Se calcula con la ecuación:

$$Q_o = A_{of} \times v_{of}$$

**Datos:**

**v<sub>of</sub>:** Velocidad de orificio: 3 m/s (valor asumido de la tabla 6-1)

**A<sub>of</sub>:** Área de cada orificio:  $3,32 \times 10^{-5} m^2$

$$Q_o = 3,32 \times 10^{-5} m^2 \times 3 m/s$$

$$Q_o = 9,96 \times 10^{-5} m^3/s$$

$$Q_o = 0,099 L/s$$

➤ **Numero de Laterales**

Se calcula con la ecuación:

$$n_L = \# Laterales = n_{Lf} \times \frac{Lt_p}{S_{lf}}$$

**Datos:**

**L<sub>t</sub>**: Longitud total del filtro: 17 m

**s<sub>f</sub>**: Separación entre laterales: 1 m (valor asumido de la tabla 6-1)

**n<sub>L</sub>**: Numero de laterales por lado: 2 (valor asumido de la tabla 6-1).

$$n_L = \# \text{ Laterales} = 2 \times \frac{17 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$n_L = \# \text{ Laterales} = 34 \text{ unidades}$$

➤ **Separación Entre Orificios**

Se calcula con la ecuación:

$$s_o = \# \text{Orificios} / \text{Laterales} = 2 \times \frac{L_L}{e_o}$$

**Datos:**

**L<sub>L</sub>**: Longitud de cada lateral: 3 m (valor asumido de la tabla 6-1).

**e<sub>o</sub>**: Espacio entre orificios: 0,08 m (Valor tomado de la tabla 6-1)

$$s_o = \# \text{Orificios} / \text{Laterales} = 2 \times \frac{3}{0.08}$$

$$s_o = \# \text{Orificios} / \text{Laterales} = 75$$

➤ **Número Total de Orificios**

Se calcula con la ecuación:

$$n_o = \# \text{ Total de orificios} = n_L \times s_o$$

**Datos:**

**n<sub>L</sub>**: # Laterales, adimensional, 34

**s<sub>o</sub>**: Separación entre orificios, 75

**n<sub>o</sub>**: Número total de orificios,

$$n_o = \# \text{ Total de orificios} = 34 \times 75$$

$$n_o = \# \text{ Total de orificios} = 2550$$

➤ **Área Total de Orificios**

Se calcula con la ecuación:

$$A_{t_o} = A_{of} \times n_o$$

$A_{of}$ : Área de cada orificio:  $3,32 \times 10^{-5} \text{ m}^2$

$n_o$ =# Total de orificios: 2550

$$A_{t_o} = 3,32 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \times 2550 = 0,08 \text{ m}^2$$

➤ **Diámetro de la tubería a la salida del filtro**

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4Q_i}{\pi v_s}}$$

**Datos:**

$v_s$ : Velocidad del agua a través de la tubería de salida: 0,8 m /s (Valor asumido de la tabla 6-1).

$Q_i$ : Caudal de diseño para cada filtro:  $0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$

$$D_{Ts} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0,8 \text{ m/s}}}$$

$$D_{Ts} = 0,10 \text{ m}$$

### 2.3.8. *Desinfección*

Para el proceso de desinfección se lo realizará en un tanque de cloración, con hipoclorito de calcio con una concentración de 1 ppm, tendrá un dosificador cuya salida será permanente, es decir por goteo.

➤ **Dosificación de HTH lb/día**

Se calcula con la ecuación:

$$D_{HTH} = 0,012 \times Q_d \times C$$

**Dónde:**

**0,012:** constante adimensional

**Q<sub>d</sub>:** Caudal de diseño, 40,40 gpm

**C:** Concentración de HTH, 1 mg/L

$$Q_d = 2,8 \frac{L}{s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{1 galon}{3,785 L} = 40,39 \approx 40,40 gpm$$

$$D_{HTH} = 0.012 \times 40,40 \times 1$$

$$D_{HTH} = 0,485 \approx 0,5 lb/dia$$

$$0,50 \frac{lb}{dia} \times \frac{1Kg}{2,2lb} = 0,227$$

➤ **Volumen de agua para diluir el Hipoclorito de calcio (HTH)**

Para determinar la cantidad de agua que se necesita para diluir el hipoclorito de calcio (V<sub>1</sub>) se utiliza la ecuación:

$$V_{AHTH} = \frac{m_{HTH}}{\rho_{HTH}}$$

$$0,50 \frac{lb}{dia} \times \frac{1 kg}{2,205 lb} \times \frac{1000 g}{1 kg} = 227,27 \approx 227 \frac{g}{dia}$$

**Dónde:**

**m<sub>HTH</sub>:** Cantidad de HTH, 227 g/día

**ρ<sub>HTH</sub>:** Densidad de HTH, 800 g/L

$$V_{AHTH} = \frac{227 \frac{g}{dia}}{800 \frac{g}{L}}$$

$$V_{AHTH} = 0,28 L/dia \text{ agua}$$

Se necesita conocer el volumen de la solución madre de HTH (V<sub>1</sub>) de % en peso de 65 con la ecuación:

$$V_{SM} = \frac{V_{AHTH} * 65\%}{8,5\%}$$

**Dónde:**

$V_{AHTH}$ : volumen de agua para diluir HTH: 0,28 L/día

$$V_{SM} = \frac{0,28 \frac{L}{dia} * 65\%}{8,5\%}$$

$$V_{SM} = 2,14 L/dia \text{ agua}$$

➤ **Volumen de agua requerido para diluir la solución madre**

Se calcula con la ecuación:

$$V_2 = \frac{C_1 * V_1}{C_2}$$

**Dónde:**

$V_1$ : Volumen de la solución madre, 2,14 L

$C_1$ : Concentración de dosificación de hipoclorito de calcio, 1 mg/L

$C_2$ : Concentración del hipoclorito de calcio, 0,65 mg/L

$$V_2 = \frac{1 \frac{mg}{L} \times 2,14 L/dia \text{ agua}}{0,65 \frac{mg}{L}}$$

$$V_2 = 3,30 \approx 3 \frac{L}{dia}$$

➤ **Volumen total de la solución**

Se calcula con la ecuación:

$$V_T = V_1 + V_2$$

**Datos:**

$V_1$ : Volumen de la solución madre; 2,14 L/día

$V_2$ : Volumen de agua requerido para diluir la solución madre; 3 L/día

$$V_T = 2,14 \frac{L}{\text{día}} + 3 \frac{L}{\text{día}}$$

$$V_T = 5,14 \approx 5 \frac{L}{\text{día}}$$

- **Goteo de la solución para la desinfección en el tanque**

$$\text{Goteo} = \frac{V_T}{t}$$

**Datos:**

**V<sub>T</sub>:** Volumen total de la solución, 5 L/día

**t:** tiempo, 24 horas

**Goteo:** mL/min

$$\text{Goteo} = \frac{5 \frac{L}{\text{día}}}{1 \text{ día}}$$

$$\text{Goteo} = 5 \frac{L}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min.}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$\text{Goteo} = 3,5 \frac{\text{mL}}{\text{min}}$$

El volumen de hipoclorito de calcio para tratar un flujo de 2,8 L/s de agua es de 5 L/día a una concentración de 1 ppm y para el método de goteo es necesario 3,5 mL/min.

### 2.3.9. Tipos de Materiales y Controles

**Tabla 6-2.** Elementos de la planta de Tratamiento

ELEMENTOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	MATERIALES
Aireador	Hormigón, acero inoxidable, tubería PVC
Sedimentador	Hormigón
Filtros	Hormigón
Ablandadores	Hormigón
Desinfección	Hormigón, tubería PVC (desagüe)
Filtros	Empedrado, hormigón, arena, grava, válvulas, tubería PVC
Desinfección	Tubería PVC, hormigón

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 7-2.** Equipos a ser controlados

EQUIPO A SER CONTROLADO	TIPO DE CONTROL
Dosificadores de químicos	Se controlara manualmente de acuerdo a la dosificación requerida mediante una llave la cual se podrá dejar indicado el volumen de solución por minuto.

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### 2.3.10. Presupuesto del Rediseño

A continuación en la siguiente tabla se muestra el presupuesto general de la reestructuración de la planta de tratamiento de agua potable del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, tendrá un presupuesto aproximado de 36071,58 dólares.

**Tabla 8-2.** Presupuesto general de la planta de potabilización

TORRE DE AIREACIÓN				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Limpieza manual del terreno	9	m <sup>2</sup>	2,00	18,00
Replanteo y nivelación	3	m <sup>2</sup>	5,00	15,00
Excavación manual	8	m <sup>3</sup>	27,00	216,00
Relleno compactado manual	4	m <sup>3</sup>	10,00	40,00
Replanteo H.S. 140 Kg/cm <sup>2</sup>	7	m <sup>3</sup>	60,00	420,00
Hormigón simple F'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	5	m <sup>3</sup>	159,00	795,00

Enlucido vertical con impermeabilizante	10	m <sup>2</sup>	13,00	130,00
Encofrado y desencofrado con madera de monte	25	m <sup>2</sup>	10,00	250,00
Lamina acero inoxidable	7	m <sup>2</sup>	28,00	196,00
Malla electrosoldada 8-20	3	m <sup>2</sup>	4,50	13,50
Tubería PVC 65mm perforada	9	m	6,00	54,00
Codo PVC 65mm desagüe	4	U	3,00	12,00
Tubería PVC 75mm	4	m	12,00	48,00
Válvula compuerta 03''	1	U	147,00	147,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$2306,50</b>

<b>SEDIMENTADOR DE ALTA TASA</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
Limpieza y desbroce	9	m <sup>2</sup>	0,50	4,50
Replanteo y nivelación	3	m <sup>2</sup>	3,70	11,10
Excavación manual	8	m <sup>3</sup>	27,00	216,00
Relleno compactado manual (pisón)	19	m <sup>3</sup>	10,00	190,00
Hormigón simple F'C = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	57	m <sup>3</sup>	159,00	9063,00
Encofrado y desencofrado con madera de monte	12	m <sup>2</sup>	10,50	126,00
Malla electrosoldada 10-20	12	m <sup>2</sup>	6,50	78,00
Enlucido vertical con impermeabilizante	10	m <sup>2</sup>	13,00	130,00
Tubería PVC 160mm desagüe	10	m	12,00	120,00
Tapón PVC 160mm desagüe	1	U	6,00	6,00
Tee PVC 160mm desagüe	1	U	19,50	19,50
Tablero fibrocemento 1 mm	5	m <sup>2</sup>	4,90	24,50
<b>TOTAL</b>				<b>\$9988,60</b>

<b>ABLANDADORES</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
Limpieza y desbroce	6	m <sup>2</sup>	1,00	6,00
Replanteo y nivelación de estructuras	9	m <sup>2</sup>	1,50	13,50
Excavación manual	8	m <sup>3</sup>	27,00	216,00
Empedrado	5	m <sup>3</sup>	46,60	233,00
Hormigón simple F'c = 210 Kg/cm <sup>2</sup>	28	m <sup>3</sup>	159,00	4452,00
Malla electrosoldada 10-20	13	m <sup>2</sup>	6,50	84,50
Encofrado y desencofrado con madera de monte	10	m <sup>2</sup>	10,00	100,00
Enlucido vertical paletado	13	m <sup>2</sup>	11,15	144,95
Resina Catiónica	1	m <sup>3</sup>	23,75	23,75
Tubería PVC-D 75 mm	2	m	5,00	10,00
Tubo de PVC de 110 mm	6	m	4,70	28,20
Codo PVC 110mm desagüe	1	U	4,00	4,00
Cruz PVC P 90, D=75 mm	1	m	5,50	5,50
Codo PVC 75mm desagüe	6	U	3,25	19,50
Válvula compuerta 03''	2	U	47,70	95,40
Válvula compuerta 04''	1	U	108,00	108,00
Tee PVC, D=3''	2	U	12,00	24,00
<b>TOTAL</b>				<b>\$5568,30</b>

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 9-2.** Presupuesto total de la plata de potabilización

<b>PRESUPUESTO TOTAL DE LA PLANTA POTABILIZADORA</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO TOTAL (\$)</b>
Torre de aireación	2306,50
Sedimentador de alta tasa	9988,60
Ablandadores	5568,30
Subtotal	17863,40
Improvistos (14%)	2500,90
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 20364,30</b>

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 10-2.** Costos de los productos químicos usados para el tratamiento

<b>PRODUCTOS QUÍMICOS</b>	<b>DOSIFICACIÓN (Kg/día)</b>	<b>COSTO UNITARIO POR Kg en (\$)</b>	<b>COSTO DIARIO (\$)</b>	<b>COSTO MENSUAL (\$)</b>
Policloruro de Aluminio	0,73	0,90	0,70	21,70
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	0,15	9,00	1,35	41,85
Hipoclorito de calcio (HTH)	0,23	4,00	0,92	28,52
<b>Subtotal</b>			<b>2,97</b>	<b>\$ 92,07</b>
<b>Imprevistos (12%)</b>			<b>0,36</b>	<b>\$ 11,05</b>
<b>Total</b>			<b>3,33</b>	<b>\$ 103,23</b>

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

## CAPITULO III

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Localización

La identificación de la georreferenciación para el sistema de tratamiento de agua potable del terminal de productos limpios de la EP- Petroecuador, lo encontramos en la Tabla. Siendo sus coordenadas descritas en el sistema geodésico mundial WGS 84, usando la proyección UTM (Universal Transversal Mercator), para la zona 17M.

**Tabla 1-3.** Ficha técnica de localización

<b>PROVINCIA</b>		CHIMBORAZO	
<b>CANTON</b>		Riobamba	
<b>PARROQUIA</b>		Calpi	
<b>SECTOR</b>		Calpiloma	
<b>COORDENA REFERENCIAL DE UBICACIÓN</b>			
<b>LÍMITE</b>	<b>ALTURA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
NORTE	3254 msnm	0749334	9818168
SUR	3252 msnm	0749329	9818152
ESTE	3253 msnm	0749360	9818158
OESTE	3254 msnm	0749355	9818146



### 3.2. Método de Muestreo

Las muestras se tomaron durante 3 semanas, siendo 15 muestras para ser analizadas, fueron tomadas en envases de vidrio ámbar de 1 litro para los análisis físico-químicos y 400 mL en envases completamente herméticos para los análisis microbiológicos (se consideran como muestra puntual), estas fueron correctamente rotuladas y puestas en hielo para su preservación. Como el agua que se analizó ingresa por una sola tubería a la empresa, este fue el lugar donde se recolecto las muestras.

Además para garantizar la calidad del muestreo en todo momento se utilizó ropa adecuada siguiendo procedimientos para la toma de muestras y considerando con prudencia las medidas de seguridad del Terminal, como lo es el uso de mandil, ropa de trabajo, casco, zapatos de seguridad, gafas, mascarilla y guantes de látex (los cuales se iban cambiando a cada instante por deterioro, para garantizar la calidad de las muestras y evitar así una contaminación cruzada de la misma) cada día antes de empezar los monitoreos se verificaba que las botellas estén completamente limpias y libres de cualquier tipo de residuo y de la misma manera todos los materiales que se usaban para la recolección.

En cada muestreo se trató minuciosamente, cada una de ellas para obtener una muestra de calidad que represente el verdadero estado de las aguas que llegan al Terminal.

Cabe recalcar que durante la toma de las mismas se contó con la colaboración de todo el personal de la EP-PETROECUADOR, siendo la participación principal la del Ing. Wilson Granizo, Técnico Líder del SSA.

Los resultados de los análisis fueron entregaron a los 8 días laborables a partir de que ingresa la muestra al Laboratorio.

**Tabla 2-3.** Plan de muestreo

LUGAR DE MUESTREO	JULIO															TOTAL
	1ra. Semana					2da. Semana					3ra. Semana					
	DÍAS					DÍAS					DÍAS					
	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	25	26	27	28	29	
Ingreso del Agua Cruda a la Planta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### **3.3. Evaluación de la Planta Diseñada**

La planta de tratamiento de agua potable del terminal de productos limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba es un sistema simple de potabilización, fue construida por el personal que labora en la misma, en el año 2008 aproximadamente, durante el cambio de ubicación de las instalaciones de la empresa, la cual se trasladó a la vía Calpi-Guarada.

El sistema de tratamiento de la Planta Potabilizadora del Terminal de Productos Limpios, EP-PETROECUADOR, Riobamba, se abastece actualmente de agua subterránea proveniente de la vertiente Shobol, el sistema de conducción tiene cerca de 12 años, e ingresa mediante una tubería de PVC.

Dicha planta con la que cuenta el terminal de productos limpios, no en su actualidad presenta varios problemas en algunos de los equipos y otros han cumplido el tiempo de vida útil llegando a saturarse y dejar de efectuar el objetivo para el que fueron dispuestas.

La estructura con la que se cuenta en el Terminal de Productos Limpios (EP-PETROECUADOR), Riobamba fue construida para un caudal de diseño de 0,10 L/s, sin considerar que la jornada laboral aumentaría a una totalidad de 24 horas en distintas áreas, siendo más de 8 horas laborables que por ende demandaría más consumo de agua, además que la lista de personal ha incrementado en relación a los inicios de la empresa.

Luego de analizar el aumento del personal dentro de la institución y considerando que cada uno consume un volumen de 60 m<sup>3</sup> al mes, se procedió a obtener la dotación básica del personal, con lo que posteriormente se realiza los cálculos de los gastos hasta obtener un nuevo caudal de captación con el que precedemos a calcular todos los parámetros correspondientes a cada equipo.

Continuamente se realizó la caracterización física, química, microbiológica y pruebas de tratabilidad pertinentes, ya que los resultados de las mismas nos permitirán considerar el tipo de tratamiento y los equipos que fuera necesario incorporar y que mejoraran el sistema de potabilización, tomando en cuenta la ubicación y los factores económicos más convenientes de la empresa.

Los parámetros que se encuentran fuera de norma son: turbiedad, nitritos, fosfatos, hierro total, manganeso, dureza total, coliformes fecales y totales.

Una vez que se obtiene los resultados se recomienda agregar a la estructura el tratamiento de sedimentación, completado con una solución de PAC y CHEMFLOC, que actúa como floc y

polímero acelerador de su función, y para eliminar coliformes totales y fecales la desinfección del agua, después de realizarse el tratamiento físico y químico.

### **3.3.1. Aireador de bandejas múltiples**

Según la medición in situ del aireador de bandejas múltiples realizada, se pudo constatar que las medidas reales en comparación con los planos proporcionados por la empresa presenta ciertas variaciones en los componentes del mismo, mencionando que en planos se presenta la estructura con 5 bandejas para el tratamiento, y de forma física presenta 4 bandejas, además de presentar en planos una medida de 0,70 m y físicamente 0,71 m, variando por milímetros.

Se debe mencionar que el aireador fue diseñado para manejar un caudal de 0,10 L/s.

### **3.3.2. Filtro rápido ascendente (FILTRO GRUESO)**

El filtro rápido se encuentra fuera de funcionamiento, verificando con medidas reales, geoméricamente se encuentra cumpliendo con las mediciones de los planos, a excepción del medio filtrante, el cual en planos se encuentra cumpliendo una altura de 0,90 m siendo que al momento de la comprobación in situ se pudo observar que el medio filtrante solamente ocupa 0,75 m, además de mencionar que el estado de la grava que es el lecho filtrante, no se encuentra en condiciones adecuadas, debido a que ha permanecido durante 6 años aproximadamente sin cambiar ni lavar las instalaciones, por lo que se asume que llegó a su completa saturación y tiempo de vida útil, por lo cual no se encuentra propicia para llevar a cabo el proceso de potabilización.

### **3.3.3. Vertedero Triangular**

El vertedero triangular instalado en la planta no se encuentra en funcionamiento, verificando con las medidas reales, al momento de comparar geoméricamente con los planos se pudo comprobar que no cumplen las mismas, debido a que la altura en planos es de 1,15 x 1,35 m de alto y ancho respectivamente, y de forma física tiene 0,98 x 1,15 m de alto y ancho, además de mencionar que no posee una entrada como se hace referencia en los planos. Además según el diseño propuesto el vertedero triangular no es indispensable para ejecutar el proceso de potabilización.

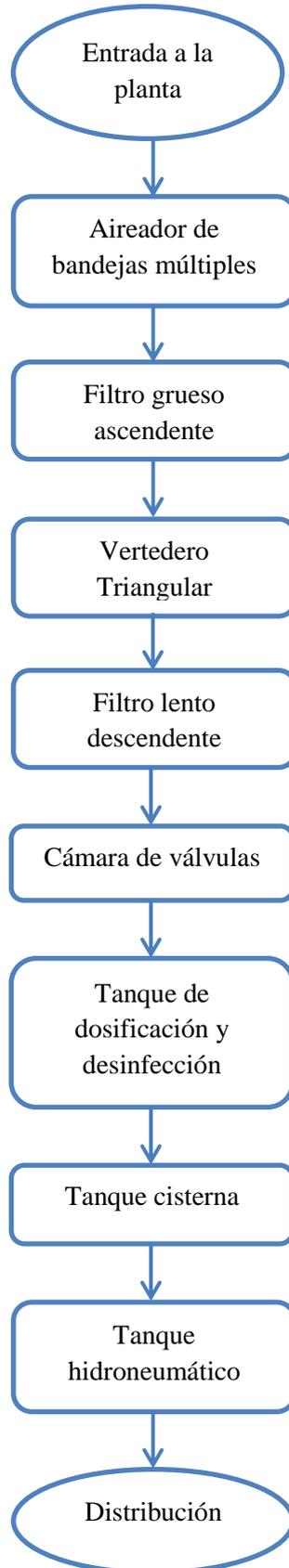
#### **3.3.4. Filtro Lento Descendente**

El filtro lento descendente se encuentra fuera de funcionamiento, verificando con medidas reales, geoméricamente se encuentra cumpliendo con las mediciones de los planos, excepto el medio usado como lecho filtrante, debido a que en planos este se encuentra compuesto de arena y grava, que ocupa una longitud de 0.80 en total, pero de forma insitu el lecho filtrante es arena que se encuentra ya deteriorada por el tiempo que ha sido abandonada y es una sola masa que no llega a cumplir la longitud de los planos, habiendo cumplido ya su tiempo de vida útil, alterando el proceso de potabilización en caso de ser llevado a cabo.

#### **3.3.5. Tanque de Dosificación**

De la caracterización visual y geométrica de la planta y de sus componentes, se obtuvo una visión más clara de los procesos que existe en la planta de tratamiento de potabilización. De la misma forma, determinamos las necesidades que se presenta en sistema actual, así como la necesidad de construir uno nuevo que posea la capacidad de tanto caudal.

**Gráfico 1-3.** Sistema de la Planta Actual de Tratamiento

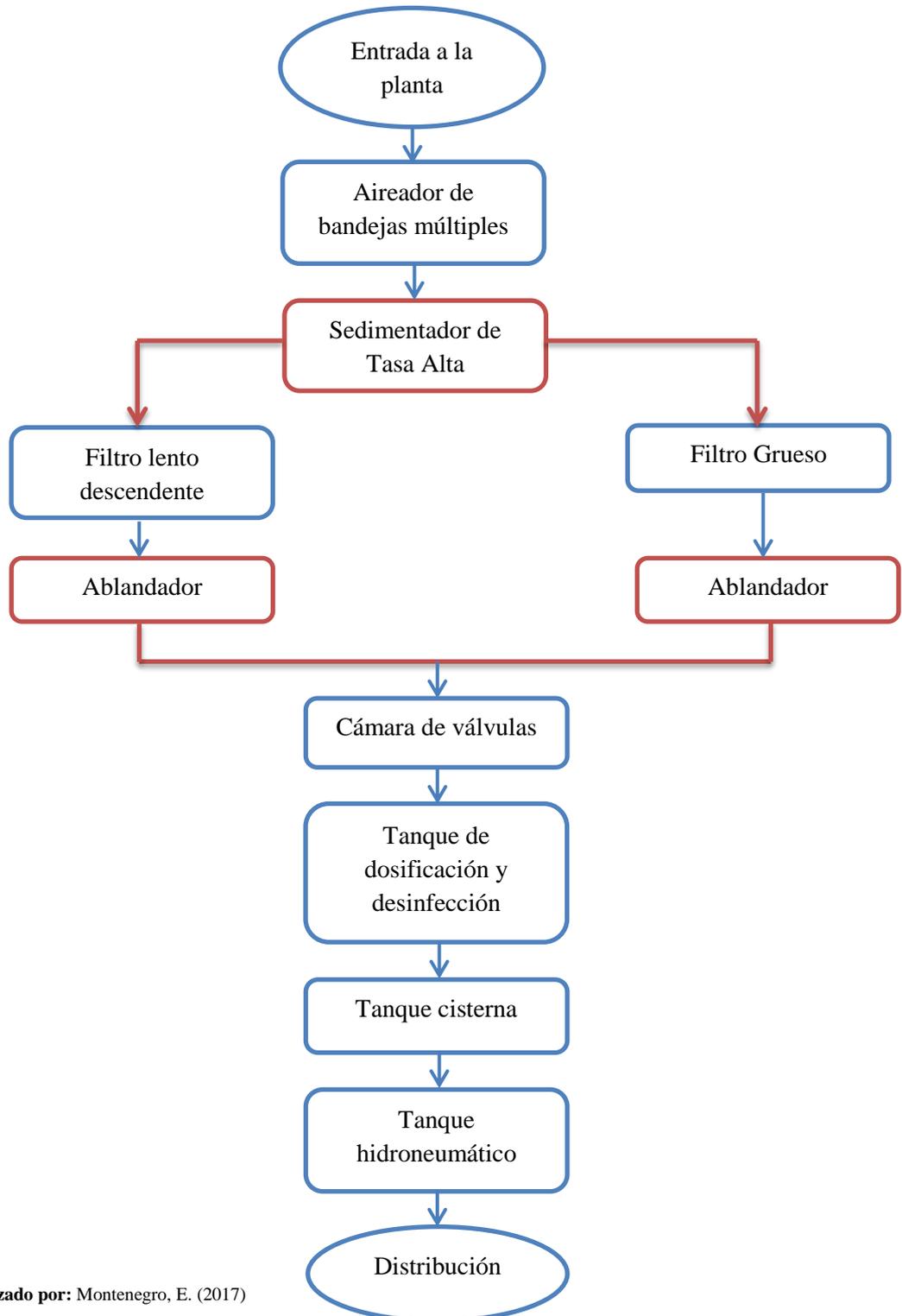


**Realizado por:** Montenegro, E. (2017)

Resumen del Re-dimensionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Terminal de Productos Limpios de la EP-PETROECUADOR, Riobamba.

En el Gráfico 2-3, se muestran los elementos actuales, así como los nuevos componentes a añadirse mostrando una distintiva de color.

**Gráfico 2-3.** Propuesta de Re-diseño del Actual Sistema de Tratamiento



Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### 3.4. Caracterización Físico-Química y Microbiológica del Agua Cruda

**Tabla 3-3.** Caracterización físico-química y bacteriológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 1.

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		04-jul	05-jul	06-jul	07-jul	08-jul
COLOR	UTC	10,00	1,00	15,00	20,00	10,00
TURBIEDAD	NTU	5,49	0,65	6,74	7,78	5,47
pH	.....	7,54	7,16	6,94	7,31	7,26
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	120,08	120,67	106,18	113,56	102,96
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	45,00	42,08	41,69	41,20	42,64
TEMPERATURA	° C	18,80	18,54	18,41	18,50	18,74
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3,20	2,68	3,05	4,89	2,96
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,005	0,007	0,009	0,006	0,008
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,65	0,59	0,62	0,90	0,78
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	4,00	1,00	2,00	5,00	3,00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/L	0,46	0,43	0,53	1,05	0,64
HIERRO TOTAL (Fe <sup>3+</sup> )	mg/L	0,45	0,39	0,48	0,64	0,52
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,43	0,57	0,51	0,41	0,57
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,010	0,009	0,007	0,007	0,009
COBRE (Cu)	mg/L	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	360,00	358,00	364,00	354,00	350,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,006	0,008	0,005	0,007	0,009
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	6,60	4,82	5,29	5,70	4,96
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,009	0,006	0,008	0,006	0,009
COBALTO (Co)	mg/L	0,005	0,008	0,006	0,003	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	0,23	0,27	0,39	0,37	0,29
BROMO (Br)	mg/L	0,03	0,06	0,04	0,01	0,06
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,65	0,42	0,37	0,40	0,49
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,009	0,006	0,007	0,008	0,006
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	20	52	57	64	80
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	4	12	24	8	26

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 4-3.** Caracterización físico-química y bacteriológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 2.

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		11-jul	12-jul	13-jul	14-jul	15-jul
COLOR	UTC	10,00	15,00	1,00	15,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	5,43	7,65	6,64	6,50	0,65
pH	.....	7,30	7,28	7,18	7,36	7,27
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	102,36	116,27	105,89	105,80	107,89
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	40,80	41,49	42,96	41,42	42,68
TEMPERATURA	° C	17,50	18,06	17,54	17,90	17,83
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	4,62	3,81	4,27	3,45	4,86
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,006	0,008	0,007	0,007	0,005
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,98	0,48	0,62	0,57	0,86
NITROGENO AMONICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	5,00	3,00	5,00	4,00	4,00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/L	0,98	0,74	0,85	0,78	0,80
HIERRO TOTAL (Fe <sup>3+</sup> )	mg/L	0,46	0,52	0,67	0,38	0,54
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,68	0,74	0,59	0,62	0,71
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,009	0,007	0,007	0,008	0,008
COBRE (Cu)	mg/L	0,06	0,04	0,07	0,08	0,08
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	350,00	348,00	354,00	346,00	358,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,009	0,008	0,009	0,009	0,007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	4,50	3,67	4,28	3,89	4,97
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,004	0,006	0,008	0,004	0,006
COBALTO (Co)	mg/L	0,006	0,008	0,006	0,009	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	0,31	0,28	0,37	0,34	0,29
BROMO (Br)	mg/L	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,70	0,64	0,68	0,73	0,59
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,007	0,007	0,009	0,008	0,009
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	26	22	26	24	16
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	12	10	6	18	8

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 5-3.** Caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda que ingresa a la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, Semana 3.

PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	29-jul
COLOR	UTC	10,00	15,00	1,00	20,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	5,51	6,70	6,80	7,80	0,37
pH	.....	6,79	7,08	7,24	7,17	7,42
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	88,30	92,67	98,20	100,57	108,59
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	42,80	38,42	41,24	39,68	40,38
TEMPERATURA	° C	17,40	18,24	17,97	18,16	18,09
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,00	1,18	0,98	1,12	0,87
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,004	0,006	0,008	0,005	0,005
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,81	0,54	0,79	0,52	0,54
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00
FLUORUROS (F <sup>-</sup> )	mg/L	0,36	0,38	0,42	0,39	0,40
HIERRO TOTAL (Fe <sup>3+</sup> )	mg/L	0,54	0,40	0,38	0,51	0,67
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,47	0,37	0,40	0,39	0,44
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,006	0,006	0,008	0,007	0,007
COBRE (Cu)	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	350,00	342,00	348,00	352,00	338,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,009	0,007	0,009	0,009	0,006
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0,36	0,42	0,58	0,54	0,48
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,004	0,007	0,008	0,008	0,006
COBALTO (Co)	mg/L	0,006	0,008	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	0,20	0,26	0,24	0,34	0,30
BROMO (Br)	mg/L	0,04	0,06	0,04	0,07	0,07
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,65	0,52	0,60	0,54	0,56
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,008	0,008	0,007	0,008	0,009
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	35	24	19	36	40
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	20	10	8	20	12

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### 3.4.1. Parámetros fuera de norma

Durante la caracterización físico-química y microbiológica del agua cruda, la cual fue muestreada durante 3 semanas consecutivas, se encontraron parámetros fuera de límites permisibles de acuerdo a la norma para diseño y construcción de plantas de tratamiento de agua potable NTE NORMA INEN 1108:2006, segunda revisión, agua y requisitos, estos son: Turbiedad, Nitritos, Fosfatos, Hierro Total, Manganeseo, Dureza Total, Coliformes Fecales y

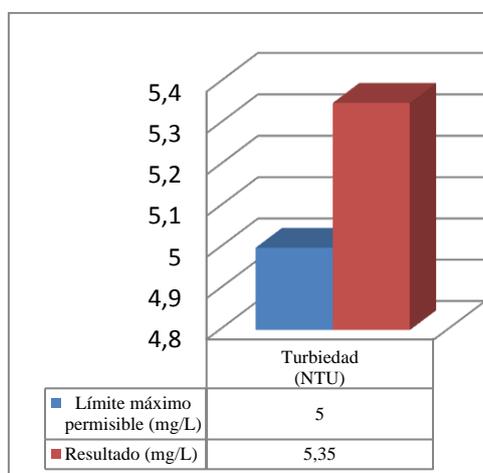
Coliformes Totales, mientras que los demás parámetros analizados se encuentran dentro de límites permisibles.

**Tabla 6-3.** Parámetros fuera de norma

PARÁMETROS		UNIDAD	SEMANAS MONITOREADAS			LÍMITE MÁXMO PERMISIBLE	PROMEDIO
			1ra. Semana	2da. Semana	3ra. Semana		
FÍSICOS	TURBIEDAD	NTU	5,23	5,37	5,44	5	5,35
QUÍMICOS	NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,007	0,007	0,006	0,0	0,01
	FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,71	0,70	0,64	0,1	0,68
	HIERRO TOTAL (Fe <sup>3+</sup> )	mg/L	0,50	0,51	0,50	0,30	0,50
	MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,498	0,668	0,414	0,10	0,53
	DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	357,20	351,20	346,00	300	351,47
MICROBIOLÓGICOS	COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	15	23	31	<2*	23,00
	COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	15	11	14	<2*	13,33

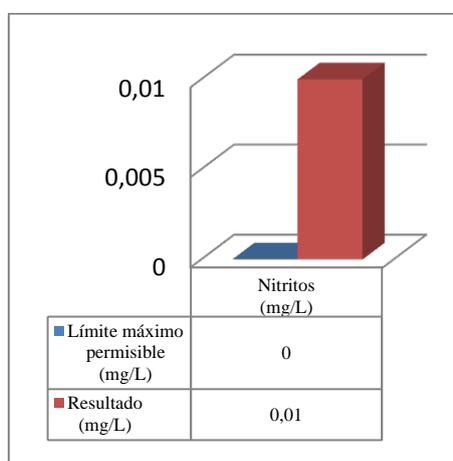
Realizado por: Montenegro, E. (2017)

A continuación se presentará gráficos de los Límites máximos permisibles vs resultado para una mejor comprensión:



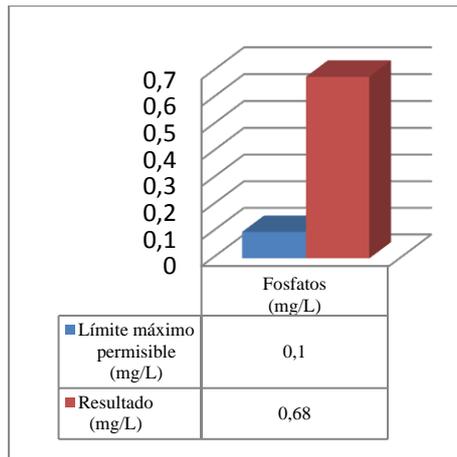
**Gráfico 3-3.** Límite máximo permisible de Turbiedad

En la figura 3-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro físico Turbiedad el cual es de 5 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 5,35 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



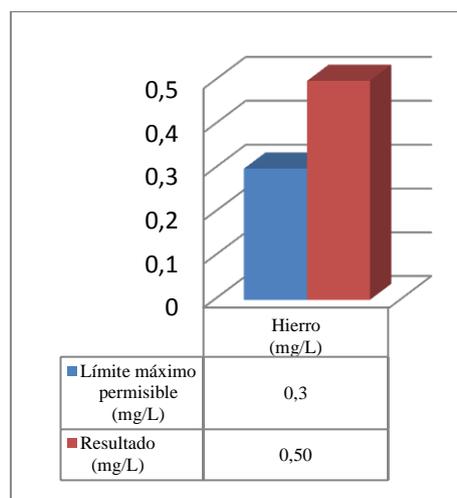
**Gráfico 4-3.** Límite máximo permisible de Nitritos

En la figura 4-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro químico Nitritos el cual es de 0 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 0,01 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



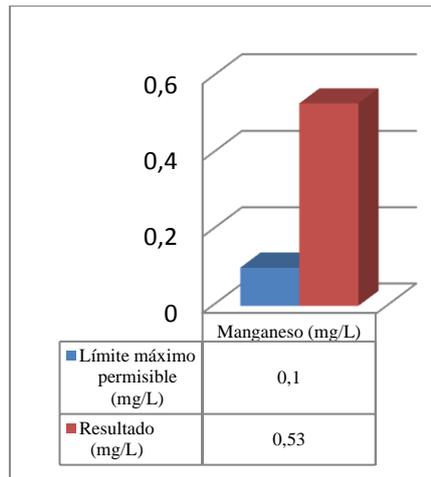
**Gráfico 5-3.** Límite máximo permisible de Fosfatos

En la figura 5-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro químico Fosfatos el cual es de 0,1 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 0,68 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



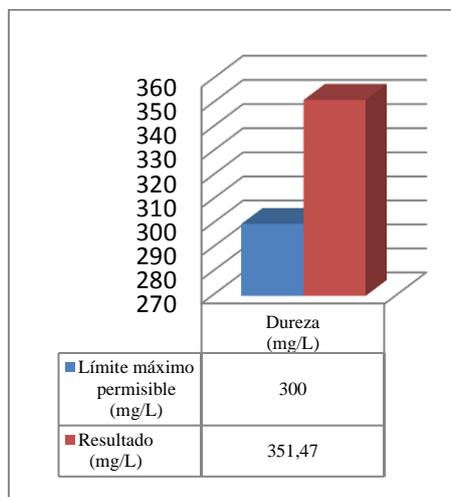
**Gráfico 6-3.** Límite máximo permisible de Hierro

En la figura 6-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro químico Hierro el cual es de 0,3 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 0,50 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



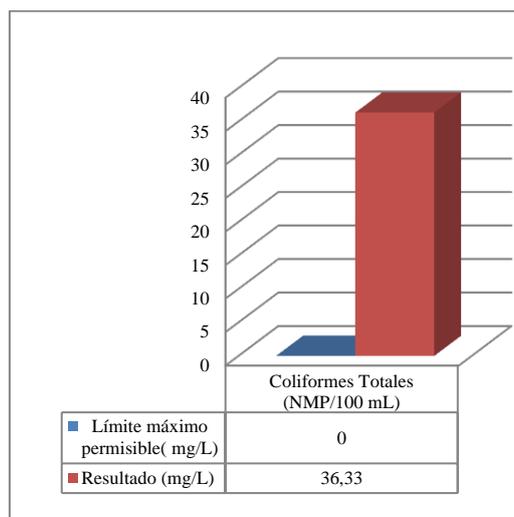
**Gráfico 7-3.** Límite máximo permisible de Manganeso

En la figura 7-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro químico Manganeso él cual es de 0,1 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 0,53 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



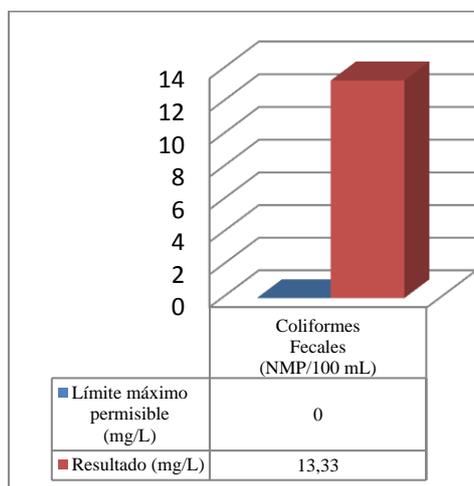
**Gráfico 8-3.** Límite máximo permisible de Dureza

En la figura 8-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro químico Dureza él cual es de 300 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 351,47 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.



**Gráfico 9-3.** Límite máximo permisible de Coliformes Totales

En figura 9-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro microbiológico Coliformes Totales él cual es de 0 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que es 36,33 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.

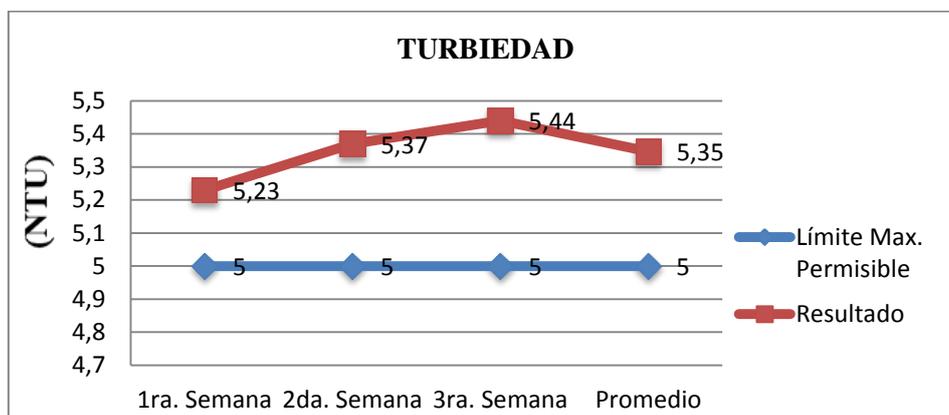


**Gráfico 10-3.** Límite máximo permisible de Coliformes Fecales

En la figura 10-3, se tiene el valor del límite máximo permisible según con la norma INEN 1108, donde se analiza el parámetro microbiológico Coliformes Fecales él cual es de 0 mg/L, comparado con el resultado obtenido en la caracterización físico-química y bacteriológica que

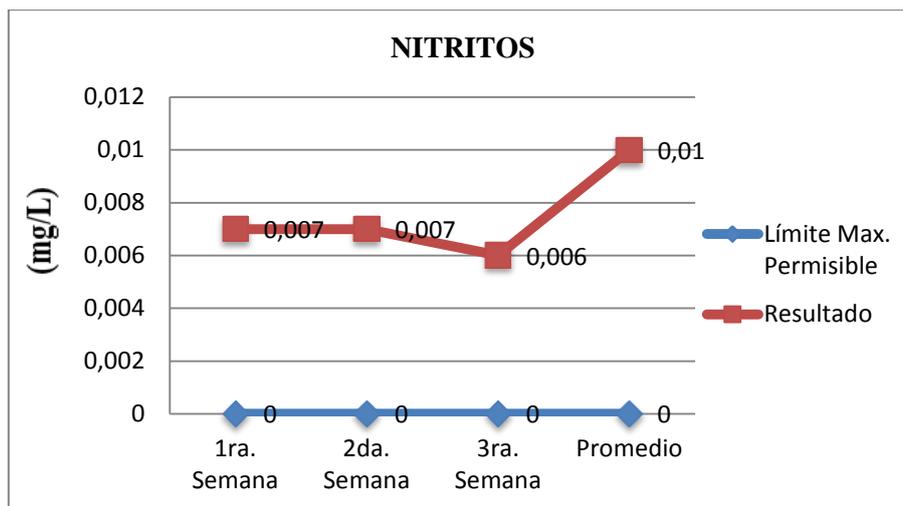
es 13,53 mg/L, mediante el cual se puede observar que el valor obtenido se encuentra por encima del máximo límite.

Se tiene los resultados de medición promedio de cada semana, obteniendo un promedio del período de medición.



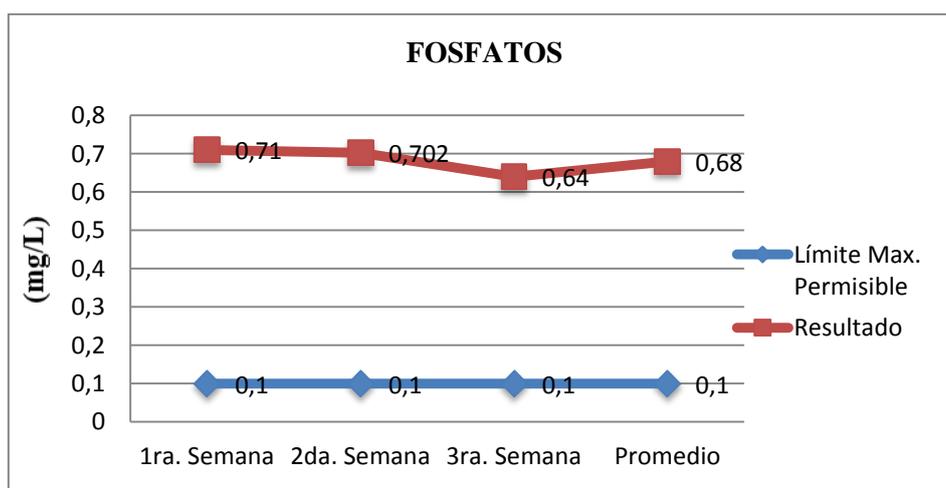
**Gráfico 11-3.** Límite máximo permisible de turbidez, segunda revisión.

En la figura 11-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros físicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera arroja un valor de 5,23 NTU, en la segunda semana aumenta con un valor de 5,37 NTU y en la tercera semana aumenta proporcionando un valor de 5,44 NTU; dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio 5,35 NTU; lo que indica que este parámetro es afectado por diferentes contaminantes presentes en el agua, que varían con las condiciones y tiempo de muestreo, lo que produce que la estética del agua sea afectada y el límite permisible se encuentre fuera de norma que para turbiedad es 5,00 NTU.



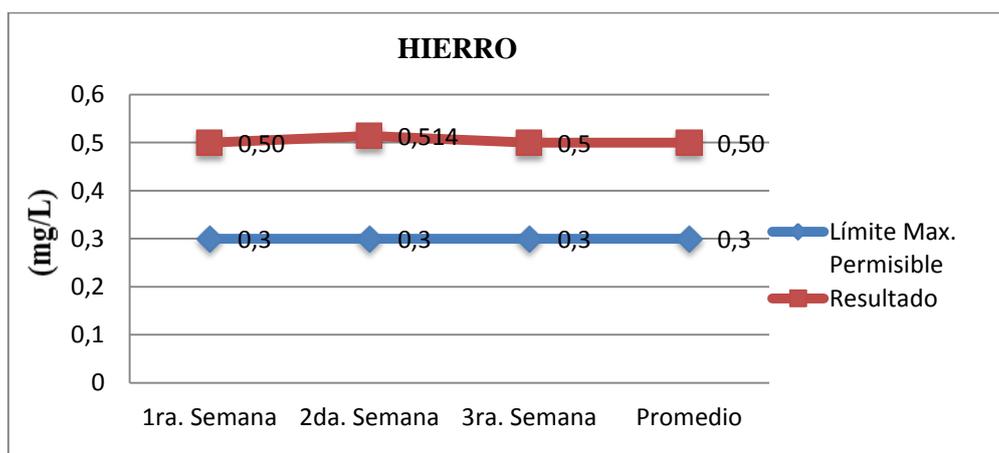
**Gráfico 12-3.** Límite máximo permisible de nitritos, segunda revisión.

En la figura 12-3, se muestra el resultado de las variaciones de las mediciones de los parámetros químicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera arroja un valor de 0,007 mg/L; manteniendo el mismo valor en la segunda semana y en la tercera semana se reduce obteniendo un valor de 0,006 mg/L; dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio de 0,01 mg/L; indicando que este parámetro se encuentra fuera de norma, ya que el límite permisible es de 0,0 mg/L; mostrando además que el agua es afectada por contaminantes de origen fecal, restos de fertilizantes y materia orgánica que pueden ser infiltrados durante su desplazamiento hasta el punto de captación, que varían con las condiciones y tiempo.



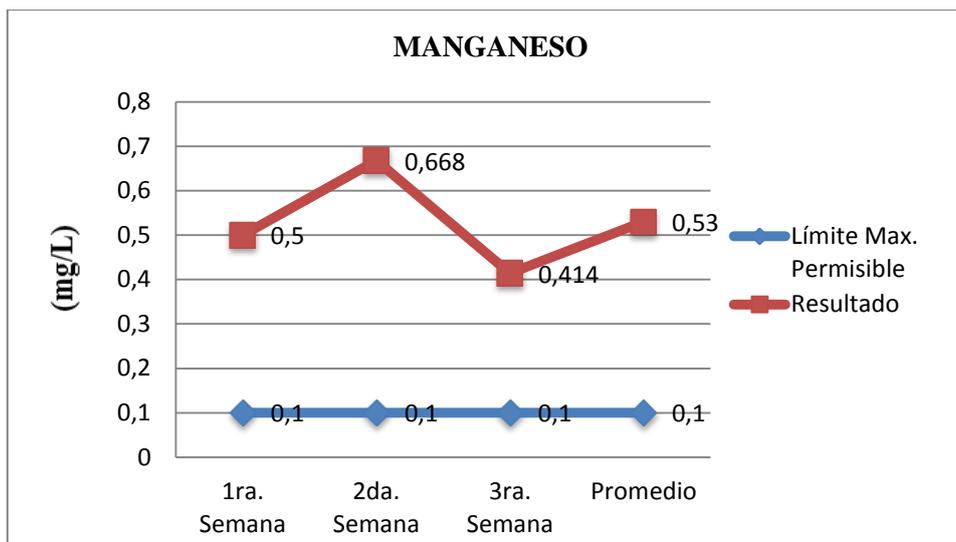
**Gráfico 13-3.** Límite máximo permisible de fosfatos, segunda revisión.

En la figura 13-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros químicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera semana se obtiene un valor de 0,71 mg/L; la segunda semana se reduce dando un valor de 0,70 mg/L y en la tercera semana un valor de 0,64 mg/L; siendo el límite máximo permisible de 0,1 mg/L; obteniendo como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio de 0,68 mg/L; lo que indica que este parámetro se encuentra fuera de norma, y que varían de acuerdo a las condiciones y tiempo que se realizó el muestreo.



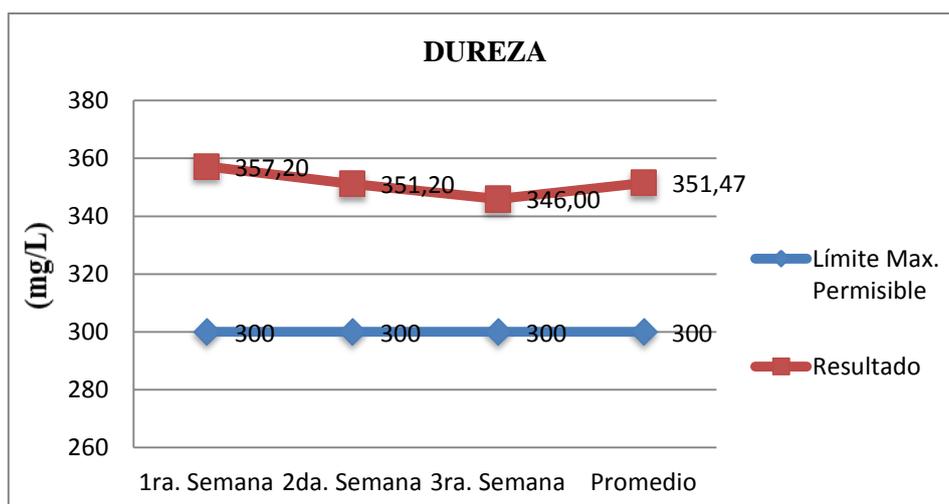
**Gráfico 14-3.** Límite máximo permisible de Hierro, segunda revisión.

En la figura 14-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros químicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera da un valor de 0,50 mg/L, en la segunda semana aumenta con un valor de 0,51 mg/L y en la tercera semana dando un valor de 0,50 mg/L, dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio de 0,50 mg/L, indicando que su alteración se debe a su origen, ya que la captación se realiza de fuentes superficiales, de esta forma supera el límite máximo permisible que es de 0,3 mg/L.



**Gráfico 15-3.** Límite máximo permisible de manganeso, segunda revisión.

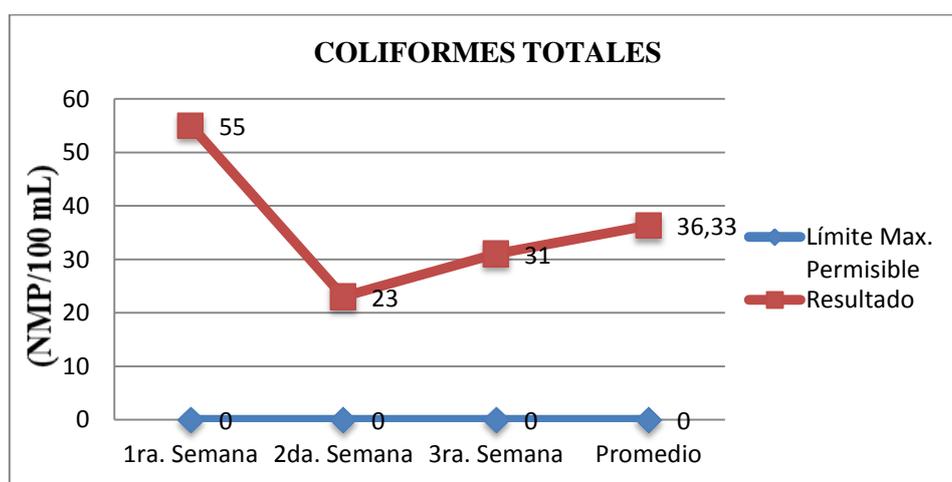
En la figura 15-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros químicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera da un valor de 0,5 mg/L; en la segunda semana incrementa su concentración con un valor de 0,66 mg/L y en la tercera semana reduce su concentración con un valor de 0,41 mg/L; dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio de 0,53 mg/L; indicando que durante todo el tiempo de medición se supera el límite máximo permisible que es de 0,1 mg/L. Se debe considerar que cuando existe una concentración elevada de hierro habrá también presencia de manganeso ya que su origen radica de la misma forma y para lo cual se utilizara el mismo método para su remoción.



**Gráfico 16-3.** Límite máximo permisible de dureza, segunda revisión.

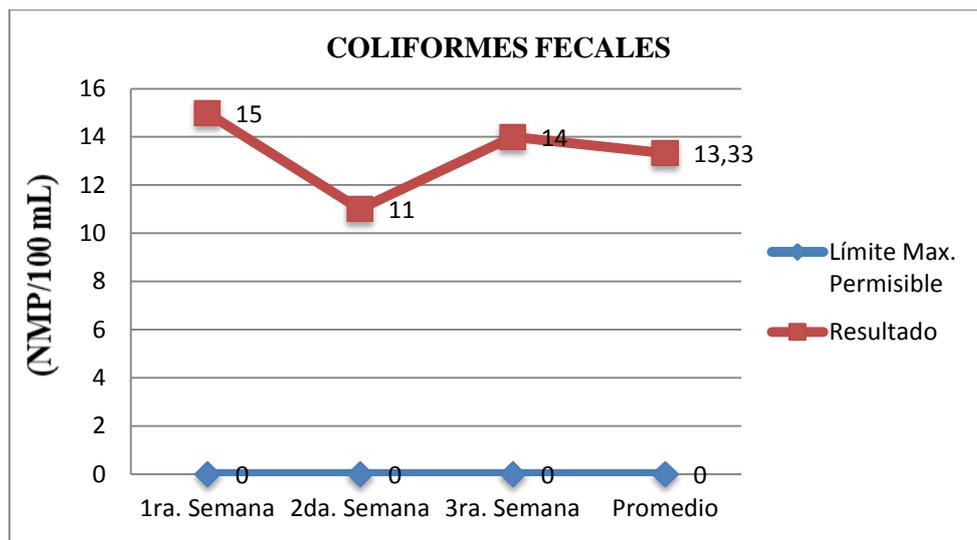
En la figura 16-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros químicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera da un valor de 357,20

mg/L, en la segunda semana se reduce con una concentración de 351,20 mg/L y en la tercera semana de igual forma su concentración disminuye con una concentración de 346,00 mg/L, dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio de 351,47 mg/L; indicando que el origen de su elevada concentración en nuestra agua es debido al tipo de agua que tenemos, ya que las condiciones geológicas y arrastre de minerales de calcio y magnesio que presenta durante su captación ha traído elevados valores en comparación a su límite permisible que es de 300 mg/L.



**Gráfico 17-3.** Límite máximo permisible de coliformes totales, segunda revisión.

En la figura 17-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros microbiológicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera semana da un valor de 55 NMP/100 mL, en la segunda semana su concentración disminuye con un valor de 23 NMP/100 mL y en la tercera semana su concentración incrementa con un valor de 31 NMP/100 mL, dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio 36,33 NMP/100 mL, indicando que el nivel de contaminación por estos microorganismos es elevada con la posibilidad de que su origen sea de forma natural, ya que estos están presentes en la naturaleza y pueden estar en continuo contacto con el agua o ser infiltrados al momento de la captación, sobrepasando el límite permisible que es menor a  $< 2$ .



**Gráfico 18-3.** Límite máximo permisible de coliformes fecales, segunda revisión.

En la figura 18-3, se muestra el resultado de la variaciones de las mediciones de los parámetros microbiológicos de la muestra tomada durante las tres semanas, donde la primera semana da un valor de 15 NMP/100 mL, en la segunda semana su concentración disminuye con un valor de 11 NMP/100 mL y en la tercera semana su concentración incrementa con un valor de 14 NMP/100 mL, dando como resultado de los 15 días de monitoreo un promedio 13,33 NMP/100 mL, mostrando que el origen de esta contaminación únicamente está relacionado con el contacto directo del agua con las heces que están en el intestino de los animales y seres humanos, superando el límite permisible que es  $< 2$ , cabe indicar que una vez existe contaminación producida por coliformes totales existirá la presencia de coliformes fecales.

### 3.5. Pruebas de tratabilidad para el agua cruda

Para las pruebas de tratabilidad realizadas a las muestras de agua cruda, se fueron usando diferentes concentraciones de los polímeros y auxiliares de la coagulación, siendo los químicos el Policloruro de Aluminio (PAC) y CHEMFLOC, los cuales arrojan los resultados representados en la siguiente tabla:

**Tabla 7-3. Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC**

<b>TURBIEDAD 5.23 NTU. (pHo=7.24. pHf=7.05). rpm=200. tiempo de agitación= 5 min</b>							
<b>Conc Auxiliar</b>	<b>Conc PAC</b>	<b>Dosis PAC (mL)</b>	<b>Dosis Aux (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,80	0,001	5,00	2,50	1,73	2,42	1,15	78,00
0,80	0,001	10,00	5,00	1,09	1,63	0,54	89,60
0,80	0,001	15,00	7,50	1,17	1,64	1,05	80,00
0,80	0,001	20,00	10,00	1,13	1,81	1,26	76,00
0,80	0,002	5,00	2,50	1,61	2,90	1,46	72,00
0,80	0,002	10,00	5,00	2,18	4,35	1,67	68,00
0,80	0,002	15,00	7,50	2,82	6,21	1,88	64,00
0,80	0,002	20,00	10,00	3,56	8,54	2,09	60,00
0,80	0,003	5,00	2,50	4,37	0,44	2,30	56,00
0,80	0,003	10,00	5,00	5,27	6,85	2,51	52,00
0,80	0,003	15,00	7,50	6,26	8,76	2,72	48,00
0,80	0,003	20,00	10,00	7,32	5,13	2,93	44,00
0,80	0,004	5,00	2,50	8,47	7,63	3,14	40,00
0,80	0,004	10,00	5,00	9,71	5,82	3,35	36,00
0,80	0,004	15,00	7,50	11,02	8,82	3,56	32,00
0,80	0,004	20,00	10,00	12,43	11,18	3,77	28,00

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

La muestra inicia con una turbiedad de 5,23 NTU, la cual al adicionarse diferentes químicos como PAC y CHEMFLOC; en diferentes concentraciones disminuyen, obteniendo porcentajes de remoción desde 28,00% - 89,60%, lo que indica que presenta una remoción de casi el 90,00% de turbidez, lo que quiere decir que hay una mejora considerable de la calidad del agua que ingresa a la planta reduciéndose hasta 0,54 NTU de turbiedad.

**Tabla 8-3.** Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC

<b>TURBIEDAD 5.37 NTU, (pHo=7.28, pHf=7.13), rpm=200, tiempo de agitación= 5 min</b>							
<b>Conc Auxiliar</b>	<b>Conc PAC</b>	<b>Dosis PAC (mL)</b>	<b>Dosis Aux (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,80	0,001	5,00	2,50	1,61	3,54	1,34	75,00
0,80	0,001	10,00	5,00	2,26	3,61	1,61	70,00
<b>0,80</b>	<b>0,001</b>	<b>15,00</b>	<b>7,50</b>	<b>1,35</b>	<b>2,71</b>	<b>0,39</b>	<b>92,80</b>
0,80	0,001	20,00	10,00	2,01	2,22	1,34	75,00
0,80	0,002	5,00	2,50	2,07	2,48	2,30	57,20
0,80	0,002	10,00	5,00	3,58	4,65	3,25	39,40
0,80	0,002	15,00	7,50	5,47	7,66	4,21	21,60
0,80	0,002	20,00	10,00	7,75	11,62	5,17	3,80
0,80	0,003	5,00	2,50	3,44	2,75	4,30	20,00
0,80	0,003	10,00	5,00	2,90	4,93	4,83	10,00
0,80	0,003	15,00	7,50	3,76	3,01	5,37	0,00
0,80	0,003	20,00	10,00	2,58	2,32	3,22	40,00
0,80	0,004	5,00	2,50	3,38	3,38	3,76	30,00
0,80	0,004	10,00	5,00	2,58	2,84	4,30	20,00
0,80	0,004	15,00	7,50	3,38	4,06	4,83	10,00
0,80	0,004	20,00	10,00	2,58	3,35	3,22	40,00

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

La muestra inicia con una turbiedad de 5,37 NTU, la cual al adicionarse diferentes químicos como PAC y CHEMFLOC; en diferentes concentraciones disminuyen, obteniendo porcentajes de remoción desde 3,80% - 92,80%, lo que indica que presenta una remoción de casi el 100,00% de turbidez, lo que quiere decir que hay una mejora considerable de la calidad del agua que ingresa a la planta reduciéndose hasta 0,39 NTU de turbiedad.

**Tabla 9-3.** Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC y CHEMFLOC

<b>TURBIEDAD 5.44 NTU, (pHo=7.14, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 5 min</b>							
<b>Conc Auxiliar</b>	<b>Conc PAC</b>	<b>Dosis PAC (mL)</b>	<b>Dosis Aux (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,80	0,001	5,00	2,50	2,01	3,62	1,44	73,60
0,80	0,001	10,00	5,00	2,35	4,47	1,47	73,00
0,80	0,001	15,00	7,50	2,70	5,41	1,50	72,40
<b>0,80</b>	<b>0,001</b>	<b>20,00</b>	<b>10,00</b>	<b>1,56</b>	<b>3,44</b>	<b>0,63</b>	<b>88,50</b>
0,80	0,002	5,00	2,50	1,52	3,66	1,09	80,00
0,80	0,002	10,00	5,00	2,48	6,45	1,55	71,50
0,80	0,002	15,00	7,50	3,62	3,99	2,01	63,00
0,80	0,002	20,00	10,00	4,95	5,94	2,48	54,50
0,80	0,003	5,00	2,50	6,46	8,40	2,94	46,00
0,80	0,003	10,00	5,00	8,16	11,42	3,40	37,50
0,80	0,003	15,00	7,50	4,63	6,95	3,86	29,00
0,80	0,003	20,00	10,00	5,62	9,00	4,32	20,50
0,80	0,004	5,00	2,50	6,70	8,04	4,79	12,00
0,80	0,004	10,00	5,00	7,34	9,55	4,90	10,00
0,80	0,004	15,00	7,50	6,09	8,53	3,81	30,00
0,80	0,004	20,00	10,00	4,90	7,34	3,26	40,00

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Tratamiento de Agua Potable "CHAQUISHCA"

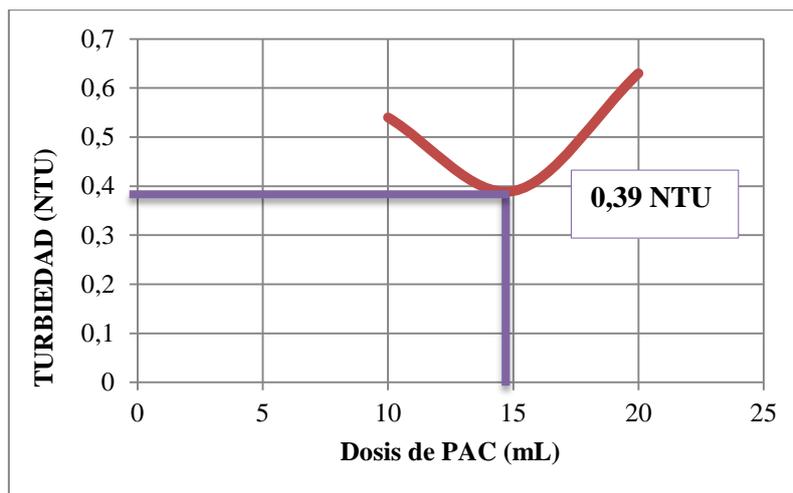
La muestra inicia con una turbiedad de 5,44 NTU, la cual al adicionarse diferentes químicos como PAC y CHEMFLOC; en diferentes concentraciones disminuyen, obteniendo porcentajes de remoción desde 10,00% - 88,50%, lo que indica que presenta una remoción de casi el 90,00% de turbidez, lo que quiere decir que hay una mejora considerable de la calidad del agua que ingresa a la planta reduciéndose hasta 0,63 NTU de turbiedad.

### 3.5.1. Dosis Óptima de PAC

**Tabla 10-3.** Resultados de la prueba de tratabilidad con PAC

<b># DE ENSAYO</b>	<b>TURBIEDAD INICIAL (NTU)</b>	<b>DOSIFICACIÓN PAC (mL)</b>	<b>TURBIEDAD FINAL (NTU)</b>
1	5,23	10	0,54
2	5,37	15	0,39
3	5,44	20	0,63

Realizado por: Montenegro, E. (2017)



**Gráfico 19-3.** Dosis Óptima del PAC

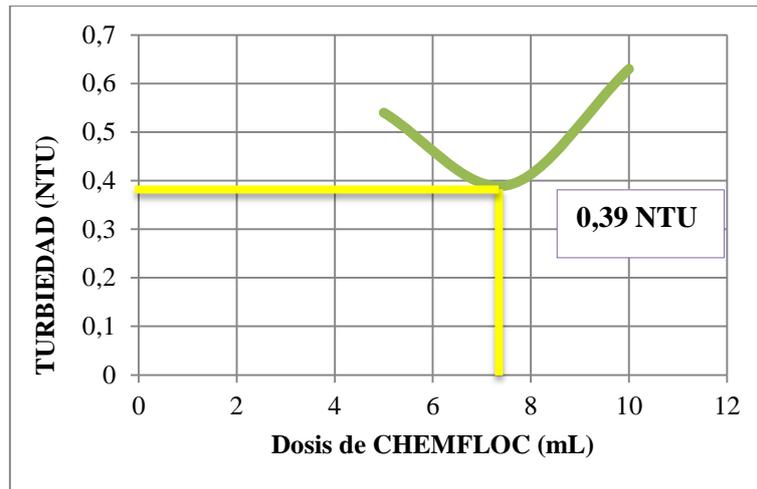
En la figura 19-3, se puede observar en el gráfico los valores de dosis óptima de los tres ensayos realizados en la dosificación con Policloruro de Aluminio en función de la Turbiedad final adquirida, luego de adicionar el químico anteriormente mencionado, se obtiene como resultado en el primer ensayo que con una dosis de 10 mL da una turbiedad de 0,54 NTU dando una concentración de 10 ppm; en el segundo ensayo se tiene una dosis de 15 mL que da una turbiedad de 0,39 NTU, dando con una concentración de 15 ppm y en el tercer ensayo se tiene una dosis de 20 mL que da una turbiedad de 0,63 NTU, dando una concentración de 20 ppm; lo que indica que con turbiedades bajas se requiere mayor cantidad de coagulante demostrando así que la dosis óptima de PAC es la que menor turbiedad produce, en este caso la dosis óptima es de 15 ppm con la turbiedad de 0,39 NTU, siendo la más baja después del tratamiento. Dando valores que se encuentran dentro de norma.

### 3.5.2. Dosis Óptima de CHEMFLOC

**Tabla 11-3.** Resultados de la prueba de tratabilidad con CHEMFLOC

# DE ENSAYO	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	DOSIFICACIÓN CHEMFLOC (mL)	TURBIEDAD FINAL (NTU)
1	5,23	5,0	0,54
2	5,37	7,5	0,39
3	5,44	10,0	0,63

Realizado por: Montenegro, E. (2017)



**Gráfico 20-3.** Dosis Óptima de CHEMFLOC

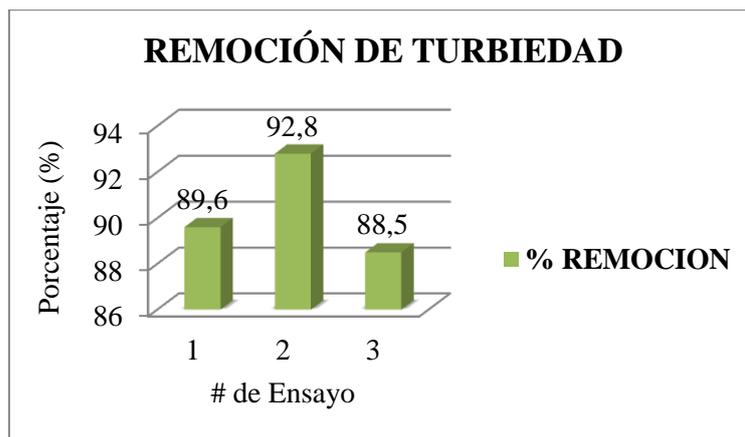
En la figura 20-3, al graficar se observa los valores de los tres ensayos realizados de la dosificación con el auxiliar CHEMFLOC en función de la Turbiedad final adquirida, luego de adicionar el químico correspondiente, en el primer ensayo da como resultado con una dosis de 5 mL la turbiedad es de 0,54 NTU dando una concentración de 4 ppm, en el segundo ensayo con una dosis de 7,5 mL da una turbiedad de 0,39 NTU, dando una concentración de 6 ppm y en el tercer ensayo con una dosis de 10 mL da una turbiedad de 0,63 NTU, dando una concentración de 8 ppm; indicando que la dosis óptima de CHEMFLOC es la que menor turbiedad produce, en este caso la dosis óptima es de 6 ppm con la turbiedad de 0,39 NTU, siendo la más baja después del tratamiento. Dando valores que se encuentran dentro de norma.

### 3.5.3. Porcentajes de Remoción con PAC

**Tabla 12-3** Remoción de Turbiedad

# DE ENSAYO	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	% REMOCIÓN
1	5,23	0,54	89,6
2	5,37	0,39	92,8
3	5,44	0,63	88,5

Realizado por: Montenegro, E. (2017)



**Gráfico 21-3.** Porcentaje de Remoción de Turbiedad

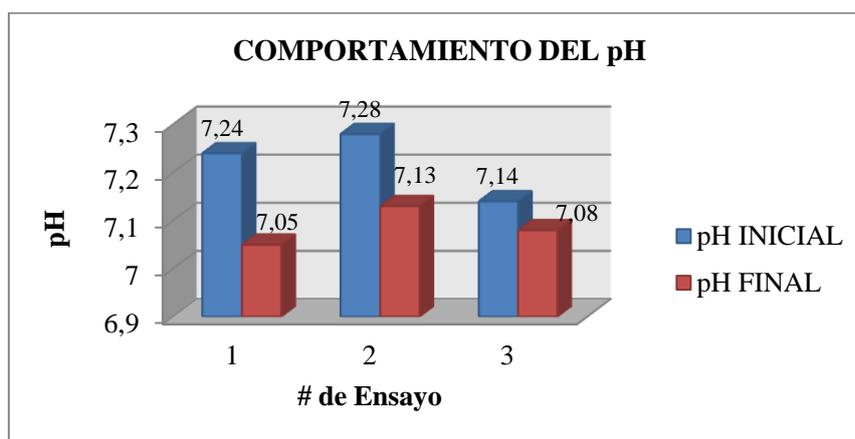
En la figura 21-3, se puede observar el porcentaje de remoción de turbiedad de los ensayos realizados, los mismos que se encuentran sobre el 80,00%, demostrando así que el tratamiento con PAC y con CHEMFLOC son muy efectivos y que la dosis de coagulante obtenidas son las adecuadas, la remoción más eficaz de turbiedad se logra con el ensayo de jarras número dos, el que da un 92,80% de remoción, produciendo la turbiedad más baja, y con ello obteniéndose muestras aptas para consumo humano.

#### 3.5.4. *COMPORTAMIENTO DEL pH CON EL PAC*

**Tabla 13-3.** Comportamiento del pH

# DE ENSAYO	pH INICIAL	pH FINAL
1	7,24	7,05
2	7,28	7,13
3	7,14	7,08

Realizado por: Montenegro, E. (2017)



**Gráfico 22-3.** Comportamiento del pH

En la figura 22-3, se observa la variación de pH al inicio y al final del tratamiento con el químico utilizado, logrando que en cada uno de los ensayos el pH disminuya debido a que la adición de PAC, produce la disminución del mismo.

- **Rendimiento de las pruebas de tratabilidad**

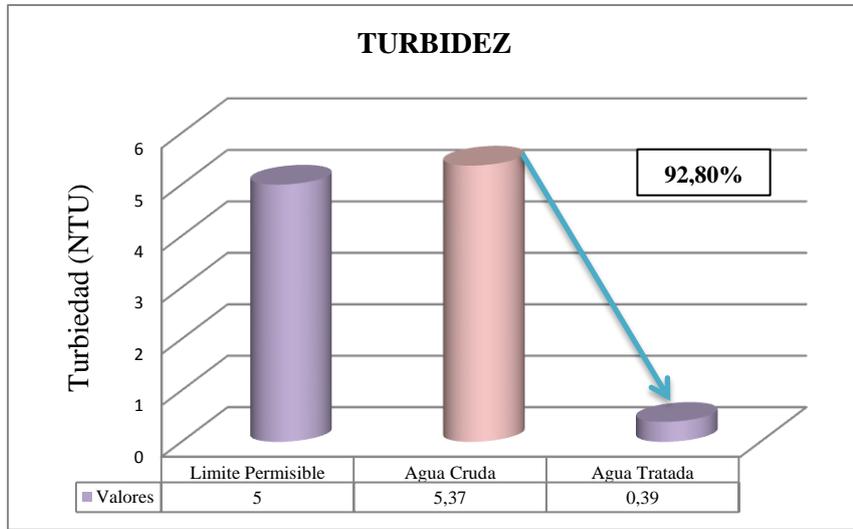
Una vez realizadas las pruebas de tratabilidad con los diferentes polímeros, se realizó el análisis del agua cruda antes y después de adicionar PAC Y CHEMFLOC, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 14-3.** Validación de los resultados obtenidos después de las pruebas de jarras del rediseño de la planta.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límites Permisibles NTE INEN 1108:2006</b>	<b>Límites Permisibles NTE INEN 1108:2014</b>	<b>Caracterización antes del tratamiento</b>	<b>Caracterización después del tratamiento</b>	<b>REMOCIÓN</b>	<b>RENDIMIENTO TOTAL (%)</b>
TURBIEDAD	NTU	5,00	5,00	5,37	0,39	4,98	92,80
NITRITOS	mg/L	0,00	3,00	0,007	0,00	0,007	100,00
FOSFATOS	mg/L	0,10	-	0,71	0,15	0,56	78,87
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0,30	-	0,50	0,08	0,42	84,00
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,10	-	0,498	0,009	0,489	98,19
DUREZA TOTAL	mg/L	300,00	-	357,2	42,00	315,2	88,24
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	< 2*	< 1**	55	< 1**	-	98,18
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 2*	-	15	< 1**	-	93,33

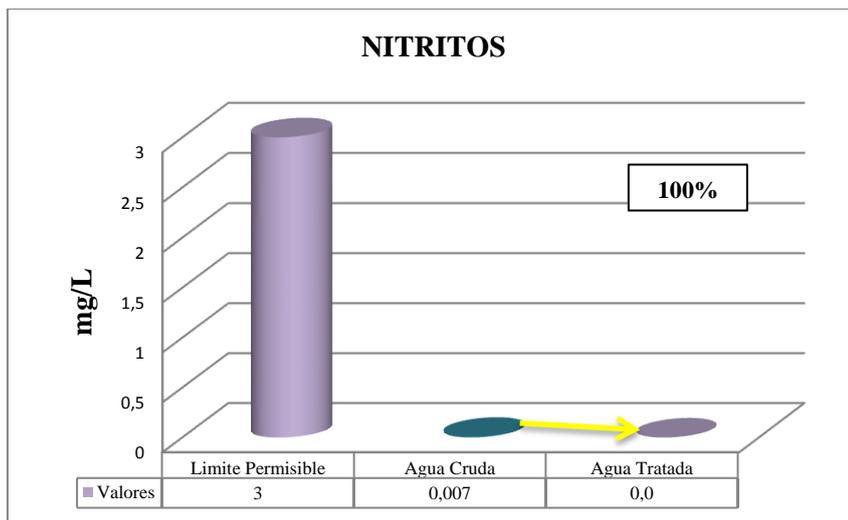
Realizado por: Montenegro, E. (2017)

Se muestra gráficamente cada resultado, considerados en relación a la norma INEN 1108:2006, encontrándose dentro del límite permisible:



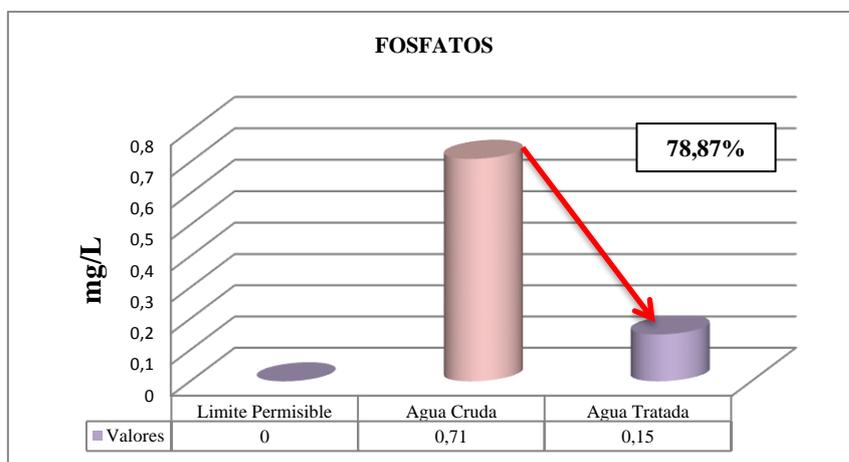
**Gráfico 23-3.** Reducción de la turbidez

La figura 23-3, muestra la concentración de la turbiedad antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 5,37 NTU; y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 0,39 NTU; cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de turbiedad, es del 92,80%.



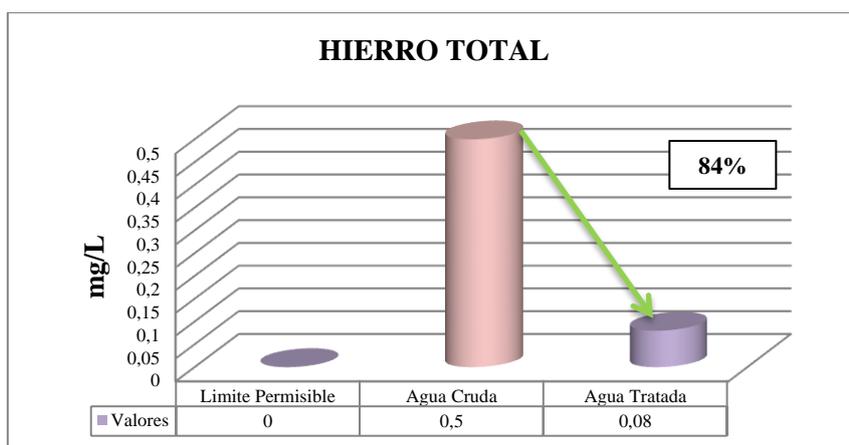
**Gráfico 24-3.** Reducción de nitritos

En la figura 24-3, se muestra la concentración de Nitritos antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 0,007 mg/L; y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 0,0 mg/L cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de Nitriros, es del 100,00%.



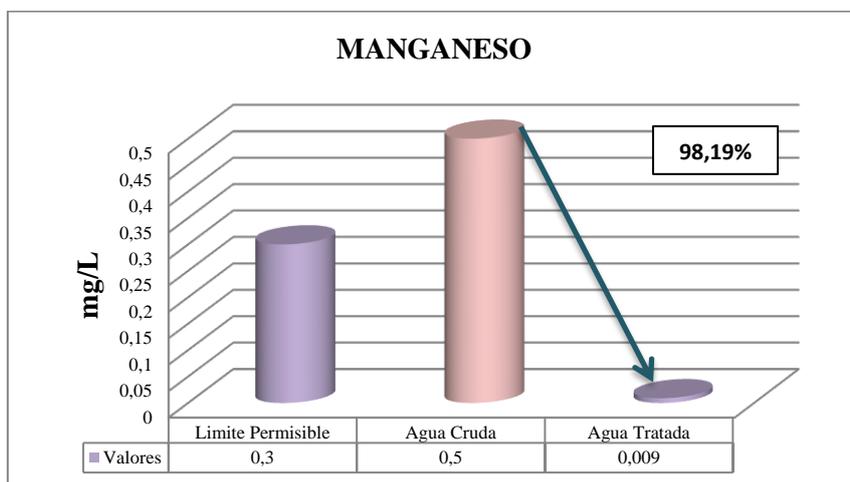
**Gráfico 25-3.** Reducción de fosfatos

En la figura 25-3, se muestra la concentración de Fosfato antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 0,71 mg/L, y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 0,15 mg/L, cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de fosfatos, es del 78,87%.



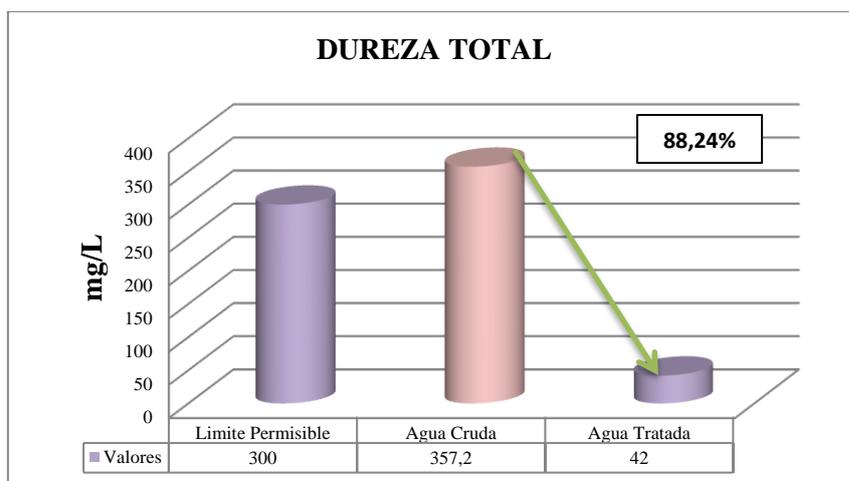
**Gráfico 26-3.** Reducción del hierro total

En la figura 26-3, se muestra la concentración de Hierro Total antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 0,5 mg/L; y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 0,08 mg/L; cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de hierro total, es del 84,00%.



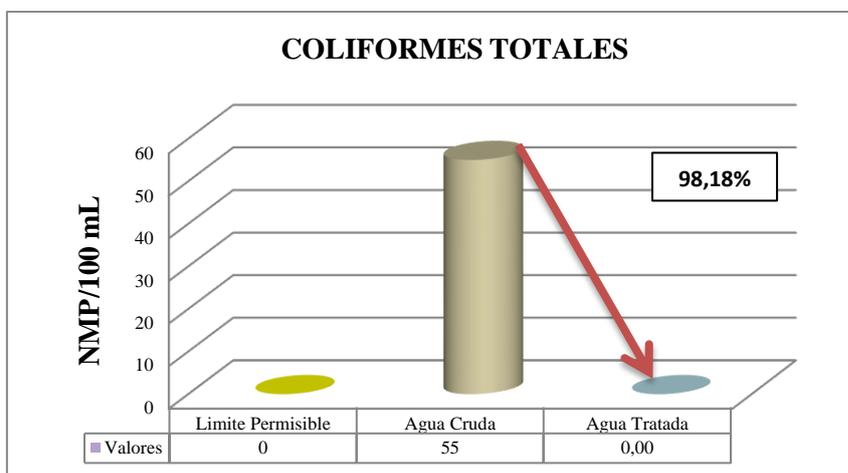
**Gráfico 27-3.** Reducción del manganeso

En la figura 27-3, se muestra la concentración de manganeso antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 0,5 mg/L; y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 0,009 mg/L; cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de manganeso, es del 98,19%.



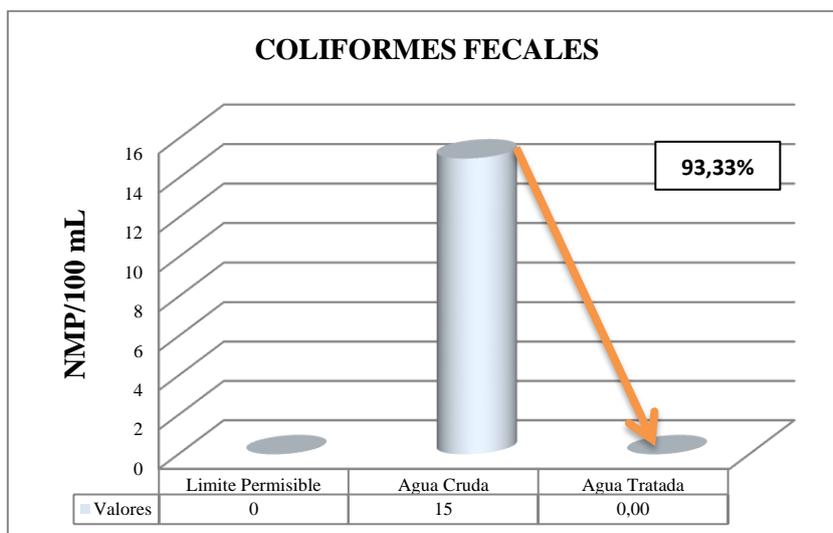
**Gráfico 28-3.** Reducción de dureza total

En la figura 28-3, se muestra la concentración de la Dureza antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 357,20 mg/L; y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a 42,00 mg/L; cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de manganeso, es del 88,24%.



**Gráfico 29-3.** Reducción de coliformes totales

En la figura 29-3, se muestra la concentración de Coliformes totales antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 55 NMP/100 mL, y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a <1\*\* NMP/100 mL, cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de fosfatos, es del 98,18%.



**Gráfico 30-3.** Reducción de coliformes fecales

En la figura 30-3, se muestra la concentración de Coliformes fecales antes del tratamiento, que se ubica por encima del límite permisible con un valor de 15 NMP/100 mL, y después del tratamiento con PAC, Chemfloc e Hipoclorito de Calcio, se reduce a <1\*\* NMP/100 mL, cumpliendo con la normativa. El porcentaje de rendimiento total para la remoción de fosfatos, es del 93,33%.

### 3.6. Resultados del Dimensionamiento de los Procesos de Potabilización

**Tabla 15-3.** Resultados de la Torre de Aireación

PARÁMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área Total	At	7	m <sup>2</sup>
Altura total de la torre	H <sub>torre</sub>	2,5	M
Área de bandejas	Ai	1	m <sup>2</sup>
Número de unidades de aireación	N <sub>b</sub>	7	Unidades
Separación entre bandejas	Sb	0,30	M
Espesor de cada bandeja	e <sub>b</sub>	0,15	M
Número de torres	N <sub>torres</sub>	1	Torres
Tiempo de exposición	Te	1,9	S
Área de cada orificio	A <sub>orificio</sub>	1,96X10 <sup>-5</sup>	m <sup>2</sup>
Caudal sobre cada bandeja	Q <sub>bandejas</sub>	0,033	L/s
Número de perforaciones	Np	84	Orificios

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 16-3.** Resultados de la determinación del agente coagulante

PAC (ppm)	Dosificación por goteo (L/min)
15	5,04
CHEMFLOC (ppm)	Dosificación por goteo (L/min)
6	1
HTH (ppm)	Dosificación por goteo (mL/min)
1	3,5

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 17-3.** Resultados Sedimentador de Alta Tasa (placas)

PARAMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área superficial de sedimentación	As	15	m <sup>2</sup>
Carga superficial del sedimentador	Cs	16,13	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d
Velocidad del sedimentador	Vso	2,2 × 10 <sup>-4</sup>	m/s
Ancho del sedimentador	Bs	3	m
Longitud de sedimentación	Ls	5	m

Longitud relativa del sedimentador	L <sub>r</sub>	24	m
Número de Reynolds	Re	10	adimensional
Tiempo de retención en el tanque de sedimentación	tr <sub>s</sub>	22714,3	s
Número de placas por modulo	N <sub>p</sub>	73	-
Ángulo de inclinación de las placas	θ	60	°
Separación entre placas	S <sub>p</sub>	0,05	m
Espesor de las placas	ε <sub>p</sub>	0,01	m
Altura de placas	H <sub>p</sub>	1,20	m
Altura del agua sobre las placas	H <sub>s<sub>p</sub></sub>	1,5	m
Altura por debajo de las placas	H <sub>d<sub>p</sub></sub>	1,6	m
Tiempo de retención en las placas	tr <sub>p</sub>	5454,54	s

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

**Tabla 18-3.** Resultados de ablandadores

PARAMETROS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Profundidad del medio filtrante (resina catiónica)	P <sub>rc</sub>	0,3 mm=1,00 1,4 mm=0,30	m
Área de filtración	A <sub>f</sub>	7	m <sup>2</sup>
Número de módulos de filtración	n <sub>f</sub>	2	Unidades
Área de cada unidad	A <sub>if</sub>	3,5	m <sup>2</sup>
DIMENSIONES DEL FILTRO			
Longitud de la unidad	a <sub>fu</sub>	2,65	m
Ancho de la unidad	b <sub>fu</sub>	2,30	m
Longitud total de Pared	L <sub>tp</sub>	17	m
Longitud total mínima de pared	L <sub>mp</sub>	16	m
Diámetro de la tubería de entrada al filtro	D <sub>t</sub>	0,042	m
SISTEMA DE DRENAJE			
Diámetro de los orificios laterales	D <sub>o</sub>	0,0065	m
Área de Cada Orificio	A <sub>of</sub>	3,32 X 10 <sup>-5</sup>	m <sup>2</sup>
Caudal que Ingresa a Cada Orificio	Q <sub>o</sub>	9,96 X 10 <sup>-5</sup>	m <sup>3</sup> /s
Numero de Laterales	n <sub>L</sub>	34	Unidades
Separación Entre Orificios	S <sub>o</sub>	75	-
Número Total de Orificios	n <sub>o</sub>	2550	-
Área Total de Orificios	A <sub>to</sub>	0,08	m <sup>2</sup>
Diámetro de la tubería a la salida del filtro	D <sub>Ts</sub>	0,10	m

Realizado por: Montenegro, E. (2017)

### **3.7. Elaboración de Planos**

Los planos para cada sistema de tratamiento de la planta de agua potable, se encuentra en el Anexo 10.

### **3.8. Valoración e Identificación de Impactos Ambientales**

Por medio de la matriz de evaluación de Leopold, descrita en la tabla 6-3 se logró identificar 34 afectaciones positivas, 105 afectaciones negativas, para identificar los impactos ambientales que se generan durante la readecuación de la planta. El valor de la agregación de impactos dio un resultado de 248, que según la tabla 4-2, da como resultado un impacto positivo muy alto.

Al calcular el nivel de significancia, usando la **Ecuación 1-2** se obtiene un valor de 1,32. De acuerdo con la tabla 5-2, resulta ser bajo al encontrarse de 0 a 2,5.

Los impactos positivos altos más notorios se dan por la generación de empleo y el bienestar de la población, a medida que se ejecute la construcción del sistema de tratamiento contribuirá con el crecimiento y mejoramiento poblacional, al incrementar la posibilidad de brindar nuevas y mejores plazas laborales e incentivar el mejoramiento continuo de la comunidad y la empresa. Debido al aumento de plazas de empleo durante la etapa de construcción, operación y mantenimiento.

El impacto negativo más relevante se da por la contaminación del aire, generada en su mayoría en la etapa de construcción, causada por el traslado de material de construcción y material resultante de la limpieza del área a ser trabajada. Considerando la etapa de construcción corta e indicando que los cambios y molestias ocasionadas en la misma, serán controlados y reducidos posteriormente, tomando las medidas necesarias para las mismas.



## CONCLUSIONES

- Los resultados de la caracterización físico-químico y bacteriológica del agua que ingresa a las instalaciones de la Terminal de Productos Limpios, Riobamba se dieron las siguientes concentraciones: en Turbiedad 5,37 NTU; Nitritos 0,007 mg/L; Fosfatos 0,71 mg/L; Hierro Total 0,50 mg/L; Manganeseo 0,498 mg/L: Dureza 357,20; Coliformes Fecales 15 NMP/100 mL y Coliformes Totales 55 NMP/100mL, los cuales se encuentran fuera de límite permisible según la norma INEN 1108:2006, utilizada para diseño de plantas potabilizadoras.
- El diagnóstico de la Planta del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, permitió analizar que los equipos con los que disponen la planta han cumplido con el tiempo de su vida útil, debido a que no han sido operados ni mantenidos de forma correcta, además que a la estructura le hace falta componentes, para lograr un proceso de potabilización idóneo según los resultados de la caracterización físico-químico y microbiológica.
- Según el análisis realizado de la planta, se optó por conservar los sistemas que serían útiles y añadir nuevos equipos, de esta forma se rediseñó el aireador de bandejas múltiples el mismo que ayuda a la reducción de hierro y manganeso, se añadió un sedimentador de tasa alta el cual ayudará a la separación de los sólidos y líquidos por acción de la gravedad, el mismo que trabajará de forma satisfactoria en el tratamiento de aguas, se conservó el filtro grueso lento de arena y filtro rápido ascendente, los mismos que ayudan a la mejora considerable de la calidad del agua por lo que elimina turbiedad y reducen en un alto porcentaje la presencia de microorganismo, además de disminuir nitritos y fosfatos que se encuentran fuera del límite permisible, se añadió dos ablandadores cuyo lecho filtrante será resina catiónica, la cual ayuda a suavizar el agua y disminuir la dureza; al final se conservó los tanques de dosificación pero se calculó la cantidad óptima de Hipoclorito de Calcio para su correcta desinfección y se añadió PAC que ayudará a la clarificación del agua cruda y CHEMFLOC que es un auxiliar aniónico para el policloruro de aluminio, con este rediseño, el sistema de potabilización será óptimo.

- Para el dimensionamiento de la planta de potabilización, se consideró los cálculos de ingeniería obtenidos a partir de las características primarias del agua cruda, realizando prueba de jarras a nivel de laboratorio, lo que permitió establecer los resultados de cada sistema. El diseño se realizó usando el Software AutoCAD.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para realizar el muestreo para su respectiva caracterización físico-química y microbiológica, se debe tener cuidado en el momento de recolectar la muestra, para evitar contaminación cruzada.
- Utilizar el equipo de protección personal requerido por la institución para evitar peligros presentes en campo.
- La reestructuración del sistema de potabilización del Terminal de Productos Limpios, Riobamba debe ser modificado de forma inmediata, para la mejora del mismo.
- Analizar de forma mensual las aguas que ingresan a la planta de tratamiento, con la finalidad de verificar que los parámetros físico-químicos y microbiológicos se encuentren dentro de norma.
- Capacitar al personal de mantenimiento de la empresa y del encargado de realizar la dosificación requerida para la planta, con el propósito de lograr que esta se maneje correctamente y evitar el mal usos de sus equipos.
- Se recomienda seguir el manual de operaciones y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable para su correcto funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION.** *Agua su calidad y tratamiento.* 2. ed., DF - México. McGraw-Hill. 2002, pp. 6 - 7.
2. **ARBOLEDA, Jorge.** *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua.* 3.ed, Bogotá-Colombia. Editorial nomos. Tomo I. 2000, pp. 145-267; 364-582.
3. **AZEVEDO, J; ACOSTA, G.** *Manual de Hidráulica.* 6a.ed, México D.F – México. Editorial Limusa. 2000, pp.578.
4. **BARRANECHEA MARTEL, A.** *Programa de Capacitación y Certificación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico* [En línea] (Aspectos Físico-químicos de la Calidad del Agua), Universidad del Valle-Cinara. 1999, pp. 28-40. [Consulta: 20 de Marzo del 2017].  
Disponible en:  
[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html)
5. **BADUI, Salvador.** *Química de Alimentos.* 4. ed., Pearson Educación. Naucalpan de Juárez Edo de México - México. 2006, pp. 156.
6. **BRITO, Nancy.** *Alternativa de Potabilización para el agua que abastecerá a la ampliación del Aeropuerto Internacional de la ciudad de México.* (Tesis de Grado). Ingeniero Civil. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Civil. México D.F.-México. 2007. pp. 5-39. Disponible en:  
<http://www.elaguapotable.com/ALTERNATPOTAB.pdf>
7. **COSUDE.** *Criterios Básicos para la Implementación de Sistemas de Agua y Saneamiento en los Ámbitos Rural y pequeñas Ciudades.* [En línea]. Organización Panamericana de la Salud. Lima. 2006 [Consultado: 10 de Marzo del 2017.] Disponible en:  
<http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/miscela/criteriosas.pdf>
8. **CPE INEN 005-9-1 (1992) (Spanish).** *Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.*

9. **DAUGHERTY, R & FRANZINI, J.** *Propiedades Físicas Del Agua..* Madrid-España. 1978. pp. 3-8.
  
10. **DEGREMONT.** *Manual Técnico del Agua, “ Flocludore Manual”.* 4<sup>ta</sup>. Ed. [En línea]. Lima. 1998. [Consulta: 10 de Enero del 2017.] 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).
  
11. **DJOGHLAF, Ahmed.** *Agua Potable, Diversidad Biológica y Desarrollo* [En línea] (Convenio sobre la Diversidad Biológica), Montreal. Christopher Hogan, 2010, pp. 3-8. [Consultado: 02 de Enero del 2017.] Disponible en: <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>
  
12. **FAO.** *El Agua.* [En línea] Unión Europea. Roma-Italia.2014 [Consultado: 10 al 13 de Febrero del 2017.] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s06.htm>
  
13. **INVENMAR,** *Técnicas del Laboratorio de Análisis Técnicos* [En línea]. (Tratamiento de Agua). Colombia. Ed. Precolombi-David Reyes. 2003. [Consultado: 15 de Abril del 2017.] Disponible en: <http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20d>
  
14. **MANUAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.** *Programa de Agua Potable y Alcantarillado* [En línea]. (Sistemas de Potabilización). Gustavo Rodriguez. Guayaquil-Ecuador. 2014. [Consultado: 15 al 21 de Febrero del 2017.] Disponible en: <http://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%20%20Gravedad/Manual%20Abastecimiento%20Agua%20Potable%20por%20gravedad%20con%20tratamiento.pdf>
  
15. **MARTINEZ, U.** *Proceso de potabilización del Agua.* [En línea]. SAMSA. Servicio de Aguas de Misiones S.A. Garupa-Argentina. 2015. [Consultado: 05 al 15 de Marzo del 2017]. Disponible en: [http://iesmartinezuribarri.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/news/Proceso\\_potabilizacionSamsa.pdf](http://iesmartinezuribarri.centros.educa.jcyl.es/sitio/upload/news/Proceso_potabilizacionSamsa.pdf)

16. MIHELICIC, J y ZIMMERMAN, J. *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño*. México. Alfaomega Grupo Editor, 2011, pp. 408- 416
17. NTE INEN 2226 (2000) (Spanish): *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestro*
18. NTE INEN 2 176:98. *Agua Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo*
19. RAS. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sección 2, Título E, Tratamiento de aguas residuales*
20. ROMERO, R, Jairo. A. *Purificación del agua*. 3<sup>ra</sup>. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000, pp. 230-570.
21. ROMERO, R, Jairo A. *Calidad del agua*. 4<sup>a</sup>. Ed. México. Alfaomega Grupo Editor. 2002, pp. 250-329.
22. SERRANO, O, *Aforo de Aguas Residuales*. (Tesis de Grado). Ingeniero Civil. Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. Loja-Ecuador. 2008, pp. 26-50  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1364/3/Tesis.pdf>
23. SPELLMAN, F. & DRINAN, J. *Manual del Agua Potable* [En línea]. 2<sup>da</sup>. Ed. Ana Berga Celma. Edirod Acribia 2004. [Consultado: 10 de Abril del 2017] Disponible en: <http://librosysolucionarios.net/manual-del-agua-potable-frank-r-spellman-joanne-drinan/>
24. TEORÍA, DISEÑO Y CONTROL DE PROCESOS DE CLARIFICACIÓN DE AGUA. *Sistemas de Simulación del proceso de coagulación-filtración*. [En línea]. PAHO (Pan American Health Organization). 2012. [Consultado: 31 de Enero del 2017] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/002320/002320-04a.pdf>

**ANEXOS**  
**ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**Fotografía 1.** Planta Potabilizadora del Terminal de Productos Limpios, Riobamba.



**Fotografía 2.** Aireador de Bandejas Múltiples



**Fotografía 3.** Filtro Rápido Ascendente



**Fotografía 4.** Vertedero Triangular



**Fotografía 5.** Caja de Válvulas



**Fotografía 6.** Filtro Lento Descendente



**Fotografía 7.** Tanque de desinfección



**Fotografía 8.** Tanque Hidromeumático



**Fotografía 9.** Recolección de muestras



**Fotografía 10.** Recolección de muestras



**Fotografía 11.** Área de Aguas del Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Agua Potable “CHAQUISHCA”



**Fotografía 12.** Área microbiológica del Laboratorio de Control de Calidad del Sistema de Agua Potable “CHAQUISHCA”.



**Fotografía 13.** Prueba de Jarras

**ANEXO 2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA QUE INGRESA AL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS.**

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO ENTRADA AGUA CRUDA "NUEVO TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS RIOBAMBA"						
PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		04-jul	05-jul	06-jul	07-jul	08-jul
COLOR	UTC	10.00	1.00	15.00	20.00	10.00
TURBIEDAD	NTU	5.49	0.65	6.74	7.78	5.47
pH		7.54	7.16	6.94	7.31	7.26
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	120.08	120.67	106.18	113.56	102.96
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	45.00	42.08	41.69	41.20	42.64
TEMPERATURA	°C	18.80	18.54	18.41	18.50	18.74
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3.20	2.68	3.05	4.89	2.96
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.005	0.007	0.009	0.006	0.008
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.65	0.59	0.62	0.90	0.78
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.01	0.02
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	4.00	1.00	2.00	5.00	3.00
FLUORUROS (F)	mg/L	0.46	0.43	0.53	1.05	0.64
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.45	0.39	0.48	0.64	0.52
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.43	0.57	0.51	0.41	0.57
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.010	0.009	0.007	0.007	0.009
COBRE (Cu)	mg/L	0.03	0.05	0.03	0.04	0.04
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	360.00	358.00	364.00	354.00	350.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.006	0.008	0.005	0.007	0.009
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	6.60	4.82	5.29	5.70	4.96
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.009	0.006	0.008	0.006	0.009
COBALTO (Co)	mg/L	0.005	0.008	0.006	0.003	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	0.23	0.27	0.39	0.37	0.29
BROMO (Br)	mg/L	0.03	0.06	0.04	0.01	0.06
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.65	0.42	0.37	0.40	0.49
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.009	0.006	0.007	0.008	0.006
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	20	52	57	64	80
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	4	12	24	8	26

FUENTE: Laboratorio de control de calidad E.P. - EMAPA-G

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALICANTARILLA GUARANÁ  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD  
Ing. Qui. Raul Allan  
TÉCNICO LABORATORIO PLANTA E.P. EMAPA-G

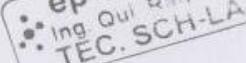
ep-emapa-g  
Ing. Qui. Raul Allan  
TEC. SCH-LAB



Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660

 <b>RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO</b> <b>ENTRADA AGUA CRUDA "NUEVO TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS RIOBAMBA"</b>						
PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		11-jul	12-jul	13-jul	14-jul	15-jul
COLOR	UTC	10.00	15.00	1.00	15.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	5.43	7.65	6.64	6.50	0.65
pH	.....	7.30	7.28	7.18	7.36	7.27
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	102.36	116.27	105.89	105.80	107.89
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	40.80	41.49	42.96	41.42	42.68
TEMPERATURA	°C	17.50	18.06	17.54	17.90	17.83
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	4.62	3.81	4.27	3.45	4.86
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.006	0.008	0.007	0.007	0.005
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.98	0.48	0.62	0.57	0.86
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	5.00	3.00	5.00	4.00	4.00
FLUORUROS (F)	mg/L	0.98	0.74	0.85	0.78	0.80
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.46	0.52	0.67	0.38	0.54
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.68	0.74	0.59	0.62	0.71
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.009	0.007	0.007	0.008	0.008
COBRE (Cu)	mg/L	0.06	0.04	0.07	0.08	0.08
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	350.00	348.00	354.00	346.00	358.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.009	0.008	0.009	0.009	0.007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	4.50	3.67	4.28	3.89	4.97
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.004	0.006	0.008	0.004	0.006
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	0.006	0.009	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	0.31	0.28	0.37	0.34	0.29
BROMO (Br)	mg/L	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.70	0.64	0.68	0.73	0.59
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.007	0.007	0.009	0.008	0.009
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	26	22	26	24	16
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	12	10	6	18	8

FUENTE: Laboratorio de control de calidad E.P. EMAPA-G  
 Ing. Qui. Paul Allan  
 TÉCNICO LABORATORIO PLANTA E.P. EMAPA-G  


  
 Ing. Qui. Paul Allan  
 TEC. SCH-LAB

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO						
ENTRADA AGUA CRUDA "NUEVO TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS RIOBAMBA"						
PARAMETROS	UNIDAD	SEMANA MONITOREADA				
		25-jul	26-jul	27-jul	28-jul	29-jul
COLOR	UTC	10.00	15.00	1.00	20.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	5.51	6.70	6.80	7.80	0.37
pH	.....	6.79	7.08	7.24	7.17	7.42
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	88.30	92.67	98.20	100.57	108.59
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	42.80	38.42	41.24	39.68	40.38
TEMPERATURA	°C	17.40	18.24	17.97	18.16	18.09
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1.00	1.18	0.98	1.12	0.87
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.004	0.006	0.008	0.005	0.005
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0.81	0.54	0.79	0.52	0.54
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00
FLUORUROS (F)	mg/L	0.36	0.38	0.42	0.39	0.40
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	0.54	0.40	0.38	0.51	0.67
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.47	0.37	0.40	0.39	0.44
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.006	0.006	0.008	0.007	0.007
COBRE (Cu)	mg/L	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	350.00	342.00	348.00	352.00	338.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.009	0.007	0.009	0.009	0.006
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	0.36	0.42	0.58	0.54	0.48
NIOBEL (Ni)	mg/L	0.004	0.007	0.008	0.008	0.006
COBALTO (Co)	mg/L	0.006	0.008	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	0.20	0.26	0.24	0.34	0.30
BROMO (Br)	mg/L	0.04	0.06	0.04	0.07	0.07
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.65	0.52	0.60	0.54	0.56
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.008	0.008	0.007	0.008	0.009
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	35	24	19	36	40
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	20	10	8	20	12

PUNTES Laboratorio de control de calidad E.P. - EMAPA-G



Ing. Qui. Raúl Allan  
 TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPA-G



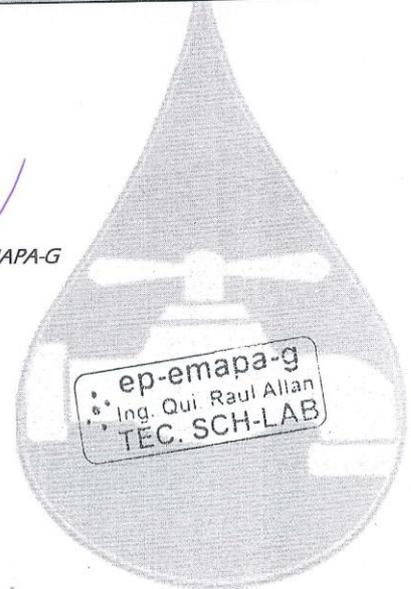
## ANEXO 4. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRATABILIDAD



TURBIEDAD 5.23 NTU, (pHo=7.24, pHf=7.05), rpm=200, tiempo de agitación= 5 min

Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.001	5.00	2.50	1.73	2.42	1.15	78.00
0.80	0.001	10.00	5.00	1.09	1.63	0.54	89.60
0.80	0.001	15.00	7.50	1.17	1.64	1.05	80.00
0.80	0.001	20.00	10.00	1.13	1.81	1.26	76.00
0.80	0.002	5.00	2.50	1.61	2.90	1.46	72.00
0.80	0.002	10.00	5.00	2.18	4.35	1.67	68.00
0.80	0.002	15.00	7.50	2.82	6.21	1.88	64.00
0.80	0.002	20.00	10.00	3.56	8.54	2.09	60.00
0.80	0.003	5.00	2.50	4.37	0.44	2.30	56.00
0.80	0.003	10.00	5.00	5.27	6.85	2.51	52.00
0.80	0.003	15.00	7.50	6.26	8.76	2.72	48.00
0.80	0.003	20.00	10.00	7.32	5.13	2.93	44.00
0.80	0.004	5.00	2.50	8.47	7.63	3.14	40.00
0.80	0.004	10.00	5.00	9.71	5.82	3.35	36.00
0.80	0.004	15.00	7.50	11.02	8.82	3.56	32.00
0.80	0.004	20.00	10.00	12.43	11.18	3.77	28.00

*Ing. Qui. Raul Allan*  
 TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPA-G



**Dirección:** García Moreno y 7 de Mayo • **Teléfono:** 03 2 981 939 • **Fax:** 03 2 985 660



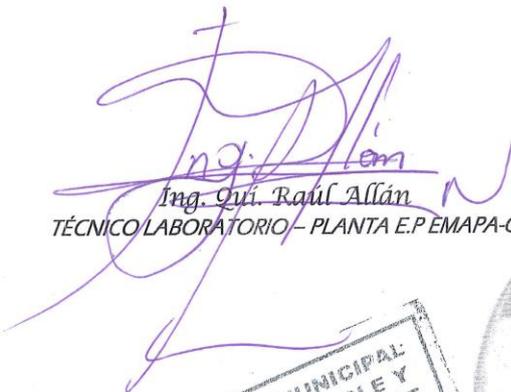
E.P. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda

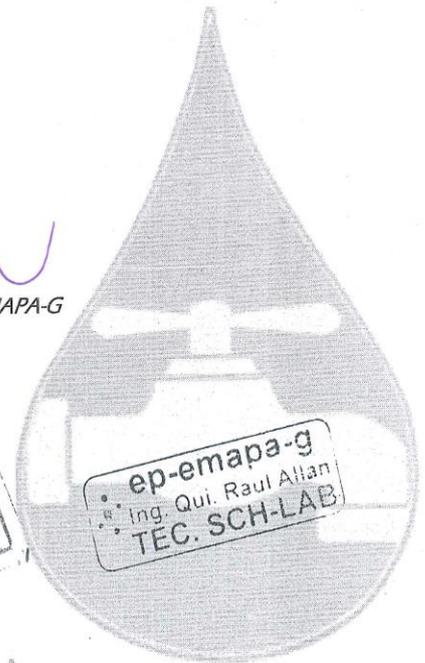
**ep-emapag**

trabajando por su salud y bienestar...

TURBIEDAD 5.37 NTU, (pHo=7.28, pHf=7.13), rpm=200, tiempo de agitación= 5 min

Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.001	5.00	2.50	1.61	3.54	1.34	75.00
0.80	0.001	10.00	5.00	2.26	3.61	1.61	70.00
0.80	0.001	15.00	7.50	1.35	2.71	0.39	92.80
0.80	0.001	20.00	10.00	2.01	2.22	1.34	75.00
0.80	0.002	5.00	2.50	2.07	2.48	2.30	57.20
0.80	0.002	10.00	5.00	3.58	4.65	3.25	39.40
0.80	0.002	15.00	7.50	5.47	7.66	4.21	21.60
0.80	0.002	20.00	10.00	7.75	11.62	5.17	3.80
0.80	0.003	5.00	2.50	3.44	2.75	4.30	20.00
0.80	0.003	10.00	5.00	2.90	4.93	4.83	10.00
0.80	0.003	15.00	7.50	3.76	3.01	5.37	0.00
0.80	0.003	20.00	10.00	2.58	2.32	3.22	40.00
0.80	0.004	5.00	2.50	3.38	3.38	3.76	30.00
0.80	0.004	10.00	5.00	2.58	2.84	4.30	20.00
0.80	0.004	15.00	7.50	3.38	4.06	4.83	10.00
0.80	0.004	20.00	10.00	2.58	3.35	3.22	40.00

  
Ing. Qui. Raúl Allán  
TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPA-G

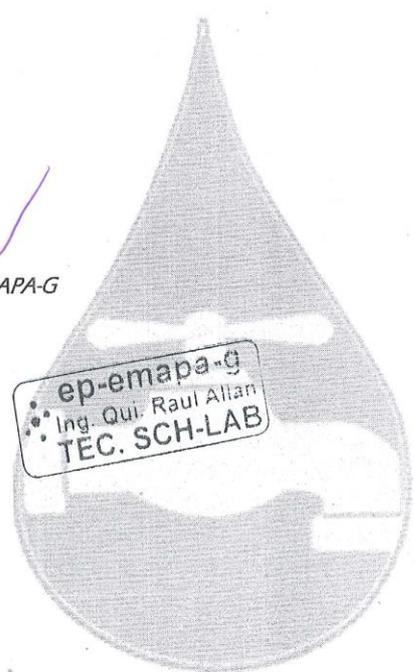


**Dirección:** García Moreno y 7 de Mayo • **Teléfono:** 03 2 981 939 • **Fax:** 03 2 985 660

TURBIEDAD 5.44 NTU, (pHo=7.14, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 5 min							
Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (mL)	Dosis Aux (mL)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.001	5.00	2.50	2.01	3.62	1.44	73.60
0.80	0.001	10.00	5.00	2.35	4.47	1.47	73.00
0.80	0.001	15.00	7.50	2.70	5.41	1.50	72.40
0.80	0.001	20.00	10.00	1.56	3.44	0.63	88.50
0.80	0.002	5.00	2.50	1.52	3.66	1.09	80.00
0.80	0.002	10.00	5.00	2.48	6.45	1.55	71.50
0.80	0.002	15.00	7.50	3.62	3.99	2.01	63.00
0.80	0.002	20.00	10.00	4.95	5.94	2.48	54.50
0.80	0.003	5.00	2.50	6.46	8.40	2.94	46.00
0.80	0.003	10.00	5.00	8.16	11.42	3.40	37.50
0.80	0.003	15.00	7.50	4.63	6.95	3.86	29.00
0.80	0.003	20.00	10.00	5.62	9.00	4.32	20.50
0.80	0.004	5.00	2.50	6.70	8.04	4.79	12.00
0.80	0.004	10.00	5.00	7.34	9.55	4.90	10.00
0.80	0.004	15.00	7.50	6.09	8.53	3.81	30.00
0.80	0.004	20.00	10.00	4.90	7.34	3.26	40.00

  
 Ing. Qui. Raul Allan  
 TÉCNICO LABORATORIO - PLANTA E.P. EMAPA-G



  
 ep-emapa-g  
 Ing. Qui. Raul Allan  
 TEC. SCH-LAB

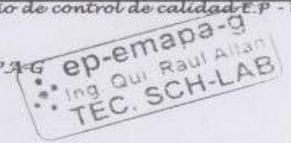
ANEXO 5. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DESPUÉS DE LAS PRUEBAS DE TRATABILIDAD

RESULTADOS (AGUA ENTRADA PLANTA VS ENSAYOS)								
PARAMETROS	UNIDAD	LÍMITE PERMISIBLE	M 1.	COMPUESTA	M 2.	COMPUESTA	M 3.	COMPUESTA
COLOR	UTC	15	11.20	1.00	8.40	1.00	9.40	1.00
TURBIEDAD	NTU	5	5.23	0.54	5.37	0.39	5.44	0.63
pH	.....	.....	7.24	7.05	7.28	7.13	7.14	7.08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	112.69	98.65	107.64	110.67	97.67	87.64
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	.....	42.52	38.64	41.87	41.63	40.50	38.57
TEMPERATURA	°C	.....	18.60	19.05	17.77	18.95	17.97	17.98
NITRATOS (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	50	3.36	1.15	4.20	2.87	1.03	3.65
NITRITOS (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	3	0.007	0.000	0.007	0.001	0.006	0.003
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	.....	0.71	0.15	0.70	0.17	0.64	0.20
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	.....	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	.....	3.00	1.00	4.20	1.00	1.40	2.00
FLUORUROS (F)	mg/L	1.5	0.62	0.36	0.83	0.59	0.39	0.37
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	.....	0.50	0.08	0.51	0.06	0.50	0.04
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	.....	0.498	0.009	0.668	0.007	0.414	0.008
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.05	0.008	0.009	0.008	0.008	0.007	0.005
COBRE (Cu)	mg/L	2.0	0.04	0.05	0.07	0.06	0.01	0.04
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	357.20	42.00	351.20	34.00	346.00	24.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	.....	0.007	0.009	0.008	0.007	0.008	0.007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	.....	5.47	3.84	4.26	3.87	0.48	3.86
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.07	0.008	0.007	0.006	0.006	0.007	0.006
COBALTO (Co)	mg/L	.....	0.006	0.008	0.007	0.009	0.007	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	.....	< 0.10	< 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	< 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	0.7	0.31	0.25	0.32	0.18	0.27	0.39
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.04	0.08	0.03	0.04	0.06	0.04
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0.47	0.45	0.67	0.33	0.57	0.72
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.05	0.007	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	55	1**	23	< 1**	31	< 1**
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	< 1**	15	< 1**	11	< 1**	14	< 1**

FUENTE: Laboratorio de control de calidad E.P - EMAPA-G



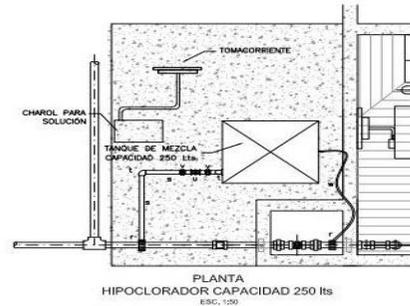
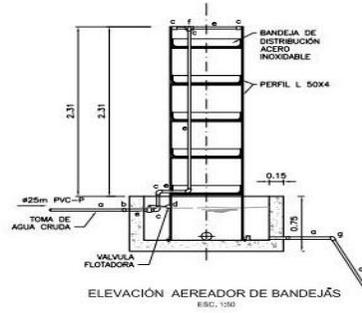
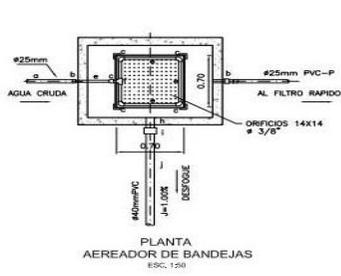
Ing. Qui. Raul Allan  
TECNICO LABORATORIO - PLANTA E.P EMAPA-G





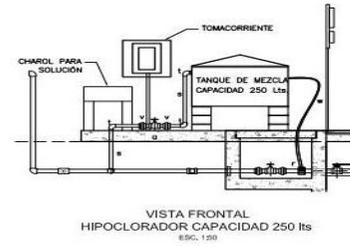
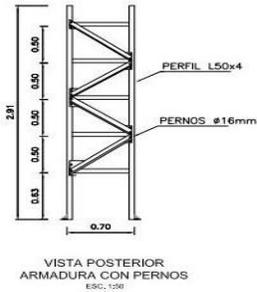
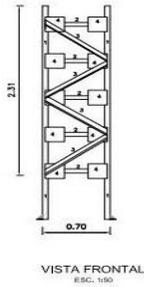
# ANEXO 7. PLANO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN Y TANQUE DE CLORACIÓN DE LA PLANTA ACTUAL.

0 025-10-3L

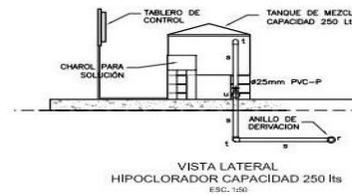


LISTA DE ACCESORIOS AERADOR			
SIGNO	DIAM. (mm)	CANT. (u)	DESCRIPCION
SALIDA A LA RED			
a	25	2	TUBO PVC-P
b	3/4"	2	ADAPTADOR PVC-HG
c	3/4"	8	COOD 90° HG
d	3/4"	1	VALVULA FLOTADORA
e	3/4"	1	TUBO HG
f	3/4"	1	TEE HG
g	25	1	COOD 45° PVC-P
h	1 1/2"	1	TUBO HG
i	451 1/2"	1	ADAPTADOR PVC-HG
l	40		TUBO PVC-P

LISTA DE MATERIALES AERADOR			
SIGNO	CANT. (u)	LONG. (m)	DESCRIPCION
1	4	3.80	PERFIL L 50x4
2	20	0.70	PERFIL L 50x4
3	18	0.95	PERFIL L 50x4
4	40		PLACA 200x200x4
5	80		PERNOS #16mm
6	3		CHAROLES PERFORADOS 14X14 #3/8"



LISTA DE ACCESORIOS CLORADOR			
SIGNO	DIAM. (mm)	CANT. (u)	DESCRIPCION
r	2		ANILLO DE DERIVACION
s	3/4"	2.25	TRAMO COITO HG-R/R
t	1 1/2"	3	COOD 90° HG
u	1/2"	1	VALVULA COMPUERTA RW
v	1/2"	2	UNIVERSAL HG
w	1/2"	1	TUBO PLASTICO
x		1.40	FLOTADOR PVC
y		1	EQUIPO HIPOCLORADOR TIPO L10
z		1	TANQUE PVC 250 Lts.



**NOTAS:**

- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS A NO SER QUE SE INDIQUE UNA UNIDAD DIFERENTE.
- DETALLES ADICIONALES ESTRUCTURALES Y DE OBRA CIVIL OBSERVARLOS EN EL PLANO CORRESPONDIENTE AL FILTRO LENTO (PLANO TR-C1-324)

**ESCALA:**



NOTAS GENERALES		PLANOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO INGENIERA/DISERO		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA	
TR-C1-001	TERMINAL RIOBAMBA-IMPLANTACION GENERAL	A	PARA APROBACION	08-2008	FSG	FCA	PMg	A	APROBACION	08-2008	PMg						
		D	APROBADO PARA CONSTRUCCION	08-2008	JCB	FCA	PMg	D	CONSTRUCCION	08-2008	PMg						

ING. PATRICIO MADRADO  
APROBADO POR: JULIO/2008

ING. FERNANDO CALLE  
APROBADO POR: JULIO/2008

ING. MANUEL CEVALLOS  
APROBADO POR: JULIO/2008

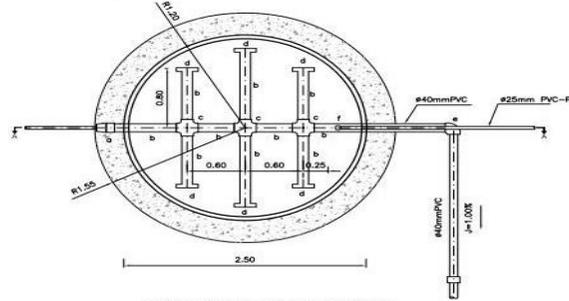
CLIENTE: **PETROCOMERCIAL**  
UNIDAD DE PROYECTOS

PROYECTO: **TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**  
**DETALLES DE AERADOR - CASETA CLORACION**

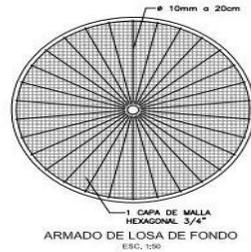
PLANO No: **TR-C1-325**

# ANEXO 8. PLANO DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN RÁPIDA DE LA PLANTA ACTUAL.

0 026-13-3L



PLANTA FILTRO RÁPIDO ASCENDENTE  
ESC. 1:50



ARMADO DE LOSA DE FONDO  
ESC. 1:50



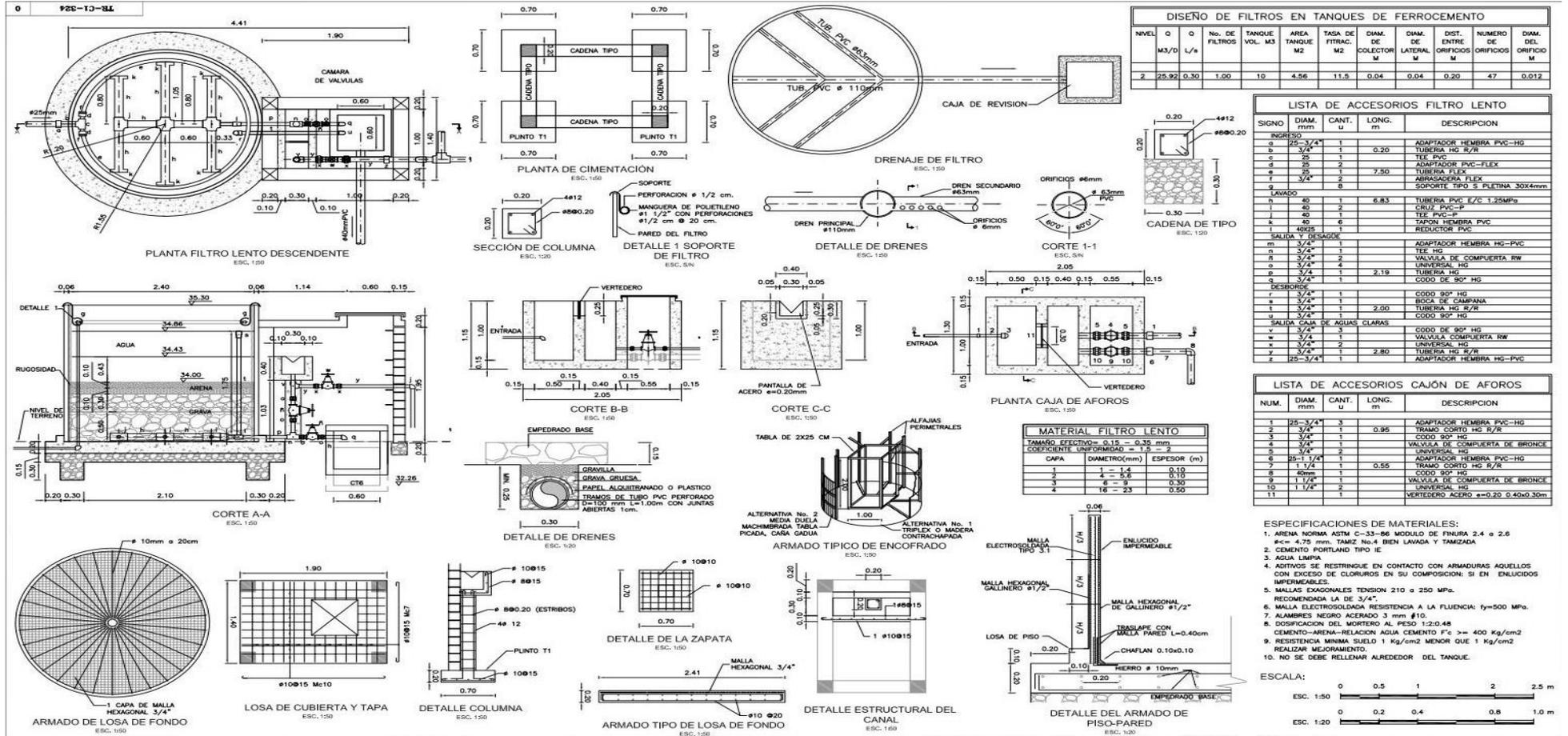
ARMADO TIPO DE LOSA DE FONDO  
ESC. 1:50

DISEÑO DE FILTROS EN TANQUES DE FERROCEMENTO											
NIVEL	Q M <sup>3</sup> /D	Q L/s	No. DE FILTROS	TANQUE VOL. M <sup>3</sup>	AREA TANQUE M <sup>2</sup>	TASA DE FITRAC. M <sup>2</sup>	DIAM. DE COLECTOR M	DIAM. DE LATERAL M	DIST. DE ORIFICIOS M	NUMERO DE ORIFICIOS	DIAM. DEL ORIFICIO M
1	25.92	0.30	1.00	10	4.56	11.5	0.04	0.04	0.20	47	0.012

LISTA DE ACCESORIOS FILTRO RÁPIDO				
SIGNO	DIAM. (mm)	CANT.	LONG. (m)	DESCRIPCION
INGRESO				
a	40-3/2"	1	11.20	REDUCTOR PVC
b	40	1		TUBERIA PVC-D
c	40	3		CRUZ PVC-D
d	40	4		TAPÓN PVC-D
e	40	1		CODO 90° PVC-D
SALIDA				
f	3/4"	1		BOCA DE CAMPANA
g	3/4"	1		CODO 90° HD
h	25-3/2"	1		ADAPTADOR PVC-HD

LECHO FILTRANTE	
TAMANO #20	GRAVA
TAMANO #40	GRAVA
TAMANO #60	GRAVA
TAMANO #80	GRAVA
TAMANO #100	GRAVA
TAMANO #120	GRAVA
TAMANO #150	GRAVA
TAMANO #200	GRAVA
TAMANO #250	GRAVA
TAMANO #300	GRAVA
TAMANO #350	GRAVA
TAMANO #400	GRAVA
TAMANO #450	GRAVA
TAMANO #500	GRAVA
TAMANO #600	GRAVA
TAMANO #750	GRAVA
TAMANO #900	GRAVA
TAMANO #1000	GRAVA
TAMANO #1200	GRAVA
TAMANO #1500	GRAVA
TAMANO #1800	GRAVA
TAMANO #2000	GRAVA
TAMANO #2500	GRAVA
TAMANO #3000	GRAVA
TAMANO #3500	GRAVA
TAMANO #4000	GRAVA
TAMANO #4500	GRAVA
TAMANO #5000	GRAVA
TAMANO #6000	GRAVA
TAMANO #7500	GRAVA
TAMANO #9000	GRAVA
TAMANO #10000	GRAVA
TAMANO #12000	GRAVA
TAMANO #15000	GRAVA
TAMANO #18000	GRAVA
TAMANO #20000	GRAVA
TAMANO #25000	GRAVA
TAMANO #30000	GRAVA
TAMANO #35000	GRAVA
TAMANO #40000	GRAVA
TAMANO #45000	GRAVA
TAMANO #50000	GRAVA
TAMANO #60000	GRAVA
TAMANO #75000	GRAVA
TAMANO #90000	GRAVA
TAMANO #100000	GRAVA
TAMANO #120000	GRAVA
TAMANO #150000	GRAVA
TAMANO #180000	GRAVA
TAMANO #200000	GRAVA
TAMANO #250000	GRAVA
TAMANO #300000	GRAVA
TAMANO #350000	GRAVA
TAMANO #400000	GRAVA
TAMANO #450000	GRAVA
TAMANO #500000	GRAVA
TAMANO #600000	GRAVA
TAMANO #750000	GRAVA
TAMANO #900000	GRAVA
TAMANO #1000000	GRAVA
TAMANO #1200000	GRAVA
TAMANO #1500000	GRAVA
TAMANO #1800000	GRAVA
TAMANO #2000000	GRAVA
TAMANO #2500000	GRAVA
TAMANO #3000000	GRAVA
TAMANO #3500000	GRAVA
TAMANO #4000000	GRAVA
TAMANO #4500000	GRAVA
TAMANO #5000000	GRAVA
TAMANO #6000000	GRAVA
TAMANO #7500000	GRAVA
TAMANO #9000000	GRAVA
TAMANO #10000000	GRAVA
TAMANO #12000000	GRAVA
TAMANO #15000000	GRAVA
TAMANO #18000000	GRAVA
TAMANO #20000000	GRAVA
TAMANO #25000000	GRAVA
TAMANO #30000000	GRAVA
TAMANO #35000000	GRAVA
TAMANO #40000000	GRAVA
TAMANO #45000000	GRAVA
TAMANO #50000000	GRAVA
TAMANO #60000000	GRAVA
TAMANO #75000000	GRAVA
TAMANO #90000000	GRAVA
TAMANO #100000000	GRAVA
TAMANO #120000000	GRAVA
TAMANO #150000000	GRAVA
TAMANO #180000000	GRAVA
TAMANO #200000000	GRAVA
TAMANO #250000000	GRAVA
TAMANO #300000000	GRAVA
TAMANO #350000000	GRAVA
TAMANO #400000000	GRAVA
TAMANO #450000000	GRAVA
TAMANO #500000000	GRAVA
TAMANO #600000000	GRAVA
TAMANO #750000000	GRAVA
TAMANO #900000000	GRAVA
TAMANO #1000000000	GRAVA
TAMANO #1200000000	GRAVA
TAMANO #1500000000	GRAVA
TAMANO #1800000000	GRAVA
TAMANO #2000000000	GRAVA
TAMANO #2500000000	GRAVA
TAMANO #3000000000	GRAVA
TAMANO #3500000000	GRAVA
TAMANO #4000000000	GRAVA
TAMANO #4500000000	GRAVA
TAMANO #5000000000	GRAVA
TAMANO #6000000000	GRAVA
TAMANO #7500000000	GRAVA
TAMANO #9000000000	GRAVA
TAMANO #10000000000	GRAVA
TAMANO #12000000000	GRAVA
TAMANO #15000000000	GRAVA
TAMANO #18000000000	GRAVA
TAMANO #20000000000	GRAVA
TAMANO #25000000000	GRAVA
TAMANO #30000000000	GRAVA
TAMANO #35000000000	GRAVA
TAMANO #40000000000	GRAVA
TAMANO #45000000000	GRAVA
TAMANO #50000000000	GRAVA
TAMANO #60000000000	GRAVA
TAMANO #75000000000	GRAVA
TAMANO #90000000000	GRAVA
TAMANO #100000000000	GRAVA
TAMANO #120000000000	GRAVA
TAMANO #150000000000	GRAVA
TAMANO #180000000000	GRAVA
TAMANO #200000000000	GRAVA
TAMANO #250000000000	GRAVA
TAMANO #300000000000	GRAVA
TAMANO #350000000000	GRAVA
TAMANO #400000000000	GRAVA
TAMANO #450000000000	GRAVA
TAMANO #500000000000	GRAVA
TAMANO #600000000000	GRAVA
TAMANO #750000000000	GRAVA
TAMANO #900000000000	GRAVA
TAMANO #1000000000000	GRAVA
TAMANO #1200000000000	GRAVA
TAMANO #1500000000000	GRAVA
TAMANO #1800000000000	GRAVA
TAMANO #2000000000000	GRAVA
TAMANO #2500000000000	GRAVA
TAMANO #3000000000000	GRAVA
TAMANO #3500000000000	GRAVA
TAMANO #4000000000000	GRAVA
TAMANO #4500000000000	GRAVA
TAMANO #5000000000000	GRAVA
TAMANO #6000000000000	GRAVA
TAMANO #7500000000000	GRAVA
TAMANO #9000000000000	GRAVA
TAMANO #10000000000000	GRAVA
TAMANO #12000000000000	GRAVA
TAMANO #15000000000000	GRAVA
TAMANO #18000000000000	GRAVA
TAMANO #20000000000000	GRAVA
TAMANO #25000000000000	GRAVA
TAMANO #30000000000000	GRAVA
TAMANO #35000000000000	GRAVA
TAMANO #40000000000000	GRAVA
TAMANO #45000000000000	GRAVA
TAMANO #50000000000000	GRAVA
TAMANO #60000000000000	GRAVA
TAMANO #75000000000000	GRAVA
TAMANO #90000000000000	GRAVA
TAMANO #100000000000000	GRAVA
TAMANO #120000000000000	GRAVA
TAMANO #150000000000000	GRAVA
TAMANO #180000000000000	GRAVA
TAMANO #200000000000000	GRAVA
TAMANO #250000000000000	GRAVA
TAMANO #300000000000000	GRAVA
TAMANO #350000000000000	GRAVA
TAMANO #400000000000000	GRAVA
TAMANO #450000000000000	GRAVA
TAMANO #500000000000000	GRAVA
TAMANO #600000000000000	GRAVA
TAMANO #750000000000000	GRAVA
TAMANO #900000000000000	GRAVA
TAMANO #1000000000000000	GRAVA
TAMANO #1200000000000000	GRAVA
TAMANO #1500000000000000	GRAVA
TAMANO #1800000000000000	GRAVA
TAMANO #2000000000000000	GRAVA
TAMANO #2500000000000000	GRAVA
TAMANO #3000000000000000	GRAVA
TAMANO #3500000000000000	GRAVA
TAMANO #4000000000000000	GRAVA
TAMANO #4500000000000000	GRAVA
TAMANO #5000000000000000	GRAVA
TAMANO #6000000000000000	GRAVA
TAMANO #7500000000000000	GRAVA
TAMANO #9000000000000000	GRAVA
TAMANO #10000000000000000	GRAVA
TAMANO #12000000000000000	GRAVA
TAMANO #15000000000000000	GRAVA
TAMANO #18000000000000000	GRAVA
TAMANO #20000000000000000	GRAVA
TAMANO #25000000000000000	GRAVA
TAMANO #30000000000000000	GRAVA
TAMANO #35000000000000000	GRAVA
TAMANO #40000000000000000	GRAVA
TAMANO #45000000000000000	GRAVA
TAMANO #50000000000000000	GRAVA
TAMANO #60000000000000000	GRAVA
TAMANO #75000000000000000	GRAVA
TAMANO #90000000000000000	GRAVA
TAMANO #100000000000000000	GRAVA
TAMANO #120000000000000000	GRAVA
TAMANO #150000000000000000	GRAVA
TAMANO #180000000000000000	GRAVA
TAMANO #200000000000000000	GRAVA
TAMANO #250000000000000000	GRAVA
TAMANO #300000000000000000	GRAVA
TAMANO #350000000000000000	GRAVA
TAMANO #400000000000000000	GRAVA
TAMANO #450000000000000000	GRAVA
TAMANO #500000000000000000	GRAVA
TAMANO #600000000000000000	GRAVA
TAMANO #750000000000000000	GRAVA
TAMANO #900000000000000000	GRAVA
TAMANO #1000000000000000000	GRAVA
TAMANO #1200000000000000000	GRAVA
TAMANO #1500000000000000000	GRAVA
TAMANO #1800000000000000000	GRAVA
TAMANO #2000000000000000000	GRAVA
TAMANO #2500000000000000000	GRAVA
TAMANO #3000000000000000000	GRAVA
TAMANO #3500000000000000000	GRAVA
TAMANO #4000000000000000000	GRAVA
TAMANO #4500000000000000000	GRAVA
TAMANO #5000000000000000000	GRAVA
TAMANO #6000000000000000000	GRAVA
TAMANO #7500000000000000000	GRAVA
TAMANO #9000000000000000000	GRAVA
TAMANO #10000000000000000000	GRAVA
TAMANO #12000000000000000000	GRAVA
TAMANO #15000000000000000000	GRAVA
TAMANO #18000000000000000000	GRAVA
TAMANO #20000000000000000000	GRAVA
TAMANO #25000000000000000000	GRAVA
TAMANO #30000000000000000000	GRAVA
TAMANO #35000000000000000000	GRAVA
TAMANO #40000000000000000000	GRAVA
TAMANO #45000000000000000000	GRAVA
TAMANO #50000000000000000000	GRAVA
TAMANO #60000000000000000000	GRAVA
TAMANO #75000000000000000000	GRAVA
TAMANO #90000000000000000000	GRAVA
TAMANO #100000000000000000000	GRAVA
TAMANO #120000000000000000000	GRAVA
TAMANO #150000000000000000000	GRAVA
TAMANO #180000000000000000000	GRAVA
TAMANO #200000000000000000000	GRAVA
TAMANO #250000000000000000000	GRAVA
TAMANO #300000000000000000000	GRAVA
TAMANO #350000000000000000000	GRAVA
TAMANO #400000000000000000000	GRAVA
TAMANO #450000000000000000000	GRAVA
TAMANO #500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #600000000000000000000	GRAVA
TAMANO #750000000000000000000	GRAVA
TAMANO #900000000000000000000	GRAVA
TAMANO #1000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #1200000000000000000000	GRAVA
TAMANO #1500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #1800000000000000000000	GRAVA
TAMANO #2000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #2500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #3000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #3500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #4000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #4500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #5000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #6000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #7500000000000000000000	GRAVA
TAMANO #9000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #10000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #12000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #15000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #18000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #20000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #25000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #30000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #35000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #40000000000000000000000	GRAVA
TAMANO #45000000000000000000000	GRAVA

# ANEXO 9. PLANO DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN LENTA Y VERTEDERO TRIANGULAR DE L A PLANTA ACTUAL.



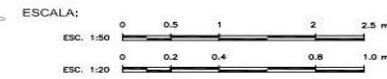
NIVEL	Q	Q	No. DE FILTROS	TANQUE VOL. M3	AREA TANQUE M2	TASA DE FITRAC. M2	DIAM. DE COLECTOR M	DIAM. DE LATERAL M	DIST. ENTRE ORIFICIOS M	NUMERO DE ORIFICIOS	DIAM. DEL ORIFICIO M
2	25.92	0.30	1.00	1.00	4.96	11.5	0.04	0.04	0.20	47	0.012

SIGNO	DIAM. mm	CANT. U	LONG. m	DESCRIPCION
INGRESO				
a	25-3/4"	1		ADAPTADOR HEMERA PVC-HG
b	3/4"	1	0.20	TUBERIA HG 8/8"
c	25	1		TEE PVC
d	25	2		ADAPTADOR PVC-FLEX
e	25	1	7.50	TUBERIA FLEX
f	3/4"	2		ABRASADORA FLEX
g				SOPORTE TIPO S FLETA 30x4mm
h	40	1	6.83	TUBERIA PVC E/C 1.25MPa
i	40	2		CRUZ PVC-P
j	40	6		TEE PVC-P
k	40	6		TAPON HEMERA PVC
l	40x15	1		REDUCTOR PVC
SAIDA / DESDORSE				
m	3/4"	1		ADAPTADOR HEMERA HG-PVC
n	3/4"	1		TEE HG
o	3/2"	2		VALVULA DE COMPUERTA RW
p	3/2"	1		TUBERIA HG
q	3/4"	1	2.19	TUBERIA HG
r	3/4"	1		CODO DE 90° HG
DESORSE				
s	3/2"	1		CODO 90° HG
t	3/2"	1		BOLA DE CAMPANA
u	3/2"	1	2.00	TUBERIA HG 8/8"
v	3/2"	1		CODO 90° HG
SAIDA CAJA DE AGUAS CLARAS				
w	3/4"	3		CODO DE 90° HG
x	3/4"	2		UNIVERSAL HG
y	3/4"	1	2.80	TUBERIA HG 8/8"
z	25-3/4"	1		ADAPTADOR HEMERA HG-PVC

NUM.	DIAM. mm	CANT. U	LONG. m	DESCRIPCION
1	25-3/4"	3		ADAPTADOR HEMERA PVC-HG
2	3/4"	1	0.95	TUBERIA COBRO HG 8/8"
3	3/4"	1		CODO 90° HG
4	3/4"	2		VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE UNIVERSAL HG
5	3/4"	1		ADAPTADOR HEMERA PVC-HG
6	25-1 1/4"	1	0.55	ADAPTADOR HEMERA PVC-HG
7	1 1/4"	1		TRAMO COBRO HG 8/8"
8	60mm	1		CODO 90° HG
9	1 1/4"	1		VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE UNIVERSAL HG
10	1 1/4"	2		UNIVERSAL HG
11		1		VERTEDERO ACERO ø=0.20 0.40x0.30m

CAPA	DIAMETRO(mm)	ESPESOR (m)
1	8-14	0.10
2	4-8	0.10
3	8-9	0.30
4	16-23	0.50

- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:
- ARENA NORMA ASTM C-33-96 MODULO DE FINURA 2.4 a 2.6
  - CEMENTO PORTLAND TIPO IE
  - AGUA LIMPIA
  - ADITIVOS SE RESTRINGE EN CONTACTO CON ARMADURAS AQUELLOS CON EXCESO DE CLORUROS EN SU COMPOSICION; SI EN ENLUCIDOS IMPERMEABLES
  - MALLAS EXAGONALES TENSION 210 a 250 MPa. RECOMENDADA LA DE 3/4".
  - MALLA ELECTRODOLADA RESISTENCIA A LA FLUENCIA: fy=500 MPa.
  - ALAMBRES NEGRO ACERADO 3 mm #10.
  - OSIFICACION DEL MORTERO AL PESO 1:2:0.48
  - CEMENTO-ARENA-RELACION AGUA CEMENTO Fc >= 400 Kg/cm2
  - RESISTENCIA MINIMA SUELO 1 Kg/cm2 MENOR QUE 1 Kg/cm2
  - REALIZAR MEJORAMIENTO.
  - NO SE DEBE RELLENAR AREDEDOR DEL TANQUE.



NOTAS GENERALES

PLANOS DE REFERENCIA		REVISIONES		REGISTRO INGENIERIA/DISEÑO		FECHA		FECHA		FECHA	
NUMERO	TITULO	FECHA	DESCRIPCION	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
TR-C1-001	TERMINAL RIOBAMBA-IMPLANTACION GENERAL	18-2008	PARA APROBACION	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008	18-2008

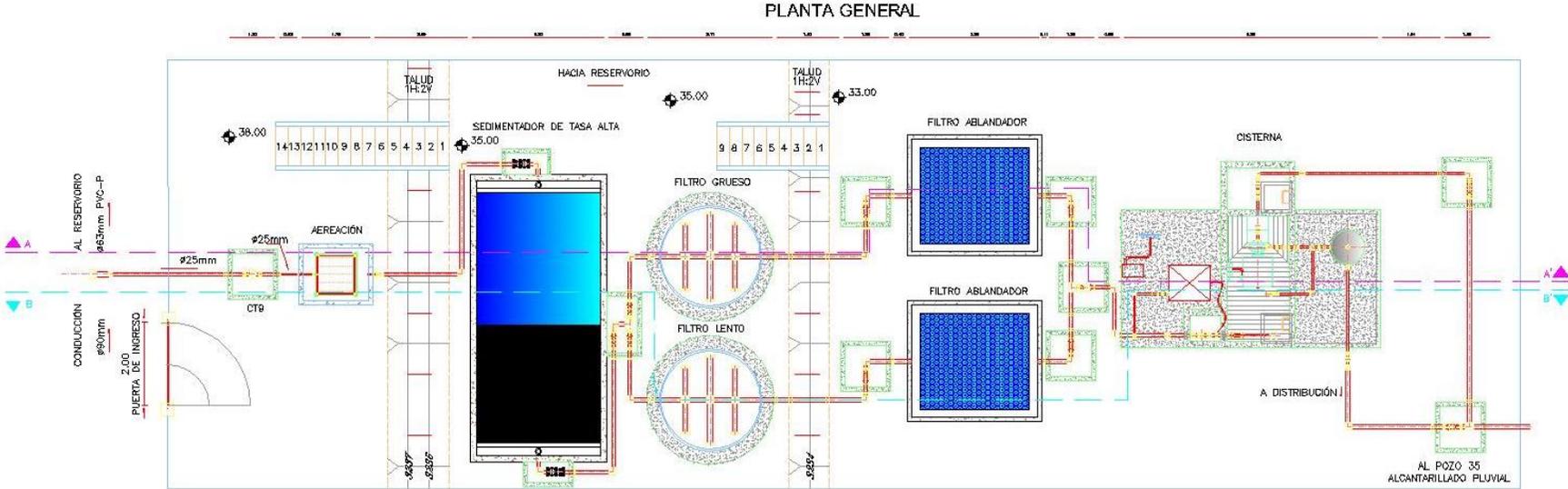
**PETROCOMERCIAL**  
 FILIAL DE PETROCOMERCIAL  
 UNIDAD DE PROYECTOS  
**CaminoSCA**  
 INGENIERIA Y CONSULTORIA

APROBADO POR: ING. FERNANDO CALLE  
 FECHA: JULIO/2008  
 APROBADO POR: ING. PATRICIO MACHADO  
 FECHA: JULIO/2008  
 APROBADO POR: ING. MARCELO CERVILLOS  
 FECHA: JULIO/2008  
 APROBADO POR: ING. MAN ARMENDOS  
 FECHA: JULIO/2008

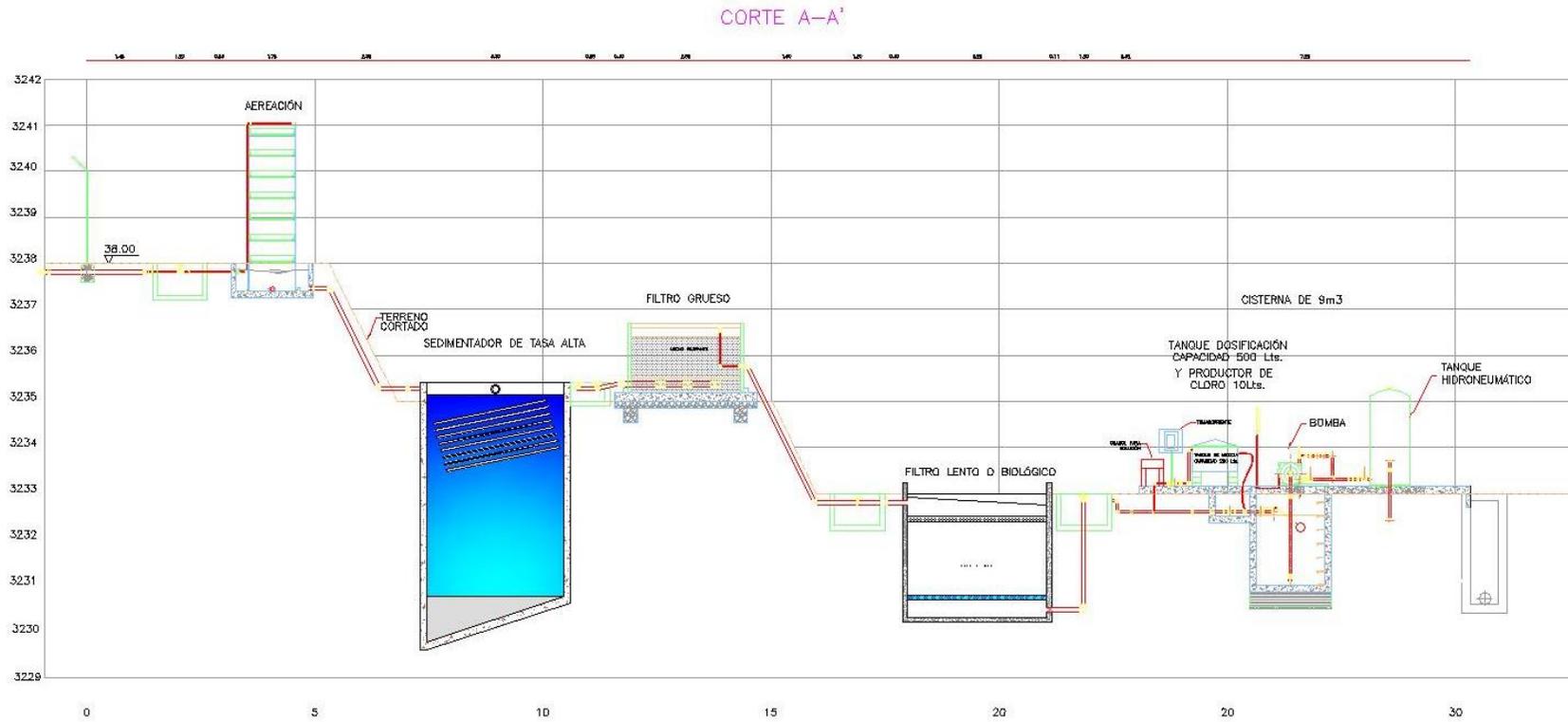
TITULO DOCUMENTO/DESCRIPCION:  
**TRATAMIENTO DE AGUA CRUDA**  
**DETALLES DE FILTRO LENTO - CAJA DE AFOROS**  
 FECHA: 18-2008  
 PLANO No.: TR-C1-324  
 REV. 0

# ANEXO 10. PLANOS DEL NUEVO DISEÑO DE LA PLANTA

## A) VISTA PLANTA

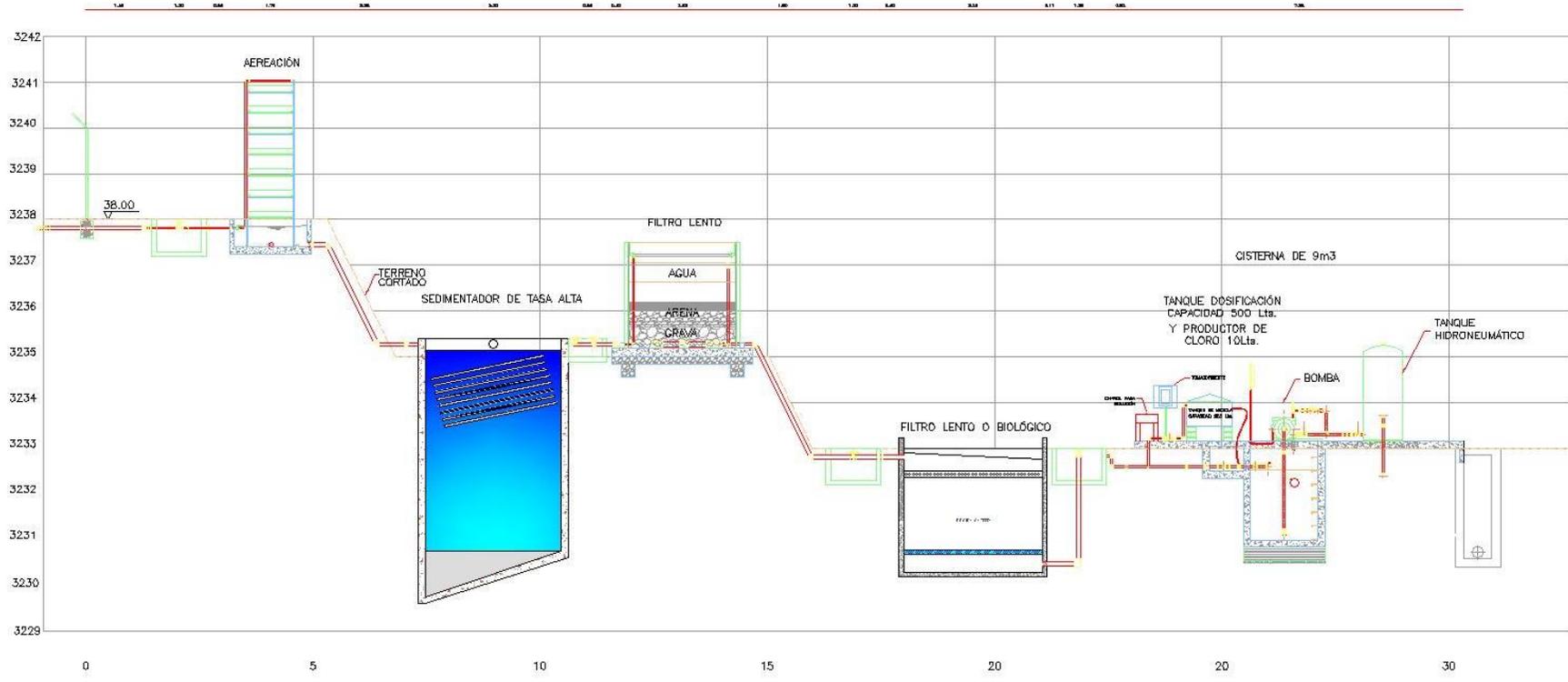


## B) CORTE LONGITUDINAL A-A'

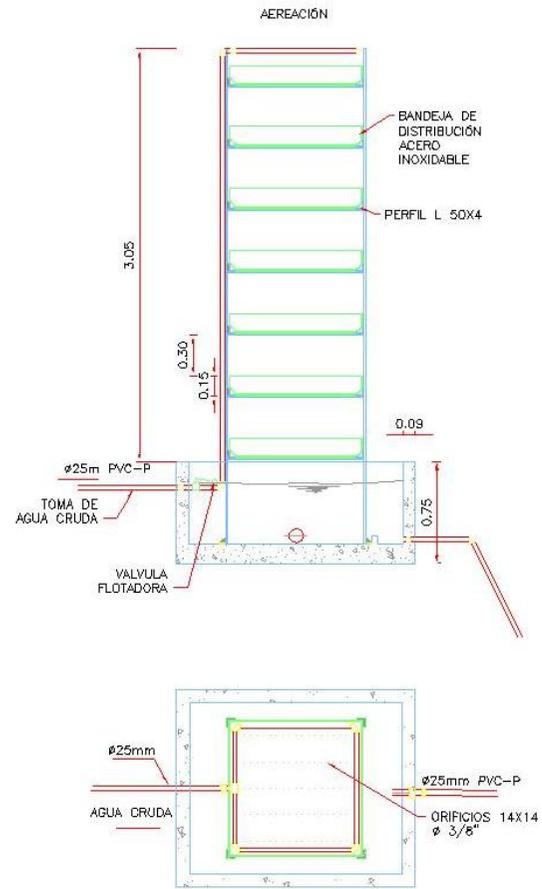


### C) CORTE B-B'

#### CORTE B-B'

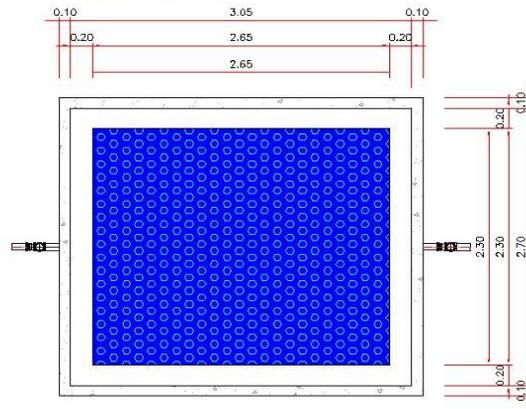


## D) AERADOR DE BANDEJAS MÚLTIPLES

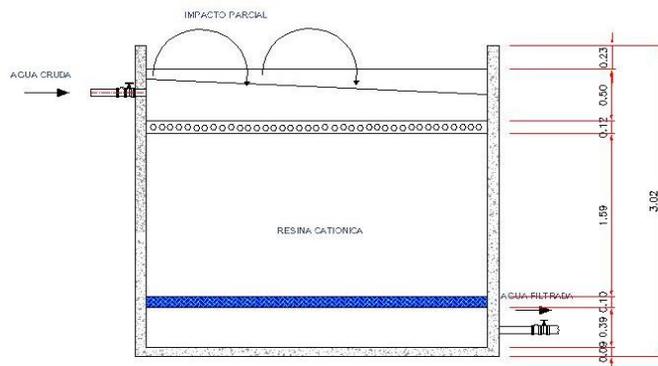


## E) ABLANDADOR

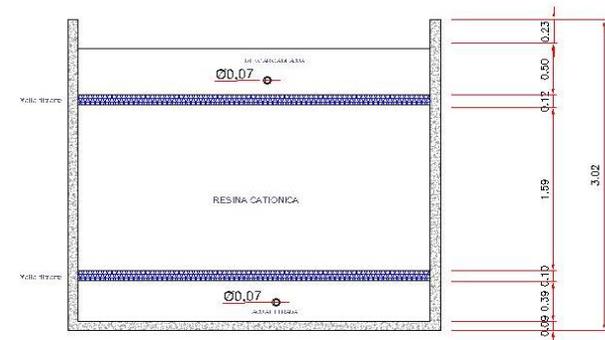
VISTA PLANTA



CORTE A-A'

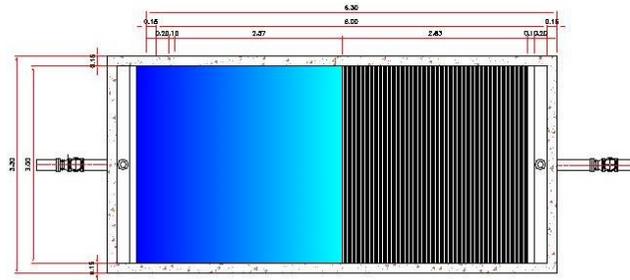


CORTE B-B'



## F) SEDIMENTADOR DE TASA ALTA

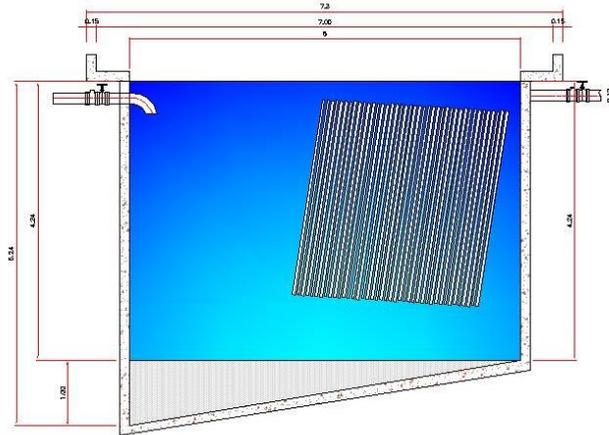
VISTA PLANTA



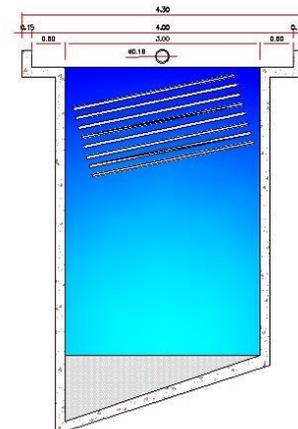
PLACAS



CORTE A-A'



CORTE B-B'



**ANEXO 11. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL TERMINAL DE PRODUCTOS**



**MANUAL DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO PARA LA  
PLANTA POTABILIZADORA DEL  
TERMINAL DE PRODUCTOS  
LIMPIOS, RIOBAMBA.**

---

# **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA**

## **1. OBJETIVO**

El objetivo principal de este manual es conocer los procesos fundamentales, que permita operar y mantener en buenas condiciones el sistema de tratamiento de agua potable del Terminal de Productos Limpios, Riobamba, garantizando que una vez que el agua cruza por la planta cumpla con la normativa vigente, INEN: 1108:2014 de los límites permisibles para consumo humano.

## **2. ALCANCE**

Incluye al personal técnico a cargo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

## **3. RESPONSABILIDADES**

El Coordinador del Terminal de Productos Limpios tendrá la responsabilidad de hacer cumplir a al personal encargado, que se lleve correctamente el funcionamiento, control y mantenimiento de la planta de agua potable.

El Supervisor del departamento de Seguridad, Salud y Ambiente estará a cargo de controlar que cada uno de los procesos funcione de forma continua y correcta, además de capacitar de forma técnica y periódica al personal de mantenimiento civil menor para que puedan llevar a cabo la manutención del sistema de potabilización.

Todo el personal de mantenimiento civil menor una vez inducidos en los conocimientos básicos del funcionamiento del sistema de potabilización serán los que controlen que la infraestructura se mantenga limpia, constantemente pasarán al técnico a cargo todo tipo de anomalía encontrada en ella y serán quienes lleven un registro diario donde se pueda verificar el mantenimiento realizado.

El Técnico Líder de laboratorio de Control y Calidad será quien revise a diario que el agua pase por cada uno de los tratamientos, sin ningún tipo de inconveniente, realizará un registro diario

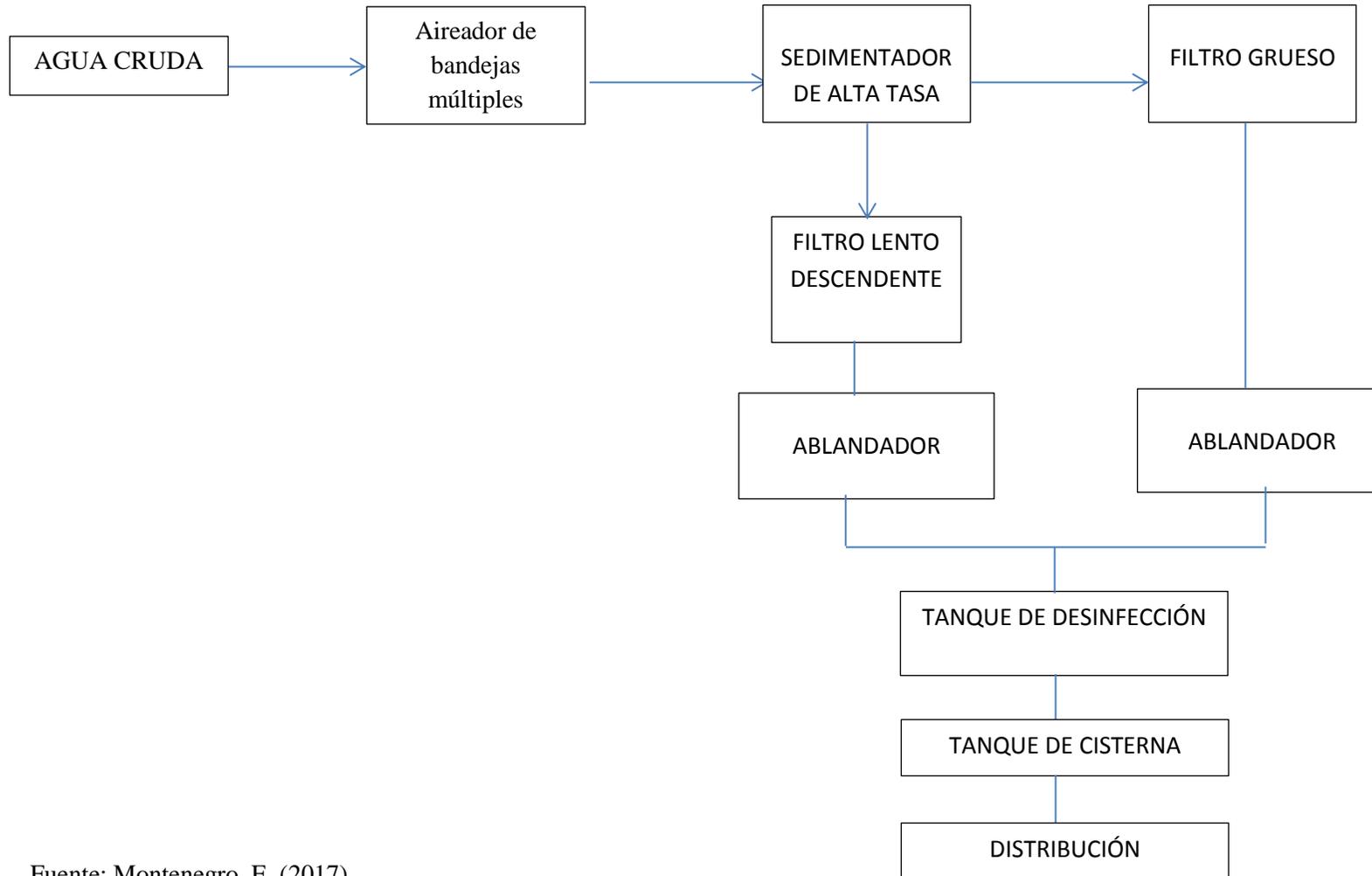
donde se constata la dosificación añadida y los parámetros analizados verificando que todo esté dentro de norma.

#### **4. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS**

El sistema de potabilización para el Terminal de Productos Limpios, Riobamba en su estructura consta de los siguientes procesos:

- Aireador de bandejas múltiples
- Sedimentador de tasa alta
- Filtro grueso
- Filtro lento descendente
- Ablandadores
- Tanque de desinfección
- Tanque de cisterna

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE



Fuente: Montenegro, E. (2017)

#### **4.1. Aireador de Bandejas Múltiples**

Presentan las siguientes dimensiones: altura total de la torre 2.5 m, una torre con 7 unidades de aireación, área de cada bandeja de  $1 \text{ m}^2$ , con separación de 0.30 entre bandeja y con espesor de 0.15 m, conectados por tuberías de PVC.

#### **4.2. Sedimentador de Alta Tasa**

Las dimensiones del sedimentador son: una longitud de 5 m, presenta un ancho de 3 m, con un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ , siendo el área de sedimentación de  $15 \text{ m}^2$ .

#### **4.3. Ablandador**

Cuenta con dos unidades cada una con las siguientes dimensiones: un ancho de 2,30 m, longitud de 2.65 m, utilizando dos unidades, considerando el momento de la limpieza que pueda alternarse, unidos con tuberías de PVC.

#### **4.4. Tanque de Desinfección**

Es un tanque cuadrado de: 1m de longitud por 1m de ancho con un volumen de  $0,87\text{m}^3$ .

### **5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

#### **5.1. Verificación Periódica**

Se debe realizar pruebas frecuentes antes posibles fallas que puedan acontecer, mediante la inspección de los equipos. Determinar las características físico-química y bacteriológica del agua cruda y del agua tratada en cada tratamiento realizado. Comprobar la eficacia y utilidad de cada uno de los procesos.

#### **5.2. Mantenimiento Periódico**

Es importante tomar en cuenta que se deben remover y sustituir los materiales que se encuentran saturados o que interfieran en el buen funcionamiento de cada proceso durante el tratamiento del agua.

### **5.3. Herramientas de Mantenimiento**

- Manguera
- Azadón
- Recogedor
- Escoba
- Rastrillo
- Varilla de acero
- Cepillos plásticos

### **5.4. Equipo de Protección para los Operadores**

- Botas de caucho puntas de acero
- Ropa de trabajo
- Poncho impermeable
- Guantes de látex o nitrilo
- Casco de protección
- Gafas de protección
- Mascarilla

## **6. PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Es necesario estar pendientes de los accesorios que están implementados en la planta y de su funcionamiento para evitar taponos u obstrucciones en las tuberías, aflojamiento de pernos y desgaste de la pintura de cada equipo.

El mantenimiento para la conservación de los mismos se ejecutará anualmente, considerando hacer algún cambio de ser visto necesario.

## **7. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN**

### **7.1. Aireador de bandejas múltiples**

Reside en realizar la limpieza de forma manual una vez al mes, utilizando abundante agua limpia, escoba y rastrillo, considerando utilizar detergente biodegradable si es necesario, para prevenir alteración de las características del agua.

## **7.2. Sedimentador de tasa alta**

Se considera que debe estar libre todo tipo de impurezas que esté relacionada con el agua cruda, pues continuamente el agua se encuentra en contacto con material adherido a las paredes de concreto y superficies de metal, el cual se acumula rápidamente en la superficie del tanque del sedimentador, con la finalidad de ser removido para no causar afectación a la calidad del agua, por lo que se procura tener a diario el cuidado necesario para retirar todo el material existente en la superficie del área de sedimentación, para lo cual se utilizara un desnatador.

La limpieza debe realizarse periódicamente tanto en la entrada y salida del equipo, de igual manera los canales del mismo, con el propósito de evitar la reproducción de bacterias que puedan causar mal olor. Cuando se requiera sea de forma semanal o diaria, se debe retirar los sólidos acumulados que puedan aparecer en las paredes del sedimentador.

## **7.3. Filtro grueso ascendente**

Este tipo de filtros presentan varias ventajas y desventajas, entre las que se encuentran que son sistemas de fácil operación y mantenimiento, presenta bajos costos de energía, la filtración es más efectiva debido al efecto del medio filtrante para la remoción de los sólidos presentes en el agua. Los filtros gruesos son utilizados como pretratamiento de los filtros lentos de arena.

El medio filtrante (grava) del sistema de filtración se debe lavar como mínimo una vez al año con una escoba y abundante agua, con el propósito de evitar que el sistema colapse con el paso del tiempo.

## **7.4. Filtro lento descendente**

Este filtro es importante ya que mediante el mismo se realiza la separación de bacterias y partículas, son de fácil mantenimiento y operación, sus costos de energía son bajos, la filtración en este caso consiste en atravesar un lecho poroso (arena), las cuales eliminan considerablemente material en suspensión y coloidal de estar presentes en el agua.

El medio filtrante utilizado (arena), del sistema debe ser lavado por lo menos una vez cada 3 meses al año con una escoba y abundante agua, con la finalidad de evitar que el sistema de tratamiento colapse con el pase del tiempo.

## **7.5. Ablandadores**

Los ablandadores actúan de forma similar que los filtros, con la diferencia del tipo de lecho filtrante que es utilizado, en este caso es la resina catiónica, la que sirve para acondicionar aguas que presentan en su caracterización alta dureza, estas resina de intercambio iónico aseguran que este procedimiento sea eficaz y presente una duración útil para el sistema.

La limpieza de los ablandadores debe realizarse con una escoba y restrillo para todo el tanque de filtración, incluido las paredes del sistema, la resina catiónica que se emplea en los ablandadores debe ser cambiada cada 6 meses para evitar que el procedimiento se deteriore con el tiempo.

## **7.6. Tanque de desinfección**

En el tanque de desinfección, su función se llevará a cabo utilizando hipoclorito de calcio, el cual será agregado según los cálculos obtenidos con anterioridad.

Se realizará la limpieza semestralmente, utilizando una escoba, cepillo y abundante agua limpia para remover todas las impurezas de las paredes del tanque con la finalidad de evitar que exista proliferación de microorganismo y pueda provocar enfermedades gastrointestinales para quienes consumen el agua.

## **7.7. Cisterna**

Este tanque deberá tener una tapa hermética y estar ubicado en una zona protegida del sol, con suficiente ventilación.

La limpieza se realizará trimestralmente, utilizando una escoba y cepillo para eliminar las impurezas adheridas en las paredes la misma, además se agregará detergente para complementar el lavado, considerando que este debe ser biodegradable para evitar todo tipo de contaminación y alteración a la calidad del agua.

## APÉNDICE

### A. Ficha de capacitación a operadores

		<h1 style="margin: 0;">FICHA DE CAPACITACIÓN</h1>			
ENCARGADO:		FECHA:		NÚMERO DE REGISTRO:	
CAPACITACIÓN :					
TEMAS:					
<b>LISTA DE ASISTENCIA</b>					
N°	APELLIDOS	NOMBRES	DEPARTAMENTO	N° ROL	Firma
1					
2					
3					
·					
·					
N					
<b>RESPONSABLE DE CAPACITACIÓN</b>					
APELLIDOS		NOMBRES	DEPARTAMENTO		FIRMA
<b>RESPONSABLE DE REGISTRO DE CAPACITACIÓN</b>					
APELLIDOS		NOMBRES	DEPARTAMENTO		FIRMA
APROBADO POR:			APROBADO POR:		
TÉCNICO RESPONSABLE:			GERENTE DEL TERMINAL:		
FECHA:			FECHA:		

**B. Ficha de dosificación**

		<b>FICHA DE DOSIFICACIÓN</b>			
<b>REACTIVO:</b>		<b>ESTADO (S-L)</b>		<b>FECHA:</b>	
<b>Responsable:</b>			<b>N° ROL</b>		
<b>HORA</b>	<b>DOSIS (mg/L)</b>		<b>Temperatura (°C)</b>		
<b>Observaciones:</b>					
<b>APROBADO POR:</b>			<b>APROBADO POR:</b>		
<b>TÉCNICO RESPONSABLE:</b>			<b>GERENTE DEL TERMINAL:</b>		
<b>FECHA:</b>			<b>FECHA:</b>		

**C. Ficha de operación de los equipos**

		<h2 style="margin: 0;">FICHA DE OPERACIÓN</h2>		
<b>MOTIVO:</b>				<b>Fecha:</b>
<b>ENCARGADO:</b>				<b>N° ROL:</b>
<b>EQUIPO</b>	<b>Hora</b>	<b>PARÁMETRO MEDIDO</b>	<b>pH/CE/T/DOSIS</b>	<b>N° de Unidad</b>
<b>Observaciones:</b>				
<b>APROBADO POR:</b>		<b>APROBADO POR:</b>		
<b>TÉCNICO RESPONSABLE:</b>		<b>GERENTE DEL TERMINAL:</b>		
<b>FECHA:</b>		<b>FECHA:</b>		

## D. Ficha de mantenimiento de los equipos

	<h1>FICHA DE MANTENIMIENTO</h1>
<p><b>a. INFORMACIÓN PRINCIPAL</b></p> <p>Fecha (año//mes//día): _____</p> <p>Hora de Inicio de mantenimiento (24 h): _____</p> <p>Hora de Término de mantenimiento (24 h): _____</p> <p>Responsable: _____</p> <p>Nº Rol: _____</p> <p><b>b. ELEMENTO DE MANTENIMIENTO:</b></p> <p>Instalación <input type="checkbox"/>                      Máquina <input type="checkbox"/>                      Equipo <input type="checkbox"/></p> <p><b>IDENTIFICACIÓN</b>(Instalación, Máquina, Equipo): _____</p> <p><b>c. TIPO DE MANTENCIÓN</b></p> <p>Preventiva <input type="checkbox"/>                      Correctiva <input type="checkbox"/>                      Mejora <input type="checkbox"/></p> <p><b>d. DETALLE DE LA ACTIVIDAD REALIZADA</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<b>APROBADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
<b>TÉCNICO RESPONSABLE:</b>	<b>GERENTE DEL TERMINAL:</b>
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>