

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA POTABILIZADORA
DEL CANTON PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”.**

Tesis previo a la obtención del Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: VERÓNICA LISBETH ESPÍN
RODRÍGUEZ DIRECTOR: Masabanda Marco

PUYO – ECUADOR

Noviembre de 2012

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Informe de Investigación sobre el tema: **“EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTON PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”** de la Autora Verónica Lisbeth Espín Rodríguez estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador designado por la Junta Universitaria de la Universidad Estatal Amazónica.

Puyo, 12 de Noviembre 2012

TUTOR

.....
MSc. Masabanda Marco

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Los criterios emitidos en el trabajo de la investigación: **“EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTON PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”** como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Puyo, 12 de Noviembre 2012

AUTORA

.....
Verónica Espín

DERECHOS DE AUTOR

La autora cede sus derechos, para que la institución pueda hacer uso en lo que estime conveniente, siempre y cuando sea para fines de investigativos o de consulta.

Puyo, 12 de Noviembre 2012

AUTORA

.....

Verónica Espín

APROBACION DEL JURADO EXAMINADOR

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: **“EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA PLANTA POTABILIZADORA DEL CANTON PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”** de Verónica Lisbeth Espín Rodríguez, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Puyo, 12 de Noviembre 2012

Para constancia firman

.....

Dr. Cristian Vasco

Presidente del tribunal

.....

Dra. Angélica Tasambay

Miembro del tribunal

.....

Ing. Billy Coronel

Miembro del tribunal

DEDICATORIA

A mi abuelita Elena Ortiz Peñafiel, quien formó mi vida; quien me ha dado todo su cariño, su amor y comprensión de forma incondicional, a ti abuelita querida porque eres la mejor del mundo y porque te amo con todo mi corazón. Porque con tu ejemplo, consejos y apoyo incondicional me has enseñado que la perseverancia y la fuerza de voluntad es fundamental para cumplir con todos los objetivos que me he propuesto a lo largo de mi vida, por ti el presente trabajo es una realidad.

A mi madre Ana Rodríguez Ortiz, quien me dio la vida y quien me ha dado siempre su apoyo de forma incondicional y ha sabido dar un consejo de perseverancia y de que con constancia y dedicación podemos cumplir nuestras metas, a ti mamita que me has demostrado el ejemplo de lucha para alcanzar lo que nos proponemos.

A mi esposo e hija Luis y Bryana que siempre me ayudaron en esta meta propuesta y es por ello que son la razón y el impulso para llegar a ser un profesional competente, responsable y útil para la sociedad.

A mis hermanos Cristian, Steeven, Kevin, Lenin y Ángel, parte fundamental en mi vida.

En general a todas las personas que me han apoyado en toda mi etapa estudiantil, profesores familiares, amigos conocidos, para ellos dedico también el presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y bendecirme siempre, por ser mi amigo mi confidente y quien guía mi camino, por el he logrado cumplir mis objetivos y ser quien soy.

A mi madre y abuelitos que siempre me impulsaban a seguir adelante y cumplir con este objetivo, que con su ejemplo y perseverancia me han enseñado que todos somos capaces de poder cumplir las metas y propósitos planteados en la vida, gracias mamá y queridos abuelitos.

Al Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Palora por haberme dado las facilidades correspondientes para la realización de este trabajo.

Al Gerente de la Empresa de agua potable y alcantarillado, Dr. Marco Guamán, por la ayuda prestada para hacer posible la realización del presente documento.

Al Tutor de tesis, Ing. Marcos Masabanda quien me ha guiado con sus conocimientos.

A mis amigas Mayra Heras y Mayra Vilema, quienes siempre fueron un apoyo para continuar luchando para alcanzar esta meta de ser ingeniero ambiental.

A mi esposo, Luis Quishpi que es mi fuerza y mi apoyo incondicional, su comprensión ha sido parte fundamental en esta investigación.

RESUMEN.

La investigación se realizó en la PTAP del cantón Palora. La potabilización de las aguas naturales constituye un proceso de suma importancia que convierte el líquido vital en un agua limpia de materias extrañas y totalmente apta para el consumo humano, para que este proceso tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada, herramientas eficientes, insumos necesarios y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento, es por ello que se evaluó esta planta potabilizadora mediante tres aspectos importantes como son la caracterización de la zona de estudio, la determinación hidráulica de las unidades operacionales y el análisis de la calidad del agua procesada.

La falta de interés de las autoridades en la planta potabilizadora, fueron las razones por las cuales se investigó los aspectos que influían negativamente en el funcionamiento de la misma. Mediante la investigación se determinó que la Planta de Tratamiento de agua Potable del cantón Palora no está preparada para tratar aguas con presencia de turbiedad, lo que implica el desabastecimiento del líquido vital en temporada lluviosa. Sin embargo, el agua tratada cumple con los límites máximos permisibles en cuanto a aguas para consumo humano como lo establece La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Primera Revisión), septiembre 2005. La determinación hidráulica determina que las unidades están trabajando sobrecargadas, según el criterio de algunos autores. Finalmente se realizó un diseño de las unidades inadecuadas con determinaciones hidráulicas óptimas para el caudal que se trata, un registro de dosis y caudal de desinfectante y un plan de manejo operacional y seguridad ocupacional para los obreros, con estas aportaciones se pretende mejorar la situación actual de la PTAP del cantón Palora.

PALABRAS CLAVES: Potabilización, agua potable, sedimentación, PTAP convencional, floculación, filtración, desinfección, calidad de agua,

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS.

Páginas Preliminares.

REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
RESUMEN.....	viii

Contenido General.

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
HIPÓTESIS.....	2
HIPÓTESIS GENERAL.....	2
HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	2
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN LITERARIA.....	4
2.1. El agua elemento vital para el consumo humano.....	4
2.2. El agua en las sociedades.....	5
2.3. Definición, Clasificación y Propiedades de las aguas.....	6
2.4. Clasificación.....	7

2.4.1. Aguas Naturales.....	7
2.4.2. Aguas Meteóricas.....	7
2.4.3. Aguas superficiales.....	7
2.4.5. Aguas Subterráneas.....	8
2.5.0. Propiedades físicas del Agua.....	8
2.6. Ciclo del Agua.....	9
2.7. Materias extrañas que pueden encontrar en las aguas naturales y sus efectos.....	10
2.8. Características que debe satisfacer el agua potable para consumo humano.....	11
2.9. Cantidad máxima aceptables del agua potable.....	11
2.10. Problemas asociados con el agua (enfermedades hídricas).....	14
2.11. Enfermedades de transmisión hídrica y agentes responsables.....	15
2.12. Agua Potable.....	16
2.13. Estación de tratamiento de Agua Potable.....	17
2.14. Tipos de estaciones de potabilización.....	17
2.15. Tipos de tratamientos para potabilizar el agua.....	18
2.15.1. Tratamiento físico.....	18
2.15.2. Tratamiento químico.....	18
2.15.3. Tratamiento Biológico.....	19
2.16. Proceso para potabilizar el agua.....	19
2.16.1. Captación.....	19
2.16.2. Conducción.....	19
2.16.3. Desarenador.....	20
2.16.4. Coagulación.....	20
2.16.5. La Flocculación.....	20
2.16.5.1. Flocculador Hidráulico horizontal.....	21
2.16.6. Sedimentación Simple.....	22

2.16.6.1. Sedimentador Laminar de alta tasa.....	23
2.16.7. Filtración.....	23
2.16.7.1. Filtro Lento.....	23
2.16.8. Desinfección.....	26
2.16.9. Tanques y Reservas.....	26
CAPITULO III.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Localización y duración del experimento.....	27
3.2. Condiciones Meteorológicas.....	27
3.3. Materiales y Equipos.....	29
3.4. Factores de estudio.....	29
3.4.1. Eficiencia de la Planta Potabilizadora.....	29
3.4.2. Determinación Hidráulica de las unidades Potabilizadoras.....	29
3.5. Análisis Estadístico.....	30
3.6. Variables y parámetro medidos.....	30
3.7. Manejo de la investigación.....	31
3.7.1. Descripción del proceso metodológico.....	31
3.7.1.1. Caudal y volumen de Agua.....	31
3.7.1.2. Determinación hidráulica.....	32
3.8. Métodos y técnicas utilizadas.....	33
CAPÍTULO IV.....	35
RESULTADOS.....	35
4.1. Antecedentes dela Planta Potabilizadora del cantón Palora.....	35
4.2. Estudios existentes relacionados con el agua potable de Palora.....	35
4.2.1. Primer Estudio.....	35
4.2.2. Segundo Estudio.....	36
4.2.3. Tercer Estudio.....	38
4.3. Caracterización del Sistema de Captación.....	38

4.3.1. Estructura de la Captación en el río Numbayme.....	39
4.2.2. Deripiador.....	40
4.3.3. Desarenador.....	41
4.3.4. Condiciones Ambientales del área de aporte y sitio de Captación.....	41
4.3.5. Cantidad de agua que provee la cuenca hídrica.....	42
4.3.6. Determinación del caudal necesario para el cantón Palora en un lapso de 25 años.....	44
4.3.6.1. Cálculo de la Población Futura.....	45
4.3.6.2. Dotación necesaria de agua para los habitantes.....	46
4.3.6.3. Determinación del caudal máximo necesario para 25 años.....	48
4.3.7. Calidad de agua de la Fuente.....	48
4.3.8. Conducción de la captación a la Planta de Tratamiento.....	50
4.3.9. Caudal que llega a la Planta.....	50
4.3.10. Caracterización de la Planta de Tratamiento.....	50
4.3.11. Tanque Bifuncional.....	51
4.3.12. Sedimentador.....	53
4.3.13. Filtros Lentos.....	57
4.3.14. Cajones Recolectores de Agua Filtrada.....	58
4.3.15. Desinfección.....	58
4.3.15.1. Determinación de la dosis óptima de Desinfectante.....	60
4.3.16. Reserva de Agua Tratada.....	61
4.3.17. Cuarto de Químicos.....	61
4.3.18. Cuarto de Bombas.....	62
4.4. Determinación Hidráulica de las unidades existentes.....	63
4.4.1. Determinación del Tiempo de Retención en el Tanque recolector.....	63
4.4.2. Determinación de la Velocidad de caída en la Mezcla rápida.....	65
4.4.3. Determinación de las tasas hidráulicas superficiales en el Sedimentador.....	67

4.4.4. Determinación del Tiempo de Retención Hidráulico en el Sedimentador.....	68
4.4.5. Determinación de la carga hidráulica en los filtros.....	70
4.4.6. Volumen gastado en el retrolavado.....	71
4.5. Análisis físico y Microbiológico.....	73
CAPÍTULO V.....	81
DISCUSIÓN.....	81
5.1. Caracterización de la Planta Potabilizadora.....	81
5.2. Determinación Hidráulica.....	85
5.3. Análisis químico y Bacteriológico.....	88
CAPITULO VI.....	89
6.1. Propuesta de un manual de operación y mantenimiento para la PTAP.....	89
6.1.1. Operación y mantenimiento de las Unidades Potabilizadoras.....	90
6.1.1.1. Mezcla Rápida.....	90
6.1.1.2. Registro de caudales para la PTAP del cantón Palora.....	90
6.1.1.3. Manejo de Sustancias Químicas.....	92
6.1.1.3.1. Sulfato de Aluminio.....	92
6.1.1.3.2. Dosificación de productos químicos.....	92
6.1.1.3.3. Dosis óptima de floculante en base a la turbiedad.....	92
6.1.1.3.3.4. Determinación de la masa óptima de coagulante para diferentes caudales en la PTAP del cantón Palora.....	93
6.1.1.3.3.5. Determinación del volumen de Sulfato de Aluminio.....	94
6.1.1.2. Floculador.....	95
6.1.1.3. Sedimentador.....	95
6.1.1.4. Desinfección.....	96
6.1.1.4.1. Manejo y dosificación del cloro para la PTAP de Palora.....	96
6.1.1.4.2. Determinación de la dosis óptima de desinfectante a diferentes	

caudales.....	96
6.1.1.4.3. Determinación de la concentración óptima de desinfectante...	98
6.1.1.4.4. Determinación del caudal óptimo de desinfectante.....	99
6.2. Diseño de reconstrucción de unidades operacionales de la PTAP de Palora.....	101
6.2.1. Diseño del Tanque recolector.....	101
6.2.1.1. Determinación hidráulica en el Tanque recolector diseñado....	103
6.2.2. Diseño del Sistema de Mezcla Rápida.....	105
6.2.2.1. Determinación hidráulica en el Sistema de mezcla rápida Diseñado.....	106
6.2.3. Diseño del Floculador hidráulico	110
6.2.3.1. Determinación hidráulica en el Sistema de Floculación.....	115
6.2.4. Diseño del Sedimentador de alta tasa.....	121
6.2.4.1. Determinación hidráulica para el Sedimentador	123
6.3. Plan de acciones que mejoren la salud y seguridad laboral en los trabajadores de la PTAP de Palora.....	128
6.4. Cronograma de Actividades.....	129
6.5. Análisis Económico.....	130
7. CONCLUSIONES.....	131
8. RECOMENDACIONES.....	133
9. SUMMARY.....	134
10. ABREVIATURAS.....	135
11. BIBLIOGRAFÍA.....	136
ANEXOS.....	139
Anexo 1. Ficha de Observación.....	139
Anexo 2. Límites máximos permisibles para agua de consumo (TULAS).....	140
Anexo 3. Límites máximos permisibles para agua de consumo (NTE)...	141

Anexo 4. Plano regulador del cantón Palora.....	142
Anexo 5. Análisis de calidad de agua.....	143
Anexo 5.1. Análisis del agua de la Captación.....	143
Anexo 5.2. Análisis del agua de la mezcla rápida.....	144
Anexo 5.3. Análisis del agua de antes de cloración.....	145
Anexo 5.4. Análisis del agua de grifo de guardería.....	146
Anexo 5.5. Análisis del agua antes de ingresar a los filtros.....	147
Anexo 5.6. Análisis del agua después de la salida de los filtros.....	148
Anexo 6. Registro y documentos técnicos de Mantenimiento.....	149
Anexo 6.1. Formulario de Operación.....	149
Anexo 6.2. Registro diario de análisis bacteriológico y cloro residual...	150
Anexo 6.3. Registro de caudales.....	151
Anexo 6.4. Registro de mantenimiento correctivo.....	152
Anexo 7. Gráficos de unidades rediseñadas.....	153
Anexo 7.1. Gráfico del tanque recolector diseñado.....	153
Anexo 7.2. Gráfico del tanque floculador diseñado.....	155
Anexo 7.3. Gráfico del salto hidráulico diseñado.....	157
Anexo 7.4. Gráfico del canal abierto diseñado.....	159
Anexo 7.5. Gráfico tanque floculador diseñado.....	161
Anexo 7.6. Gráfico tanque sedimentador diseñado.....	163
Anexo 7.7. Esquema total de la PTAP diseñada para el cantón Palora.	165

INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano (TULAS).....	11
Tabla 2. Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano (NTE).....	13
Tabla 3. Enfermedades de transmisión hídrica.....	15
Tabla 4. Límites máximos y mínimo para arenas en cada capa del filtro.....	25
Tabla 5. Datos Meteorológicos del cantón Palora.....	27
Tabla 6. Precipitaciones máximas para el cantón Palora.....	43
Tabla 7. Dotación de agua según el número de habitantes.....	47
Tabla 8. Dotación proyectada de agua para la población del cantón Palora...	47
Tabla 9. Análisis físico-químico del agua de la fuente.....	49
Tabla 10. Determinación del tiempo de retención en el Tanque recolector...	64
Tabla 11. Parámetros de la pendiente.....	65
Tabla 12. Velocidad de caída en la Mezcla rápida.....	66
Tabla 13. Determinación de la tasa Superficial en el Sedimentador.....	67
Tabla 14. Determinación del tiempo de retención en el Sedimentador.....	69
Tabla 15. Determinación de la carga hidráulica en los filtros.....	70
Tabla 16. Volumen gastado en el retrolavado de los filtros.....	72
Tabla 17. Análisis físico del agua de la planta.....	73
Tabla 18. Análisis químico del agua de la planta.....	76
Tabla 19. Análisis biológico del agua de la planta.....	79
Tabla 20. Puntos críticos identificados durante la investigación.....	89
Tabla 21. Registro de caudal para diferentes alturas.....	91
Tabla 22. Dosis óptima de Sulfato de Aluminio según la turbiedad.....	93
Tabla 23. Masa de Sulfato de Aluminio según la Turbiedad.....	94
Tabla 24. Dosis óptima de desinfectante para diferentes caudales.....	97
Tabla 25. Concentración óptima de desinfectante para diferentes caudales....	99

Tabla 26. Tiempo de retención del tanque recolector diseñado.....	104
Tabla 27. Área de la sección transversal en el canal de mezcla rápida diseñado.....	107
Tabla 28. Velocidad del fluido previo al salto hidráulico.....	108
Tabla 29. Determinación del número de Froude en el CMR diseñado.....	109
Tabla 30. Pérdida de energía por cambio de dirección y turbulencia en el floculador diseñado.....	116
Tabla 31. Pérdida de energía por fricción en el canal en el floculador Diseñado.....	117
Tabla 32. Número de Reynolds en el floculador diseñado.....	119
Tabla 33. Tiempo de retención en el floculador diseñado.....	120
Tabla 34. Número de Reynolds en el Sedimentador diseñado.....	124
Tabla 35. Velocidad de Sedimentación en el Sedimentador diseñado.....	125
Tabla 36. Tiempo de retención en el Sedimentador diseñado.....	127
Tabla 37. Cronograma de actividades.....	129
Tabla 38. Análisis económico.....	130

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Floculador Hidráulico Horizontal.....	21
Figura 2. Sedimentador Laminar.....	23
Figura 3. Filtro Lento.....	24
Figura 4. Plano regulador del cantón Palora.....	28
Figura 5. Proceso metodológico de la investigación.....	33
Figura 6. Captación en el río Numbayme.....	39
Figura 7. Rejillas.....	40
Figura 8. Canal abierto y deripador.....	40
Figura 9. Desarenador.....	41
Figura 10. Diagrama de operaciones para la PTAP de Palora.....	51
Figura 11. Tanque Bifuncional.....	52
Figura 12. Sedimentador izquierdo y derecho.....	54
Figura 13. Estructura interna del sedimentador.....	55
Figura 14. Vertederos Triangulares.....	56
Figura 15. Uno de los cuatro filtros lentos.....	57
Figura 16. Estructura del lecho filtrante.....	58
Figura 17. Sulfato de Aluminio.....	59
Figura 18. Adición de desinfectante al agua en proceso.....	59
Figura 19. Hipoclorador de 500 L.....	60
Figura 20. Tanques de reserva de la PTAP del cantón Palora.....	61
Figura 21. Cuarto de químicos.....	62
Figura 22. Cuarto de bombas de la PTAP.....	62
Figura 23. Tiempo de retención en el tanque recolector.....	64
Figura 24. Velocidad de caída en la mezcla rápida.....	66
Figura 25. Tasa Superficial en el Sedimentador.....	68
Figura 26. Tiempo de retención en el Sedimentador.....	69
Figura 27. Carga hidráulica en los filtros.....	71

Figura 28. Volumen gastado en el retrolavado de los filtros.....	72
Figura 29. Comparación del análisis químico del pH con el LMP.....	73
Figura 30. Comparación del análisis químico del color con el LMP.....	74
Figura 31. Comparación del análisis químico de la turbiedad con el LMP.....	74
Figura 32. Comparación del análisis químico del STD con el LMP.....	75
Figura 33. Comparación del análisis químico de la conductividad total con el LMP.....	75
Figura 34. Comparación del análisis químico del hierro total con el LMP.....	76
Figura 35. Comparación del análisis químico del manganeso con el LMP.....	77
Figura 36. Comparación del análisis químico del amoníaco con el LMP.....	77
Figura 37. Comparación del análisis químico de los nitratos con el LMP.....	78
Figura 38. . Comparación del análisis químico de los nitritos con el LMP.....	78
Figura 39. Comparación del análisis químico de los fosfatos con el LMP.....	79
Figura 40. Comparación del análisis bacteriológico de los coliformes fecales con el LMP.....	80
Figura 41. Dosis óptima de desinfectante para diferentes caudales.....	98
Figura 42. Concentración óptima de desinfectante para diferentes caudales..	99
Figura 43. Tanque recolector diseñado.....	102
Figura 44. Vista lateral del tanque recolector.....	103
Figura 45. Tiempo de retención en el Tanque recolector diseñado.....	104
Figura 46. Canal de mezcla rápida diseñado.....	105
Figura 47. Resalto Hidráulico.....	106
Figura 48. Área del sector mojado en el CMR diseñado.....	107
Figura 49. Velocidad del fluido en el CMR antes del resalto hidráulico.....	109
Figura 50. Número de Froude para el Resalto hidráulico.....	110
Figura 51. Tanque floculador diseñado.....	113
Figura 52. Vista frontal del tanque floculador diseñado.....	114
Figura 53. Pérdida de energía por cambio de dirección y turbulencia en el	

floculador diseñado.....	116
Figura 54. Pérdida de energía por fricción en el floculador diseñado.....	118
Figura 55. Número de Reynolds en el floculador diseñado.....	119
Figura 56. Tiempo de retención en el floculador diseñado.....	120
Figura 57. Tanque sedimentador diseñado.....	122
Figura 58. Número de Reynolds en el sedimentador diseñado.....	124
Figura 59. Velocidad de sedimentación en el sedimentador diseñado.....	126
Figura 60. Tiempo de retención en el sedimentador diseñado.....	127

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

Las Plantas Potabilizadoras de agua (PTAP), son unidades de transformación de agua natural en agua **potable** y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano. La potabilización, mayormente, se realiza sobre aguas originadas en manantiales naturales y en aguas subterráneas. En tanto, el agua potable es aquella que puede ser consumida por los seres humanos sin ningún tipo de restricción porque se encuentra absolutamente limpia de materias extrañas que ésta pueda contener, entre ellas: sólidos suspendidos, aglomeración de coloides, organismos patógenos, hierro y manganeso, sedimentación y corrosión, entre otras.

Debido a la gran importancia que tiene el agua para la vida y conscientes de la responsabilidad de la empresa prestadora del servicio en el cantón Palora de brindar agua potable que cumpla con las normas establecidas por la legislación Ecuatoriana, surgió la necesidad de desarrollar una evaluación de la Planta Potabilizadora de agua de este cantón.

Este trabajo presenta la evaluación de la eficiencia, así como el proceso y funcionamiento de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Palora. El estudio tuvo como fin establecer si el agua resultante del proceso de esta planta cumple con los límites máximos permisibles en sus diferentes parámetros según lo que establece la Norma INEN de la Legislación Ecuatoriana.

Al final del presente documento se presentará el plan de acciones pertinentes con el fin de que la empresa realice las modificaciones del caso y así garantizar el correcto funcionamiento de la planta de potabilización.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la eficiencia de la planta potabilizadora del cantón Palora por medio de un estudio preliminar de caracterización del sistema operacional, para el establecimiento de un plan de manejo y manual operacional que garanticen el correcto funcionamiento de la planta de potabilización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar el manejo operacional que se realiza en cada unidad tratante de la planta potabilizadora.
- Determinar parámetros hidráulicos en las operaciones unitarias existentes.
- Determinar la calidad de agua que se procesa en la planta.
- Proponer un manual de manejo operacional para la instalación potabilizadora.

HIPÓTESIS.

HIPÓTESIS GENERAL.

Un buen manejo operacional de la planta potabilizadora permitirá obtener agua en óptimas condiciones para consumo humano.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

Hipótesis Específica 1.

Un mantenimiento integral en toda el área de captación garantizará un aumento significativo en la calidad del agua.

Hipótesis Específica 2.

La determinación hidráulica en las unidades contribuirá a corregir los defectos de diseño de la planta potabilizadora.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El agua elemento vital para el consumo humano

El agua es el elemento más abundante e imprescindible de nuestro planeta; La importancia vital que tiene el agua radica en que todos los seres vivos dependen de ésta para su existencia. El crecimiento económico y el desarrollo social de una región tienen dependencia absoluta del factor agua. También afecta los patrones de vida y cultura regionales, por lo que se la reconoce como un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. Es decir este elemento vital es fundamental para el desarrollo y crecimiento de una región o nación. (Almirón, 2004).

El porcentaje de agua dulce existente en el planeta es mínimo en comparación con el porcentaje de agua salada, puesto que el 97,5% del agua está ubicada en mares y océanos. Los mayores porcentajes de agua dulce se encuentran en los casquetes polares, esto equivale al 2% del total existente y el 0.5 % restante del líquido vital se ubica en las profundidades de la tierra (1000 m de profundidad), es decir corresponde al agua subterránea. El agua dulce no se encuentra distribuida de forma equitativa en el planeta, esto contribuye a que algunas regiones cuenten con agua necesaria para cubrir las necesidades de su población y en otros lugares exista escases del líquido vital, lo que a su vez afecta, disminuyendo la calidad de vida de sus habitantes. (Fernández y Mortier, 2005).

El agua se encuentra en varios estados, los mismos que son: sólido, líquido y gaseoso. En estado sólido se puede encontrar en la nieve, hielo, granizo y escarcha; en estado líquido está en los mares, ríos, lagos,

cataratas y fuentes, y en estado vapor se manifiesta por medio de la humedad atmosférica. (Admin, 2010).

El uso de agua contaminada en las actividades diarias de las personas, especialmente en las alimenticias, puede causar un sinnúmero de infecciones. Los individuos más vulnerables a ser contaminados por infecciones ocasionadas por agua contaminada son los infantes, que generalmente son afectados por diarreas infantiles. En los países menos desarrollados son comunes las diarreas persistentes en los lactantes. (Chin 2001).

En resumen se puede decir que las funciones principales del agua es la de mantener la existencia de la vida y funcionamiento de la economía. Sin embargo un uso inadecuado del líquido vital puede causar enfermedades y muerte, por ello es indispensable que el agua cumpla con característica tanto físicas, químicas y biológicas que le permita ser apta para el consumo o para cualquier uso que se la destine.

2.2. El agua en las sociedades

El agua desde los tiempos más remotos de la historia ha tenido un papel fundamental en la subsistencia de los seres vivos, pero además el líquido vital es fundamental para el desarrollo de la humanidad, puesto que es de gran utilidad en el avance de varias actividades, especialmente económicas (Castillo, 2007), entre ellas:

- Sin agua no se podría ejercer el desarrollo de la agricultura, puesto que ésta es utilizada principalmente en el sistema de riego.
- La actividad industrial requiere del elemento agua (en forma de vapor de agua) para efectuar los proceso de producción.
- El agua es fundamental para el transporte y la navegación.
- Y además el agua es utilizada por las centrales hidroeléctricas para la obtención de energía.

Los economistas consideran el agua como un medio de producción necesario para las diferentes actividades humanas. Sin embargo no se expresa la importancia del agua en la economía en términos monetarios, por ello es necesario que las instituciones tengan criterios adecuados en la gestión de este elemento natural. (Aguilera, 1994).

2.3. Definición, Clasificación y Propiedades de las aguas.

El agua es un elemento inorgánico que molecularmente está compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de hidrógeno. Este líquido vital solo se lo puede encontrar con esta composición en el laboratorio.

En la constitución del agua se encuentran diversas sales minerales que le dan características organolépticas y terapéuticas. Debido a que este elemento es fundamental para la vida, es considerada esencial, por lo tanto se le otorga el adjetivo de nutriente. (Begoña, 2010).

El agua es denominada como el elemento más abundante de la Tierra, sin embargo en muchos lugares del planeta es escaso. (Marcén, 2010).

El agua sin duda alguna es sinónimo de vida, puesto que sin este elemento fundamental es inconcebible que exista vida de ningún tipo, constituye un derecho universal para los seres vivos, por ello todos deben cuidarla y preservarla.

La carencia de agua es razón suficiente para la aparición de enfermedades e inclusive la muerte, sin embargo actualmente el valor del agua en nuestro país no se ve reflejado en el precio monetario, únicamente se aprecia el valor del líquido vital cuando éste llega a faltar. (Neira, 2009).

En resumen el agua en estado natural está formada por una combinación química elemental, pero cuando tiene contacto con los elementos de la naturaleza recibe en su composición inicial sales minerales que le aportan nuevas y numerosas características; además el agua es el componente

más abundante en la tierra, sin embargo no existe suficiente líquido vital en muchas regiones. El agua es vida y establece la riqueza o pobreza de un pueblo. Sin agua es inadmisibile la existencia y progreso de la vida.

2.4. Clasificación.

Según (Madrid 2012) la clasificación del agua se realiza tomando en cuenta su ubicación, puesto que este parámetro determina de manera predominante la composición del líquido.

2.4.1. Aguas Naturales: Este tipo de aguas se localizan especialmente en la superficie terrestre y el ser humano las utiliza para el desarrollo de su vida e inevitablemente para ejercer sus actividades. Las aguas naturales que se puede encontrar en el medio ambiente son: aguas meteóricas, superficiales y subterráneas.

2.4.1.1. Aguas meteóricas: Este tipo de aguas se denominan así porque son procedentes directamente de la atmósfera, en forma de lluvia. Por esta razón estas aguas son captadas antes que lleguen a la superficie terrestre, mediante superficies que se encuentren expuestas a la precipitación pluvial, para que luego sean almacenadas en envases correspondientes.

Por lo tanto para poder captar y almacenar las aguas meteóricas es necesario tener áreas muy extensas y solo es suficiente para satisfacer la demanda del líquido vital en pequeñas poblaciones y en donde no hay otro recurso.

2.4.1.2. Aguas superficiales: Las aguas superficiales son aquellas que se ubican en los ríos, lagos y lagunas. Durante su recorrido, el agua de los ríos va teniendo un sinnúmero de transformaciones, puesto que acogen en su seno diversidad de materias que poseen los diferentes suelos por los que éstas pasan, la

presencia de estas materias en la composición natural del agua de los ríos modifica de manera determinante su constitución primaria. Durante su recorrido los ríos pueden albergar elementos extras como: desechos de poblaciones e industrias; por ello generalmente estas aguas se encuentran contaminadas. Las aguas superficiales poseen un nivel superior de importancia, puesto que son las más utilizadas para el consumo humano y porque sus cuencas albergan gran biodiversidad. (Madrid, 2012).

2.4.1.3. Aguas subterráneas: Este tipo de aguas son aquellas que se filtran en el suelo, por ello éstas solo pueden aflorar en forma de manantiales. Las aguas subterráneas son captadas por medio de galerías filtrantes y pozos. Al atravesar las capas del lecho filtrante, este tipo de aguas pueden sufrir modificaciones en su composición natural.

El agua procedente del interior del suelo cumple un papel fundamental para el suministro de agua potable en áreas urbanas y rurales de la Región de América Latina y el Caribe. Sin embargo existe poco conocimiento de la contaminación de este tipo de agua, por ello no hay prevención para proteger estas fuentes y conservar acuíferos. Las principales actividades que generan impacto sobre la calidad del agua subterránea son: urbanizaciones sin alcantarillado, inadecuada disposición de efluentes líquidos industriales y cambios en las prácticas de cultivo agrícola. (Foster, Ventura, Hirata; 1987).

2.5. Propiedades físicas del agua.

El agua posee las siguientes propiedades físicas:

- Bajo las siguientes condiciones el agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido: entre los 0°C y los 100 °C y a la presión de 760 mm de mercurio. A los 0 °C se congela y a los 100°C pasa a estado de vapor.
- El agua es indiscutiblemente el disolvente más frecuente y la sustancia que tiene mayor capacidad calorífica (necesita mayor cantidad de calor para aumentar en un 1 °C su temperatura).
- Este líquido puede alcanzar su máxima densidad a los 4 °C y su punto de ebullición para condiciones fijas es constante.
- El agua puede convertir un litro de líquido en 1,700 litros de vapor.
- El agua es considerada una sustancia muy estable, puesto que se necesita gran cantidad de energía para su desintegración.
- Además se altera parcialmente a los 2500 °C.
- La fórmula del agua es H₂O, su peso molecular es 18.016 g/mol.
- El agua es la única sustancia que tiene la capacidad de aumentar su volumen al congelarse
- En los puntos de cambio de fase, el agua libera una cantidad de calor mayor que la de cualquier otra sustancia.
- La tensión superficial que posee el agua únicamente es superada por la del mercurio.
(Yaws, 1995).

2.6. Ciclo del agua

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el movimiento continuo del agua entre la atmósfera y la superficie terrestre y comprende distintos pasos.

- I. Primeramente las masas de agua que se encuentran sobre la superficie del suelo se evaporan ascendiendo a la atmósfera, luego se concentran en las nubes y finalmente después de condensarse precipitan como lluvia o nieve si existen muy bajas temperaturas.

- II. El agua precipitada que cae sobre la superficie terrestre, puede almacenarse en tres lugares distintos: se infiltra en el suelo; se difunde sobre un arroyo, río, mar, u océano; se filtra hacia abajo formando un depósito de agua subterránea.
- III. El agua precipitada puede permanecer un lapso de tiempo en un almacenamiento, pero siempre vuelve a evaporarse, para no alterar el ciclo hidrológico.

(Degremont, 2009).

2.7. Materias extrañas que se pueden encontrar en las aguas naturales y sus efectos.

El agua proveniente de cualquier fuente, ya sea superficial, meteórica o subterránea, siempre contiene en su cuerpo materias extrañas en solución y en suspensión en diferentes proporciones. Estas sustancias modifican las propiedades, efectos y usos del agua.

- Los carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, ocasionan incrustaciones en tuberías y causan dureza en el agua.
- La abundancia de sales como cloruros y sulfatos producen un sabor desagradable en el agua. Sin embargo, existen poblaciones que beben agua con hasta 2000 mg/l.
- El hierro le proporciona al agua natural un color rojizo, un sabor desagradable y se incrusta en las tuberías.
- Los nitratos, en concentraciones mayores a 50 mg/l, pueden provocar daños en la sangre en niños de corta edad.
- Los fluoruros en concentraciones mayores a 1.5 mg/l, provocan la aparición de manchas oscuras.

(Rodier, 2011).

2.8. Características que debe satisfacer el agua potable para consumo humano

Para que el agua sea potable debe reunir los siguientes requisitos sanitarios:

- a) El agua debe ser fresca y limpia
- b) No tener ni olor ni sabor.
- c) No contener materia orgánica ni en suspensión ni en disolución.
- d) No contener microorganismos patógenos y no sobrepasar el límite máximo permisible de los no patógenos.
- e) Puede contener determinada proporción de gases disueltos como el oxígeno y otros.
- f) Puede contener en disolución sales en proporciones que no sobrepasen los límites máximos permisibles según los reglamentos de cada región, las sales más importantes son; NaCl, KCl, MgCl₂, Na₂ SO₄, y sales de Fe y Ca.

(Spellman y Drinan, 2004)

2.9. Cantidades máximas aceptables de las sustancias y características físicas que puede contener el agua para ser considerada potable.

Según el TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental) en el libro VI Anexo I, las cantidades máximas aceptables de las sustancias que puede contener el agua potable son las siguientes:

Tabla 1. Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano

Parámetro	Unidades	TULAS LMP
Conductividad	(uS/cm)	No registra
pH		6-9
T agua	°C	Condición Natural +0-3 grados

T ambiente	°C	Condición Natural +0-3 grados
Oxígeno disuelto	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L
% Oxígeno Disuelto	%	al 80% del oxígeno de saturación
Turbidez	NTU	100
DQO	mgO ₂ /L	No registra
DBO₅	mgO ₂ /L	2
Fosfatos (P-PO₄)	mg/L	No registra
Fosforo	mg/L	No registra
(N-NO₃)	mg/L	10
(N-NO₃)	mg/L	1
Color	HAZEN	100
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	500
Bicarbonatos	mgCaCO ₃ /L	No registra
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	No registra
Cloruros	mgCaCO ₃ /L	No registra
STD (in situ)	mg/L	1000
SS	mg/L	No registra
ST	mg/L	No registra
Cianuro	mg/L	0.1
Arsénico		50
Aluminio	mg/L	0.2
Cromo 6+	mg/L	0.05
Cromo Total	mg/L	No registra
Plomo	mg/L	0.05
Mercurio		1
Hierro	mg/L	1

Coliformes Totales	NMP/100mL	3000
Coliformes fecales	NMP/100mL	600

Fuente: Texto Unificado de la Legislación Ambiental, libro VI Anexo I

Según la La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN en la primera revisión, efectuada en septiembre 2005, se considera los siguientes límites máximos permisibles:

Tabla 2. Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano según la NTE INEN

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades	6.5-8.5
Color	Pt-Co	< 15
Turbiedad	U.N.T	<5
Temperatura	°C	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	<1000
Conductividad	µS/cm	<70
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3
Manganeso	Mn ²⁺	0.1
Amoniaco	NH ₃	1.2
Nitratos	NO ₃	44.0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0

Fluor	F-	1.5
Fosfatos	PO43-	0.3
Coliformes Fecales	U.F.C/1 00 ml	0

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, 2005).

Se toma en cuenta esta Norma, porque es la utilizada en el laboratorio de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA-PAL).

2.10. Problemas de salud asociadas con agua (enfermedades de transmisión hídrica).

Según la Organización Mundial de la Salud, la cifra de muertes anuales, que están relacionadas con el consumo de agua no potable, en el mundo se eleva a tres millones. Aproximadamente la mitad de la población de los países en desarrollo sufren enfermedades transmitidas por el agua. Las enfermedades gastrointestinales más frecuentes son:

- La giardiasis
- La hepatitis A
- Los rotavirus,

Las enfermedades clásicas transmitidas por agua contaminada son:

- Cólera
- Disentería
- Fiebre Tifoidea.

De todas las enfermedades transmitidas por el agua, el grupo de las enfermedades diarreicas son la causa principal de mortalidad y morbilidad infantil en los países en desarrollo y subdesarrollo. Se estima que del total de muertes mundiales vinculadas con la diarrea, más del 90% suceden en niños de menos de cinco años de edad. (OMS, 2012).

2.11. Principales enfermedades de transmisión hídrica y agentes responsables.

Tabla No. 3. Enfermedades de transmisión hídrica.

Enfermedad	Origen	Agente
Gastroenteritis aguda y diarreica	Bacteriano	Campylobacter, Yersiniaenterocolítica, Salmonella sp, Shigella.
Disentería Bacilar	Bacteriano	Shigella
Cólera	Bacteriano	Escherichiacolienterotoxigénica
Fiebres tifoideas y paratifoideas	Bacteriano	Salmonella typhi y paratyphi A y B
Hepatitis A y E	Viral	Virus de la hepatitis A y E
Poliomielitis	Viral	Virus de la polio
Gastroenteritis aguda y diarrea	Viral	Enterovirus, Adenovirus, etc.
Disentería amebiana	Parasitario	Entamoebahistolítica
Gastroenteritis	Parasitario	Giardialamblia, Cryptosporidium

Fuente: <http://potabilizacion-del-agua.oaxaka.net/microbiologia-del-agua.html>

2.12. Agua Potable.

Agua potable es aquella que está libre de agentes contaminantes que puedan causar daño o enfermedad en la salud humana, es decir se denomina agua potable a aquella que ha tenido un proceso de purificación, dicho proceso debe estar regido a reglamentos de calidad determinados por las autoridades de una región o nación. (Romero, 2008).

Con el transcurso del tiempo la población de las ciudades y regiones han ido en aumento, razón por la cual las fuentes de agua existentes no satisfacían la demanda de la población, es decir las fuentes de agua limpia comenzaron a escasear, por ello se hizo necesario buscar técnicas eficientes para purificarla.

Las aguas subterráneas, debido a que no están tan expuestas a la contaminación superficial, pueden ser utilizadas sin el uso de procesos complejos de purificación, pero si es necesario que se realice previamente un tratamiento de desinfección con cloro para evitar contaminación accidental en la red de distribución. (Carrión y Vargas, 2001).

Las aguas que se encuentran en la superficie como es el caso de ríos, lagunas, lagos y esteros, debido a que se encuentran expuestas a la superficie tienen mayor contaminación en su cuerpo hídrico, por ello deben pasar por un tratamiento de potabilización antes de ser consumidas. El tratamiento eficiente o potabilizador puede ser físico, químico o microbiológico.

Para que el agua natural sea apta para el consumo humano debe ser potabilizada, mediante procesos de purificación en una estación de tratamiento de agua potable (ETAP). (Carrión y Vargas, 2001).

2.13. Estación de tratamiento de agua potable

Una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), es aquella que está formada por un sinnúmero de unidades potabilizadoras en las que se purifica el agua, convirtiéndola en apta para el consumo humano. (Galvis y Vargas, 1998).

Para potabilizar el agua existen varios métodos y tecnologías, pero todos deben cumplir con los mismos estándares:

- a) Mezcla de barreras variadas (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar mayor eficiencia),
- b) Tratamiento integrado de varias unidades operacionales para producir la purificación deseada.
- c) Se debe determinar el tratamiento en base al objetivo final que estará destinada el agua que va a ser purificada.

2.14. Tipos de Estaciones de potabilización.

- ETAP de tecnología convencional: En este tipo de estación se proporciona al agua tratante los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.
- ETAP de filtración directa: El agua tratante para que tenga este tipo de proceso potabilizante debe tener poca o escasa turbiedad, puesto que consta de los siguientes procedimientos: coagulación-decantación y filtración rápida, si es necesario se puede adicionar el proceso de floculación.
- ETAP de filtración en múltiples etapas (FIME): En este proceso se realizan solo operaciones unitarias de filtración en diferentes magnitudes, las mismas que son: filtración gruesa dinámica, filtración gruesa ascendente y filtración lenta en arena.

(Di Bernardo, 1991).

2.15. Tipos de tratamientos para potabilizar el agua.

2.15.1. Tratamiento Físico.

Este tratamiento consiste en el siguiente procedimiento:

- a) Eliminación de la turbiedad y el color: Se elimina toda materia existente que se encuentre en suspensión, o que tengan dimensiones más pequeñas por haber sido divididas y que no sedimenten fácilmente. En el caso de existir en el cuerpo del fluido materias disueltas o coloidales, es necesario un tratamiento previo con un coagulante químico, luego es factible un proceso de clarificación, seguido por filtración y finalmente la desinfección.
- b) Eliminar o reducir la intensidad de los gustos u olores: Este es un proceso más avanzado que el anterior, puesto que se realiza siempre y cuando el agua en proceso después de haber pasado por el primer procedimiento siga teniendo contaminación de algún tipo, si este fuera el caso se recomienda distintos procedimientos, que dependen específicamente de la naturaleza del problema, como ser: aireación, Carbón activado, uso de cloro u otros oxidantes, como el ozono, etc. (Rodríguez, 2001).

2.15.2. Tratamiento Químico.

Mediante este tratamiento se elimina del fluido elementos nocivos o productos químicos que puedan existir, siendo el objetivo fundamental mejorar la calidad del agua, además mediante la adición de sustancias químicas se busca corregir el pH y reducir la dureza del agua. El pH puede ser estabilizado mediante la adición de cal o carbonato de sodio, antes o después de la filtración. La disminución de la dureza, se realiza por métodos simples (cal, soda, Zeolita o resinas). La disminución o eliminación de elementos nocivos se refiere a bajar los niveles de hierro, manganeso, flúor, arsénico o vanadio. (Bremen, 2001).

2.15.3. Tratamiento Bacteriológico.

Mediante el tratamiento bacteriológico se completa el proceso de purificación del agua en una planta de tratamiento de agua potable convencional (PTAPC).

Este tratamiento es el tercer nivel en la potabilización del agua, aquí se eliminan las sustancias que no fueron corregidas en los procesos anteriores, especialmente se trata de descartar la existencia de cualquier tipo de microorganismo (coliformes).

La desinfección se realiza básicamente con cloro, se puede utilizar cloro puro, sales clorogenas o hipocloritos. Las dosis de desinfectante dependen del cloro residual, cuyo valor debe estar entre 0.1 mg/l y 0.2 mg/l en el extremo de la red de distribución. (Rodríguez, 2001).

2.16. Proceso para potabilizar el agua.

2.16.1. Captación

Es el primer paso en un proceso de potabilización, se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos, diques o napas subterráneas. El agua procedente de ríos está mucho más expuesta a la contaminación, puesto que tiene contacto directo con materias y microorganismos, por ello este tipo de fluidos necesitan un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año y clima de la región. La captación de aguas subterráneas se realiza mediante pozos de bombeo o perforaciones.

2.16.2. Conducción.

Desde la captación hasta la planta potabilizadora, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos.

2.16.3. Desarenador.

Esta unidad operacional tiene por objeto extraer del agua en proceso, la grava, arena y partículas minerales de grosor mayor a 0.2mm con el objetivo de evitar que se produzcan taponamientos por sedimentos en los canales y conducciones.

2.16.4. Coagulación:

La coagulación tiene como objetivo principal eliminar las sustancias coloidales para que puedan ser sedimentadas fácilmente. Esta operación es posible gracias a la adición de productos químicos como son: sulfato de aluminio líquido o granulado y policloruro de aluminio. Para corregir el pH se usa cal o hidróxido de sodio. (Kruis, 2001).

Las partículas se encuentran en estado coloidal porque están cargadas de manera negativa. La carga negativa causa que se repelen entre las partículas, evitando la unión y formación de partículas más grandes que sedimenten con facilidad (Bremen, 2001).

El coagulante remueve las partículas cargadas de manera negativa, mediante iones cargados de forma positiva, esto ayuda a que se produzca la aglomeración, formando microfloculos y finalmente floculos que pueden sedimentarse fácilmente (Kelderman, 2001).

2.16.5. La floculación.

Las partículas luego de ser coaguladas, pasan a una operación unitaria que se denomina floculador.

El floculador mediante un movimiento lento del agua en proceso, permite que las partículas coloidales existentes en el fluido y que previamente fueron puestas en contacto con el coagulante, formen partículas de mayor tamaño (flocs) que puedan sedimentar por gravedad.

Mediante el proceso de coagulación-floculación se puede lograr:

- La remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no sedimentó fácilmente
- La remoción de color
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos que pueden ser separados por coagulación.
- Eliminación de sustancias que ocasionan sabor y olor (Cogollo, 2010).

Tipos de floculadores. Existen varios tipos de floculadores, entre ellos: floculador de paleta, rápido, hidráulico horizontal y vertical. En esta investigación se hará énfasis en el floculador hidráulico horizontal.

2.16.5.1. Floculador hidráulico Horizontal.

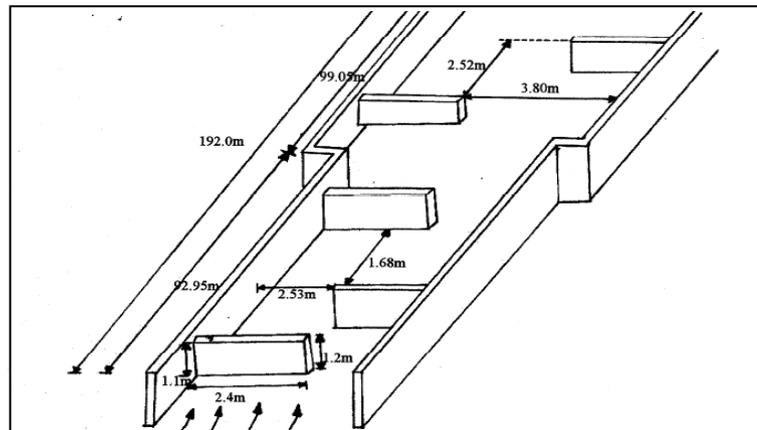


Figura 1. Floculador Hidráulico horizontal.

Fuente: <http://dc251.4shared.com/doc/hO5SqsHx/preview.html>.

El floculador hidráulico horizontal es una unidad operacional que tiene como objetivo formar los flóculos luego del proceso de coagulación, esto se realiza mediante el tránsito del agua tratante alrededor de los tabiques. El floculador consta de dos zonas, la rápida y la lenta, la primera se denomina así porque las placas no son tan separadas, por lo que la

velocidad del fluido es un poco considerable pero constante, esto se realiza para permitir que se efectúe una mezcla adecuada y uniforme del coagulante con el fluido. La zona lenta se denomina así porque el fluido transita más lentamente por los tabiques, esto es porque las separaciones entre placa y placa son más grandes, el recorrido lento del fluido permite que se formen los flocs y como la velocidad es cada vez menor, éstos se asientan. (Técnica de la Planta Potabilizadora La Palestina, 2010).

2.16.6. Sedimentación simple.

La sedimentación es un proceso mediante el cual se sedimentan los sólidos en suspensión menores a 0.2 mm en un fluido, debido al efecto de la gravedad.

En un fluido se distinguen dos tipos de materias sedimentables, la primera es aquella que sedimenta a una velocidad de caída homogénea, teniendo constante su densidad, tamaño y forma al descender en el líquido y el otro tipo de materia, son las partículas coloidales en suspensión que se aglomeran de forma natural o provocada (floculadas) que al sedimentar se aglutinan lo que ocasiona que la velocidad de caída sea variable debido al cambio de tamaño, forma y peso de la partícula (Koltoff, 1990).

Tipos de Sedimentadores.

Existen varios tipos de Sedimentadores, entre ellos:

- Sedimentadores o decantadores estáticos
- Decantadores dinámicos
- Decantadores laminares.

El sedimentador que se hará énfasis en esta investigación es el Sedimentador Laminar de alta tasa.

2.16.6.1. Sedimentador Laminar de alta tasa.

Un sedimentador laminar de alta tasa es aquel que posee láminas planas paralelas colocadas en un tanque adecuado, con un ángulo de inclinación $\theta = 60^\circ$, para que el agua ascienda por las celdas de las láminas con flujo laminar, para que de esta manera los lodos se asienten en el fondo del tanque. (Madrid, 2012).

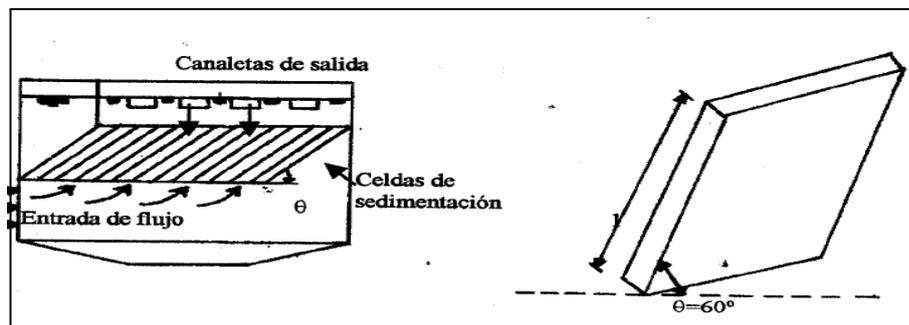


Figura 2. Sedimentador laminar.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/80909979/Capitulo-4-Decantadores-Laminares>

2.16.7. Filtración:

La filtración es un proceso mediante el cual se remueven los sólidos que tienen una densidad muy semejante a la del agua por medio de un lecho poroso o filtrante. El lecho filtrante utilizado en los filtros es habitualmente de arena clasificada según su granulometría tamaño y forma (grava y antracita). (Rodríguez, 2001).

Tipos de filtros. Existe dos tipos de filtros, los rápidos y los lentos, en esta investigación se hará más énfasis en el segundo tipo.

2.16.7.1. Filtro Lento.

Un filtro lento es aquel que se constituye de un tanque que contiene una capa de agua cruda que está sobrenadando por encima del material

poroso, lecho filtrante de arena, drenaje y un conjunto de dispositivos de regulación y control. (CEPIS, 2010).

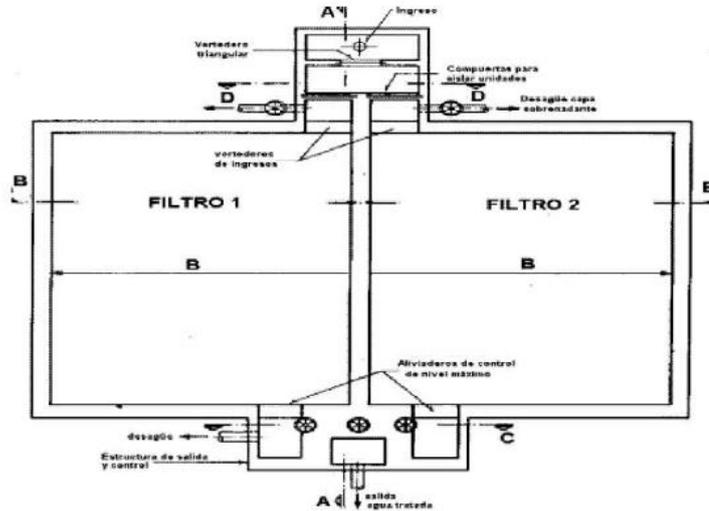


Figura 3. Filtro Lento.

Fuente: <http://www.construccionesterritoriales.com/Potabil.html>.

Ventajas

La principal ventaja de este tipo de filtro es que es muy simple. Este filtro es muy sencillo y seguro de operar con los recursos existentes en el medio rural de los países en desarrollo.

Restricciones

- El filtro lento no debe operar con aguas que contengan turbiedades mayores a 20 ó 30 UNT, sin la ayuda de otra unidad de remoción, esporádicamente se pueden aceptar valores de 50 a 100 UNT.
- La temperatura es fundamental en la eficiencia de esta unidad, puesto que con valores inferiores a los 4°C, disminuye la eficacia de remoción.

- La existencia de biocidas o plaguicidas en el fluido pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta. (Madrid, 2012).

Criterios de diseño

- El lecho filtrante debe estar formado por granos de arena duros y redondeados, libres de arcilla y materia orgánica.
- La arena no debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio.
- El diámetro efectivo de la arena debe ser de 0.15 a 0.35 mm.
- La profundidad del lecho debe estar entre 0.50 y 1.00 m, el filtro puede operar con un espesor mínimo de 0.30 m.
- El coeficiente de uniformidad debe ser menor de 3.0, es recomendable un rango de 1.8 a 2.0. (Madrid, 2012).
- La capa que sirve de soporte debe reunir características similares a las especificadas para la arena. Debe existir una altura mínima de 0.30 m de grava colocadas en tres capas de diferente granulometría. La grava más delgada debe seleccionarse, teniendo en cuenta el tamaño de los granos de arena y la más gruesa de acuerdo al tamaño de los orificios del drenaje. (Di Bernardo, 1991).

Tabla 4. Límites máximos y mínimos para arenas finas y gruesas en cada capa del filtro.

Capas	Diámetros mínimos.(mm)	Diámetros máximos (mm)	Altura (cm)
1	0.5 - 2.0	1.5 - 4.0	5
2	2.0 - 2.5	4.0 - 15.0	5
3	5.0 - 20.0	10 - 40.0	10

Fuente: Departamento De Agua Potable del Cantón Palora. Proyecto de Construcción de un filtro. Palora, 2005.

2.16.8. Desinfección:

Mediante la desinfección se realiza la eliminación de los elementos patógenos para ello se aplica como desinfectante gas cloro en el caso que el volumen de agua tratada sea alto y en las plantas potabilizadoras pequeña se utiliza hipoclorito de sodio. (Pérez y Vargas, 2001).

2.16.9. Tanques y Reservas:

Son tanques grandes que permiten no solo tener agua acumulada para ofrecer estabilidad al servicio sino también conservar una presión invariable en las redes de distribución de agua potable. (Pérez y Vargas, 2001).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización y duración del experimento.

El objeto de estudio es la Planta Potabilizadora de agua potable (PTAP) del cantón Palora, perteneciente a la provincia de Morona Santiago. Es un cantón que posee 28.915 Km² de superficie, se encuentra localizado a 110 Km en dirección Norte de la ciudad de Macas. La planta potabilizadora se ubica a 4.5 km de distancia del centro poblado del cantón.

A continuación se detallan las coordenadas geográficas del objeto de estudio así como también otros aspectos de importancia. (Municipio de Palora, 2010).

Coordenadas.

Latitud 98° 12

Longitud 8° 38

Extensión Superficial 2000 m²

Campo: Tratamiento de Agua para consumo.

Área: Ambiental

Aspecto: Deficiencia en algunas unidades de la planta potabilizadora.

Lugar: Planta Potabilizadora de agua para consumo.

Tiempo: Segundo Trimestre del año 2012. (Municipio de Palora, 2010).

3.2. Condiciones meteorológicas.

Tabla 5. Datos Meteorológicos del Cantón Palora

Clima	Precipitación anual (mm)	Temperatura anual (oC)	Humedad relativa anual (%)	Evaporación anual (mm)	Altura media (m)
húmedo tropical	4000	26	80	790	850

Fuente: Municipio del Cantón Palora

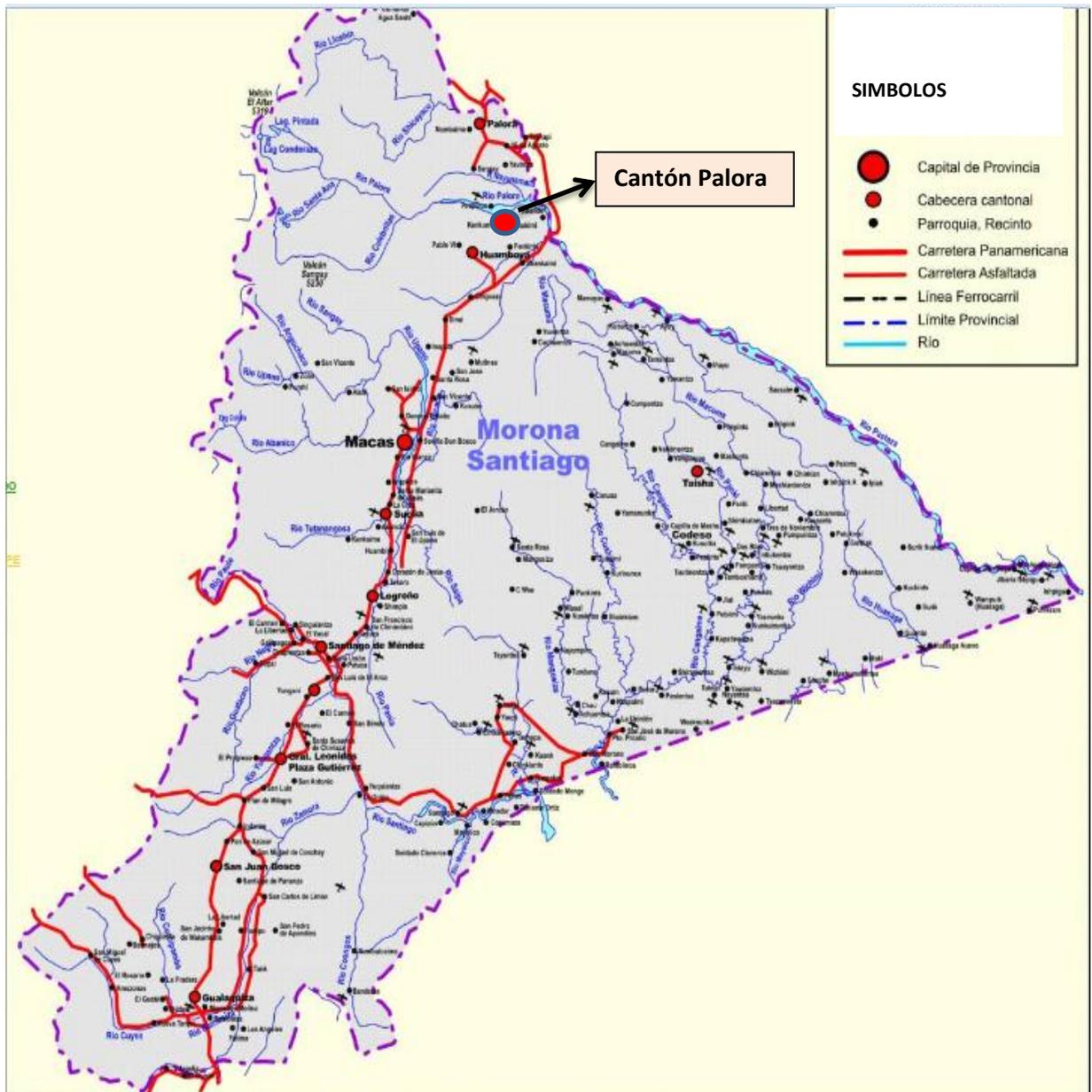


Figura 4. Plano Regulador del cantón Palora.

Elaboración propia del autor con datos del Municipio de Palora.

Duración del experimento.

El control tuvo una duración de tres meses.

3.3. Materiales y equipos.

Materiales

- Insumos de oficina
- Cinta métrica
- Guantes de nitrilo
- Jarra de 1 litro
- Frascos estériles para toma de muestras.
- Botas de caucho.
- Frascos de 1 litro color ámbar
- Cooler
- Refrigerantes

Equipos

- Cronómetro
- Peachimetro
- Cámara
- laptop.

3.4. Factores de estudio.

Los factores de estudio dentro de este proyecto a ser evaluados son:

3.4.1. Eficiencia de la Planta Potabilizadora.

Capacidad de lograr los objetivos y metas programadas con los recursos y equipos disponibles en un tiempo predeterminado.

3.4.2. Determinación hidráulica en las unidades potabilizadoras.

La capacidad que tenga cada unidad potabilizadora de la planta para tratar sólidos disueltos y en suspensión, en parámetros como: velocidad de sedimentación, tiempo de retención y carga superficial determina la

calidad de agua procesada, en vista del serio problema existente sobre todo en el sistema de floculación, es necesario realizar los respectivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos del efluente tratado, considerando los parámetros señalados en el numeral 3.6.

3.5. Análisis Estadístico.

En el estudio se utilizó el método estadístico descriptivo para el análisis de la información.

Para el efecto se realizaron comparaciones aritméticas entre los resultados obtenidos en los análisis de calidad del agua realizados y con los valores máximos permitidos en la normativa vigente respecto a aguas de consumo. Para el efecto se aplicaron herramientas graficas como histogramas y tablas de datos.

3.6. Variables y parámetros medidos.

- Tiempo de Retención en el tanque recolector. (s)
- Velocidad de caída en la mezcla rápida. (m/s.)
- Velocidad de sedimentación. (m/s)
- Tasa superficial en el sedimentador. (m³/m²/d)
- Tiempo de retención en el Sedimentador. (mn).
- Carga superficial en los filtros (m³/m²/dia).
- Volumen gastado en el retrolavado de los filtros (m³).

Parámetros Analizados en el laboratorio de la Empresa EMAPAPAL:

- DQO
- Coliformes fecales
- Coliformes fecales
- pH
- Color

- Turbiedad
- Temperatura
- Sólidos Totales Disueltos
- Conductividad eléctrica
- Hierro Total
- Manganeso
- Nitrógeno Amoniacal
- Nitratos
- Nitritos
- Fosfatos
- Coliformes totales

Estos análisis se lo realizaron en el laboratorio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Palora.

3.7. Manejo de la investigación.

3.7.1. Descripción del proceso metodológico

Caracterización de las instalaciones de la planta potabilizadora del cantón Palora a través de la observación directa y entrevistas, logrando identificar tres puntos clave para esta investigación, primero el inadecuado manejo operacional de la planta potabilizadora, segundo realizar análisis físicos, químicos y bacteriológicos para determinar la calidad del fluido procesado y finalmente un análisis en cuanto a determinación hidráulica de cada una de las operaciones unitarias que posee la instalación potabilizadora.

3.7.1.1. Caudal y volumen de agua.

Para realizar el aforo de caudal que llega a la planta potabilizadora, así como del volumen de agua que llega a cada una de las unidades tratantes, se utilizó el método volumétrico, el mismo que permite medir caudales de agua para luego determinar el volumen utilizado en determinado espacio de tiempo. Para ello es necesario contar con un

recipiente de volumen conocido en el cual se colecta el agua, anotando el tiempo que demoró en llenarse. Esta operación puede repetirse 2 o 3 veces y se promedia con el fin de asegurar una mayor exactitud.

(Bello, 2000).

3.7.1.2. Determinación hidráulica

Se procedió a realizar la determinación hidráulica de las diferentes unidades operacionales que posee la planta potabilizadora, para lo cual se tomó las medidas del tanque recolector, tanque de mezcla rápida, floculador y filtros durante un día. Este análisis ayuda a determinar si cada unidad operacional está trabajando dentro de la capacidad para la que fue construida y si su dimensionamiento está acorde a la exigencia poblacional. Se determinó tiempo de retención en el tanque recolector, velocidad de caída en la mezcla rápida, velocidad de sedimentación, tasa superficial en el sedimentador, tiempo de retención en el Sedimentador, carga superficial en los filtros, volumen gastado en el retrolavado de los filtros.

Finalmente una vez identificados los problemas o deficiencias que la planta posee se propone un manual de mantenimiento para mejorar las condiciones actuales de la PTAP.

El proceso metodológico seguido para llevar a cabo la recopilación y el procesamiento de la información que se realiza en este trabajo aparecen reflejados de forma resumida en la figura 5.

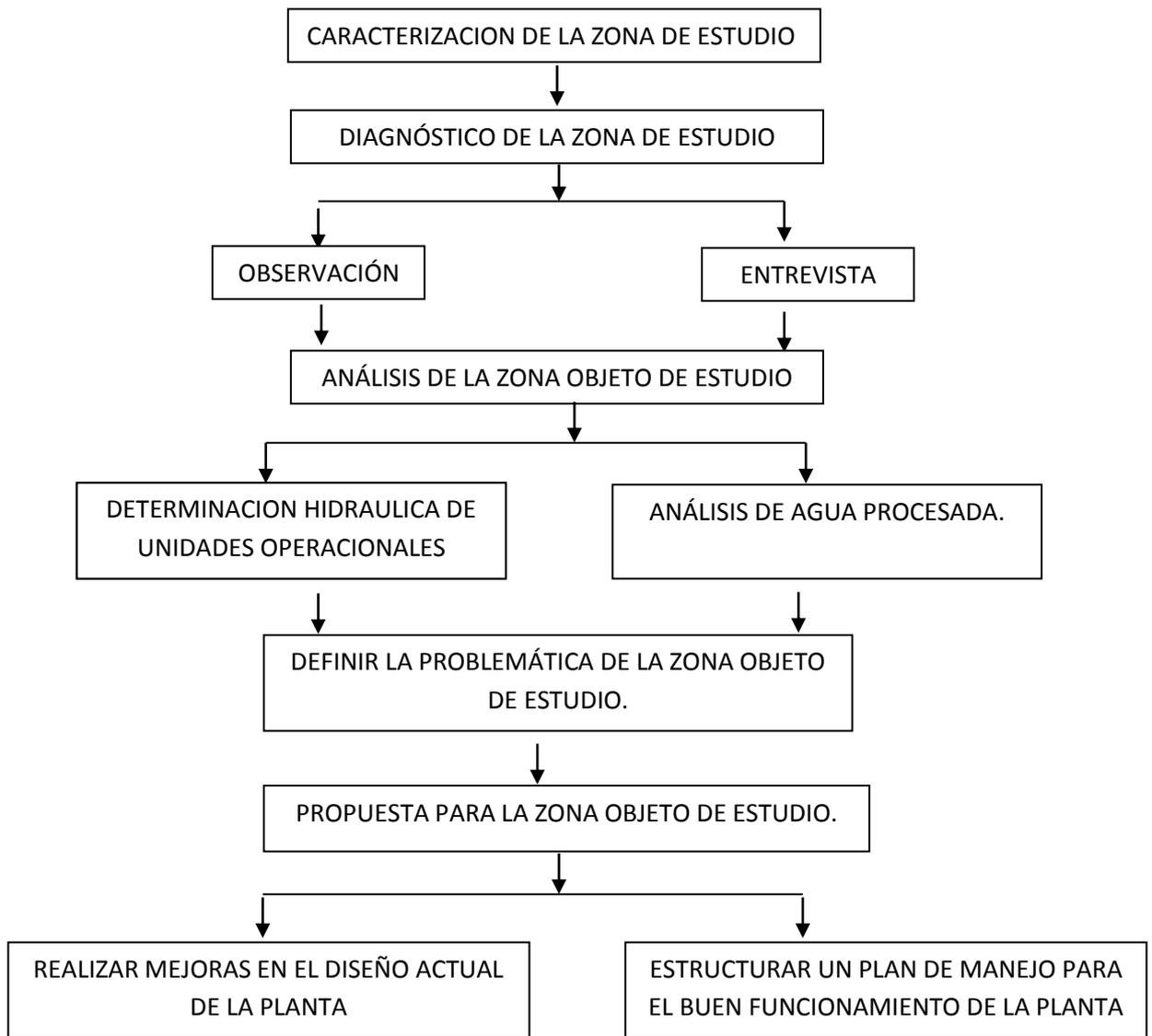


Figura 5. Proceso metodológico de la investigación

Elaboración propia del autor

3.8. Métodos y técnicas utilizadas

Método empírico.- Sirvió para recopilar información. Dentro de este método se utilizó: el hecho y la medición.

Método teórico.- Permitted ascending of conditioning of information empirical to describe, explain, determine the causes and determine the hypothesis investigative.

Observación: Se efectuó de manera directa a la planta de tratamiento de agua potable del cantón Palora para identificar los posibles problemas en el manejo y funcionamiento que frenen la eficiencia de la misma.

CAPITULO IV.

RESULTADOS

4.1. Antecedentes de La Planta de Potabilización del cantón Palora.

El cantón Palora tiene un abastecimiento de agua potable diseñado y construido por el IEOS entre 1980 y 1982, el sistema estaba compuesto por las siguientes unidades:

- a) Captación sobre el río Numbayme.
- b) Un tramo de conducción de agua cruda hasta la Planta de tratamiento, con tubería PVC y diámetros de 150 y 200 mm.
- c) Una planta de tratamiento de filtros lentos de arena, con una unidad de desinfección y una reserva de 600m³.
- d) Un tramo de construcción desde la reserva hasta la red de distribución, que tiene un diámetro de 250 mm de PVC con un recorrido de 4700 m. La diferencia de cota y la planta de tratamiento y la red es de 35 m. La red de distribución sirve a un área aproximada de 88 ha, con una población futura estimada en 8424 hab. Toda la red es de PVC con diámetros que oscilan entre 50 y 200 mm (Torres, 2001).

4.2. Estudios existentes relacionados con el agua Potable de Palora.

4.2.1. Primer Estudio: Agua Potable de Palora, diseñado y construido por el IEOS.

El primer estudio fue realizado por el IEOS en Marzo de 1980, mediante el cual se construyó la Planta Potabilizadora en 1982, se diseñó para 25 años de vida útil, es decir hasta el año 2007.

La población para el año de 1982 era de 1566 habitantes, sin tomar en cuenta el área rural. Para el año 2007 se estimó una población de 8296 habitantes del área urbana. Con este número estimado de habitantes se consideró suficiente diseñar una Planta Potabilizadora que trate 20 l/s y que con este caudal se satisfaga la demanda hasta el año 2007.

La planta constaba de:

- Sistema de Captación: Dique sobre el río Numbayme, Desripiador, Desarenador.
- Conducción: Tramo de captación a la planta de agua existente.
- Estructura de entrada a la Planta de tratamiento
- Tres filtros Lentos
- Desinfección: No existe registros de dosis de desinfectante adicionado al agua en proceso
- Un tanque de reserva de agua tratada de 300 m³.

4.2.2. Segundo estudio: Estudio a las reformas a la Planta de tratamiento de Agua Potable.

Este estudio se realizó en el año 2001. El Ilustre Municipio de Palora consideró que el agua proveniente de la Planta potabilizadora existente, presentaba características químicas y bacteriológicas que no cumplían con las Normas de calidad de agua de nuestro país, por lo que el I.M. contrató con el Dr. Torres el estudio a las reformas de la Planta de tratamiento.

Este estudio se realizó con la finalidad de mejorar la calidad de Agua que se deterioraba especialmente en los fuertes aguaceros, cuando arrastraba concentraciones de color y turbiedad en su caudal. Las mejoras que se diseñaron y construyeron fueron:

- Mezcla rápida: Se utilizaba cal y sulfato de Aluminio como coagulante y modificador de pH respectivamente, se suministraban al agua mediante soluciones de 6 y 5%.
- Floculación: Según la memoria técnica del sistema de Floculación construido es un facultador tipo Jet, con un gradiente promedio de 32 s^{-1} (Torres, 2001).
- Sedimentación: Se construyó 2 unidades de sedimentación de alta tasa que posee lechos de pequeños pedazos de tubos y puede procesar hasta 9 l/s.
- Caseta de químicos: Se construyó tanques de Hormigón, los cuales tienen un volumen de suministro de aproximadamente 8 horas, las soluciones eran movidas por agitadores con motores eléctricos de 1 hp de potencia.
- Laboratorio
- Sistema hidroneumático del agua para suministrar agua con adecuada presión para los tanques de mezcla de las sustancias químicas.
- Generador de 20 Kw.
- Modificaciones en la captación: Reconstrucción del muro de ala agua arriba del azud (evitar infiltraciones), alzamiento de 0.5 m de los muros de ala, reparación de fuga en el desripiador, limpieza del Desarenador y rejillas, en general mantenimiento de la captación.
- Cajón de HA de entrada del fluido a la Planta con tres vertederos triangulares para medir el ingreso de caudal.
- Otro tanque de reserva de 300 m^3 .

En la cloración no se realizó reformas, es decir se seguía utilizando la solución de hipoclorito de calcio, cuyo gasto estaba entre 30 y 40 kg por mes. Con un gasto de 70 dólares al mes. No existen registros de Dosis, concentraciones o caudal de desinfectante que se adicionaba a los 20 l/s de caudal que llegaba a la Planta.

Las adecuaciones se consideraron con una vida útil estimada hasta el año 2027, una población de 10000 habitantes, dotación de 180 l/hab/día, 20% de fugas y desperdicios y un caudal máximo de 30 l/s.

4.2.3. Tercer Estudio: Construcción de un filtro, ampliación de la captación desde la toma hasta la Planta y la Ampliación de la red de distribución.

Este estudio se realizó en el año 2005. Tuvo la finalidad de construir un filtro lento, ampliar la captación desde la toma hacia la Planta y la ampliación de la red de distribución.

Para la construcción del filtro lento se tomó las siguientes consideraciones:

- Tiempo de vida útil: Hasta el año 2025
- Población de diseño: 8500 habitantes.
- Población para el 2005: 2705 habitantes.
- Dotación de agua futura: 177 l/hab/día
- Caudal medio futuro: 34.8 l/s

Las demás instalaciones de la Planta Potabilizadora no tuvieron modificaciones.

4.3. Caracterización del Sistema de Captación actual.

La fuente de agua que provee con el líquido para el proceso de potabilización se llama Numbayme, se encuentra a 1.4 km de la planta de tratamiento hacia el Sur a una altura aproximada de 938 m.s.n.m. El río es típico con pendientes que oscilan entre 1 y 2% y con grandes variaciones de caudales correspondientes a las crecientes y a los caudales mínimos. Los caudales máximos que ingresan desde la captación es de 40 l/s y el mínimo es de 25 l/s. (Gobierno Municipal del cantón Palora, 2005).

4.3.1. Estructura de la captación actual en el río Numbayme.

La estructura de captación, tiene aproximadamente 30 años de antigüedad, es decir ya cumplió su ciclo de vida útil. El área en la cual se implanta esta estructura se encuentra protegida, para evitar que cualquier persona tenga acceso.

A la captación se accede desde la población de Palora por vía carrozable.

El dique sobre el río Numbayme está compuesto por un azud con disipadores de energía, un zampeado, una rejilla de fondo y dos muros de ala con longitud aproximada de 24 m cada uno.

El dique tiene un ancho de 10.50 m, una altura de 2 m y un zampeado de 4.7 m de largo. La rejilla de fondo cuya sección es 0.95m x 0.18 m, está conectada al deripador mediante un canal abierto de 0.30 m x 0.4 m.

El río en el sitio de captación presenta un cauce erosionado lateralmente, con depósitos de arenas, piedras, arrastre de material vegetal y basuras. La obra de captación se ubica frontalmente al cauce, cerrándolo por completo, lateralmente.



Figura 6. Captación en el río Numbayme

Las rejillas presentan un delantal completamente cubierto de depósitos de sólidos desde arenas hasta piedras de 20 o menos cm. de diámetro, el cual continúa acumulando depósitos sólidos, hasta que los operadores

realicen la limpieza adecuada en forma periódica. Esta limpieza sobre todo se realiza cuando ocurren las precipitaciones.



Figura 7. Rejillas de la Captación en el río Numbayme

4.3.2. Deripador.

Está construido por un cajón de HA de 2 m de largo, 0.8 m de ancho y 0.95 m de profundidad, tiene un vertedero de excesos de 1 m de ancho, un cajón recolector de 0.35 m x 0.6 m; desde este punto el agua de excesos o de lavado es descargada aguas abajo del río Numbayme. Después del deripador el agua pasa al desarenador mediante una tubería de PVC de 150 mm. Todas las tuberías son de PVC y poseen válvulas de compuerta de HF. Esta unidad no se encuentra actualmente en funcionamiento por averías estructurales.



Figura 8. Canal abierto y deripador de la Planta Potabilizadora del cantón Palora

4.3.3. Desarenador

Esta unidad se ubica cerca de la captación, de manera que se puedan retener las partículas sólidas suspendidas existentes en el agua y no se generen impactos abrasivos sobre las paredes internas de la línea de conducción.

Es una estructura de 4.5 m de largo, 0.8 m de ancho y una profundidad de 1 m. Desde esta estructura sale una tubería de 150 mm de PVC que conduce el agua hacia la Planta de Tratamiento. Posee además un bypass que se utiliza cuando se quiere lavar la unidad.

La tubería de desagüe es de PVC de 150 mm, todas las tuberías son de PVC y todas poseen válvulas de compuerta de HF.

Actualmente no está en funcionamiento esta unidad tratante porque se encuentra internamente en mal estado. Por lo tanto el agua pasa del tubo de captación hasta un canal recolector abierto y finalmente mediante tubería se conecta a la línea de conducción hacia la planta potabilizadora.



Figura 9. Desarenador de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.3.4. Condiciones ambientales del área de aporte y sitio de captación

Las condiciones ambientales son de una cuenca altamente intervenida, deforestada en un 96%, con pastizales y obviamente actividades ganaderas. (Municipio de Palora, 2005).

Las lluvias de alta intensidad que se provocan en la cuenca y las condiciones de deforestación parcial generan el arrastre de material sólido en cantidades importantes como para generar alta turbiedad en el río y el ingreso de agua con sólidos que son conducidos hacia la planta de tratamiento, en donde ocasionan el colapso de las unidades de tratamiento.

Los cultivos en la cuenca del río Numbayme generan riesgo de contaminación del agua con pesticidas y otro tipo de compuestos, que podrían deteriorar la calidad y poner en peligro la salud de los usuarios del sistema de agua potable. Actualmente, al tener la captación aguas arriba de los pastizales y sembríos, no se ve afectada la calidad del agua.

4.3.5. Cantidad de agua que provee la cuenca hídrica.

Para determinar los caudales máximos que potencialmente pueden generarse en la cuenca del río Numbayme, se recurrió a la siguiente información: Primero se determinó la intensidad de precipitación máxima para diferentes lapsos de tiempo, mediante la siguiente formula: $I_{TR} = 53,786 I_d TR t^{-0.3846}$

En donde:

I_{TR} : Intensidad de precipitación máxima en el tiempo de retorno.

I_d : Intensidad de precipitación diaria.

TR: Periodo o tiempo de retorno.

t: Tiempo de duración de la precipitación diaria.

Los valores de intensidad de precipitación máxima diaria para varios períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años se muestra en la Tabla 6, en función de las intensidades de precipitación diaria. Para este cálculo se aplica las ecuaciones para la zona de Palora, que es producto de

información recogida por el INAMHI durante un período de 35 años de registro.

Tabla 6. Precipitaciones máximas para el cantón Palora.

CUADRO N° 1					
PRECIPITACIONES MAXIMAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN FUNCION DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS					
Fórmula: $I_{TR} = 53.786 * IdTR * t^{-0.3846}$					
TIEMPO DE PRECIPITACION (< 120 min)	PERIODOS DE RETORNO (años)				
	5	10	25	50	100
	VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN DIARIA (mm/h)				
	5,50	6,10	6,90	7,50	8,00
min	VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA (mm/h)				
5	159,30	177,19	199,85	217,22	231,70
10	122,02	135,89	153,08	166,39	177,48
15	104,40	116,36	130,98	142,37	151,86
20	93,47	104,22	117,26	127,45	135,95
25	85,78	95,69	107,61	116,97	124,77
30	79,97	89,24	100,33	109,05	116,32
35	75,37	84,13	94,55	102,77	109,63
40	71,59	79,93	89,82	97,63	104,14
45	68,42	76,41	85,84	93,31	99,53
50	65,71	73,39	82,43	89,60	95,57
55	63,34	70,76	79,46	86,37	92,13
60	61,26	68,44	76,85	83,53	89,10
65	59,40	66,38	74,52	81,00	86,40
70	57,73	64,52	72,43	78,72	83,97
75	56,22	62,84	70,53	76,66	81,77
80	54,84	61,31	68,80	74,78	79,77
85	53,58	59,90	67,21	73,06	77,93
90	52,41	58,60	65,75	71,47	76,24
95	51,33	57,40	64,40	70,00	74,67
100	50,33	56,29	63,14	68,63	73,21
105	49,39	55,24	61,97	67,36	71,85
110	48,52	54,27	60,87	66,16	70,57
115	47,70	53,35	59,84	65,04	69,38
120	46,92	52,49	58,87	63,98	68,25

Fuente INHAMI

En función de las intensidades de precipitación, área de aporte y coeficiente de escurrimiento se ha generado los caudales que descargaría el río Numbayme.

Para determinar el caudal se utilizó la fórmula de evaluación de caudal que producirá una precipitación, la misma que es:

$$Q = C * I * A.$$

En donde:

Q: Caudal que provee la cuenca hidrográfica.

C: Coeficiente ponderado o coeficiente medio de escorrentía.

A: Área de aporte.

I: Intensidad de precipitación máxima.

Para un período de retorno de 25 años, intensidad de precipitación máxima de 58,87 mm/h, duración de lluvia 2 horas, coeficiente ponderado en función del uso del suelo y forma de la cuenca 0,15, área de aporte 939 ha, el caudal en el punto de captación sería:

$$Q = 0.15 * 58.87 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 939\text{ha.}$$

$$Q = 0.15 * 0.05887 \frac{\text{m}}{\text{h}} * 9390000 \text{ m}^2 / 3600$$

$$Q = 23.032 \text{ m}^3/\text{s}$$

El coeficiente medio de escorrentía obedece al tipo de usos de suelo actual, a las condiciones de deforestación, a la pendiente longitudinal del terreno y a la forma que la cuenca presenta.

Para determinar si el valor de caudal calculado en el lapso de tiempo estimado (25 años) satisface a la población existente, es necesario realizar los cálculos de población futura y caudal necesario para la supervivencia de la misma.

4.3.6. Determinación del caudal necesario para el cantón Palora en un lapso de 25 años.

Para determinar el caudal de agua potable que pueda satisfacer las necesidades de los habitantes de este cantón, se realiza por medio de la utilización de la fórmula de gasto de diseño, que es la siguiente: $Q = \frac{Pf*d}{86400}$

Donde:

Q: Caudal

Pf: Población futura.

d: Dotación necesaria de agua por cada habitante por día.

4.3.6.1. Cálculo de la población futura.

Para el cálculo de los habitantes se utilizó la fórmula de crecimiento aritmético, la misma que es:

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r * t}{1000}\right)$$

Donde:

Pf: Población futura

Pa: Población actual

r: Coeficiente de crecimiento anual por 1000 habitantes

t: Tiempo en años.

Datos:

- Pa= 7000 hab.
- t= 25 años
- r=?

Por lo tanto se debe determinar el coeficiente de crecimiento anual, mediante la fórmula de tasa de crecimiento poblacional:

$$r = \sqrt[3]{\frac{P_3}{P_0}} - 1; \text{ Donde:}$$

P_3 : Población actual.

P_0 : Población anterior.

El radical esta elevado al cubo, porque la tasa de crecimiento poblacional se va a calcular en un lapso de 3 años.

Según en Municipio de Palora en el año 2009 había una población de 6317 habitantes y en el año 2012 existe 7000 habitantes. Entonces

$$r = \sqrt[3]{\frac{7000}{6317}} - 1$$

$r = 0.0348$ es decir el 34,8 %.

La tasa de crecimiento de la población de Palora entre 2009 y 2012 es de 30%, significa que la población aumentó un promedio de 3 habitantes por cada 100 personas. Con el valor de coeficiente de crecimiento anual, se puede determinar la población futura.

$$Pf = Pa * \left(1 + \frac{r * t}{1000}\right)$$

$$Pf = 7000 * \left(1 + \frac{34.8 * 25}{1000}\right)$$

$Pf = 13092$ hab.

4.3.6.2. Dotación necesaria de agua para los habitantes.

Es la cantidad de agua por unidad de tiempo que consume una persona. En nuestro país se ha separado la ejecución de programas de acueductos en dos sectores que se han definido como rural y urbano (Instituto Nacional de obras Sanitarias, 2005).

Tabla 7. Dotación de agua según el número de habitantes.

Dotación de agua necesaria según el número de habitantes	
Abastecimiento rural	125 l/d/hab
Población de 3000 habitantes	115 l/d/hab
Poblaciones de 3000 a 15000 habitantes.	205 l/d/hab

Fuente. Instituto Nacional de obras Sanitarias (2005).

Por lo tanto para el cantón Palora se puede determinar que se necesitará de la siguiente dotación de agua para el año 2037 (se aumenta 1 l/d/hab al año).

Tabla 8. Dotación proyectada de agua para la población del cantón Palora.

Población proyectada para el año 2037 (habitantes)	Dotación inicial en el 2012 (l/hab/d)	Dotación final año 2037(l/hab/d)
12250	205	230

Fuente. Elaboración propia del autor con datos del Instituto Nacional de obras Sanitarias (2005).

Con estos datos se puede determinar el caudal medio necesario para 25 años en el cantón Palora.

$$Q_m = \frac{13092 \text{ hab} * 230 \frac{\text{l}}{\text{hab}} / \text{dia}}{86400}$$

$$Q_m = 34.85 \frac{l}{s} \text{ al día o } 0.0348 \text{ m}^3/s$$

$$Q_m = 1045,5 \frac{l}{s} \text{ al mes o } 1,045 \text{ m}^3/s$$

$$Q_m = 12546 \frac{l}{s} \text{ al año o } 1.254 \text{ m}^3/s$$

4.3.6.3. Determinación del caudal máximo necesario para 25 años para la población del cantón Palora.

$$Q_{max} = 1,3 * Q_m$$

Donde:

Q_{max} : Caudal máximo.

Q_m : Caudal medio.

1.3: Valor constante de fórmula.

$$Q_{max} = 1,3 * 34.85$$

$$Q_{max} = 45.305 \frac{l}{s} \text{ diarios o } 0.045 \text{ m}^3/s$$

Con los resultados de caudal obtenidos, se puede determinar que la cantidad de agua que provee la fuente puede abastecer sin ningún problema a la población actual y a la existente en 25 años en el cantón Palora.

4.3.7. Calidad de agua de la fuente.

Los análisis físico-químicos y bacteriológicos realizados a las aguas de esta fuente se presentan en Anexo N° 5.1 Las muestras fueron tomadas y

analizadas el 20 de Julio del presente año. Los resultados indican que la calidad del agua es buena, con los siguientes valores de turbiedad, color, coliformes y pH:

Tabla 9. Análisis físico-químicos del agua de la fuente.

PARAMETRO	COLOR	TURBIEDAD	COLIFORMES	pH
UNIDAD	Pt-Co	UNT	NMP/100 ml	
VALOR	5,00	0,50	< 2	7,2

Fuente: Elaboración propia del autor con datos del laboratorio de la Empresa EMAPA-PAL.

Como se observa, la calidad del agua de la fuente es adecuada para un tratamiento simple, es decir bastaría con realizar la desinfección del agua para la potabilización y corregir el pH para evitar la destrucción de tuberías y accesorios metálicos que entren en contacto con el agua. Sin embargo, estas condiciones no se mantienen en forma permanente.

Las condiciones críticas se provocan cuando en la cuenca se producen precipitaciones, lo que ocasiona un incremento notable de turbiedad, que se estima sobrepasa las 400 UNT, esto se debe a que la cuenca del río Numbayme constituye apenas un 4,05% de bosque del área total. Lo que pone en evidencia que las precipitaciones erosionan dramáticamente los suelos dedicados al pasto y cultivos, por lo que se tienen escorrentías con significativos contenidos de sólidos (alta turbiedad), que es arrastrado hacia el río, captación, sistema de aducción y planta de tratamiento, con las consecuencias contradictorias que a pesar de disponer de suficiente caudal, este no puede ser utilizado por las condiciones del agua. Los sólidos arrastrados son básicamente suelos orgánicos cuya pérdida evidencia el peligro de la desertización en el corto plazo de los suelos, a menos que se tomen medidas urgentes tendientes a una reforestación intensiva en la cuenca.

Los valores de máximas turbiedades que ingresan a la planta no son registradas por el personal de la planta, porque el caudal es desviado a través de los desagües, es decir no se procesan estos caudales.

4.3.8. Conducción de la Captación a la Planta de Tratamiento existente.

La conducción comienza en una cota de 937 m la tubería tiene un diámetro de 150 mm de PVC para una presión de trabajo de 7 kg/cm², un caudal de 20.47 l/s y un gradiente hidráulico de 8.62 %. La longitud del tramo con estas características es de 475 m y su pérdida de carga es de 5.73 m. Luego continúa un tramo de 897 m con tubería PVC de diámetro de 200 mm, presión de trabajo 7 kg/cm², caudal de 0,41 l/s y una gradiente de 2.12 %, la pérdida de carga en este tramo es de 2.63 m. La pérdida de energía aproximada es de 8.32 m. La diferencia de cota entre la salida y llegada es de 9.7 m. (Gobierno Municipal del cantón Palora, 2005).

4.3.9. Caudal que llega a la Planta.

La estructura de entrada divide el caudal que viene de la captación en cuatro partes más o menos iguales. Mediciones realizadas en el sitio nos indican que a la planta llega un caudal que oscila entre 25 y 29.4 l/s como caudal medio y 35 l/s como máximo, repartiéndose para cada filtro un valor de 7.35 l/s ($Q=1.35H^{2.47}$).

4.3.10. Caracterización de la Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento de agua potable EMAPA-PAL se encuentra ubicada en Palora, cantón de la provincia de Morona Santiago. Esta es una planta convencional, diseñada para tratar 20 l/s (Torres, 2001).

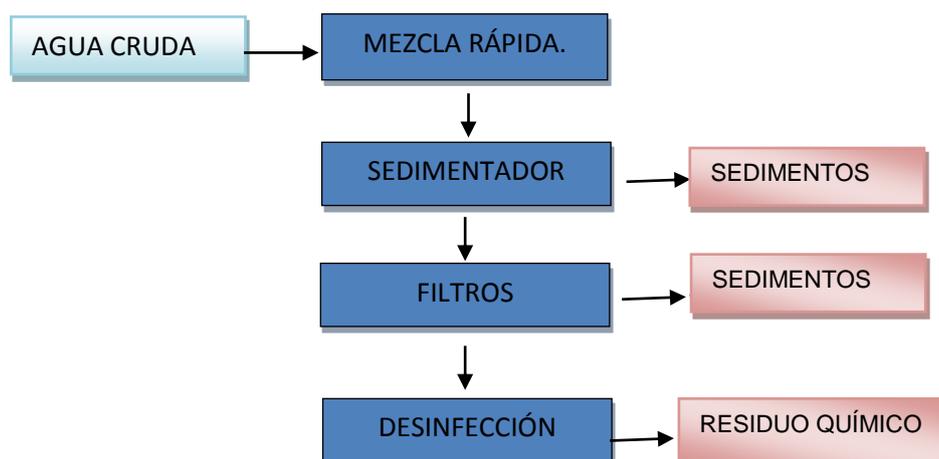


Figura 10. Diagrama de operaciones para la potabilización del agua en el cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Cuando el agua proveniente de la fuente presenta altas turbiedades, ésta debe ser desviada hacia los desagües respectivos, porque la planta no puede tratar turbiedades superiores a las 400 UNT.

En el año 2008, el técnico que estaba responsable de la planta de tratamiento, el Ing. Marco Guamán realizó unas adecuaciones y tomando en cuenta las dos adecuaciones anteriores en los años 2001 y 2005, las características de las unidades que existen actualmente en la instalación son las siguientes:

4.3.11. Tanque Bifuncional:

Una vez que el agua llega a la planta potabilizadora ingresa a un tanque de hormigón armado que posee las siguientes medidas: 4.86 m de largo, 0.55 m de ancho y con una profundidad de 1.45 m, es decir posee un volumen útil de 3.87 m³.

Según la estructura del tanque y a la explicación del técnico de la planta, éste fue diseñado para cumplir dos funciones que son: recolectar el agua

y mezcla rápida, es decir, es aquí donde se debería añadir el floculante. La explicación de estas dos funciones esta detallada a continuación.

Semi-tanque recolector: El tanque Bifuncional tiene una separación mediante una cara de hormigón armado, ubicada en posición frontal, formando un semi-tanque que cumple la función de recolectar el agua, las medidas de éste son: 1.45 m de largo, 0.55 m de ancho y con una profundidad de 1.45 m, es decir posee un volumen útil de 1.15 m³.

Mezcla rápida: La otra separación del tanque bifuncional fue diseñada para la realización de la mezcla rápida, las medidas de este semi-tanque son las siguientes: 3.41 m de largo, 0.55 m de ancho y con una profundidad de 1.45 m, es decir posee un volumen útil de 2.71 m³. Para la efectuación de la mezcla rápida existe una pendiente de 1.55 m de largo y con una inclinación de 62, 81°, esta inclinación ocupa una longitud de 1,55 m de este semi-tanque. No se realiza el proceso de floculación debido a que la caída no funciona, ya que el espejo de agua siempre está rebosando, por la gran agitación del caudal. Para poder realizar la floculación en la caída existente de mezcla rápida se debe disminuir el caudal a 5 l/s, lo que en la práctica es imposible, ya que esto a más de ocasionar escases de agua a la población, perjudicaría el funcionamiento y estructura de las unidades siguientes en la red potabilizadora. Es decir este tanque bifuncional según su diseño estructura y tamaño tiene la capacidad de tratar solo 5 l/s.

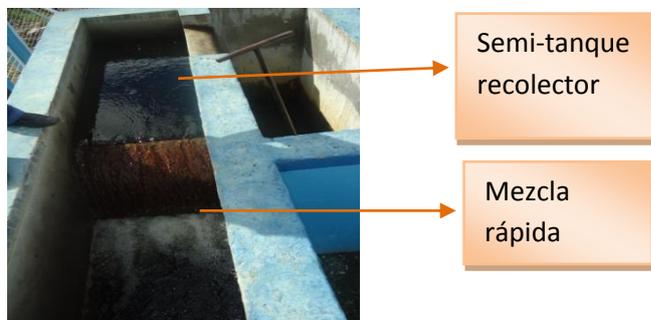


Figura 11. Tanque Bifuncional de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.3.12. Sedimentador.

Una vez que el agua sale del tanque bifuncional, desciende a través de una tubería hasta alcanzar una profundidad de cuatro metros aproximadamente, ahí se distribuye el fluido hacia las dos unidades tratantes. Los tanques Sedimentadores están constituidos de hormigón armado y poseen en su interior capas de diferentes materiales con el objeto de que el agua al ascender por ellas vaya disminuyendo la cantidad de sólidos existentes. La capa más interna se encuentra a ochenta centímetros del fondo del tanque, se compone de pequeños cajones de madera con perforaciones y tiene una altura de ochenta centímetros; luego existe un espacio libre de 60 centímetros aproximadamente; la segunda capa contiene tubo perforado de cinco centímetros de longitud y media pulgada de diámetro, esta capa esta sostenida por una rejilla de acero inoxidable, la misma que se encuentra apoyada sobre unos ángulos de hierro que están oxidados; posteriormente existe otro espacio libre de una altura de cuarenta centímetros; y finalmente se encuentra la última rejilla de acero inoxidable. El agua sobre la última rejilla tiene una altura de cincuenta centímetros. La unidad sedimentadora posee 3 m de ancho, 5.90 m de largo y una profundidad de 3 m, es decir tiene un área de 17.7 m^2 y un volumen útil de 53.1 m^3 .

El técnico de la planta mencionó que es un sedimentador el tanque que se ha caracterizado, sin embargo tomando en cuenta la estructura, diseño y funcionamiento se puede afirmar que se trata de un filtro rápido ascendente, puesto que contiene en su interior capas que actúan como lechos filtrantes y la trayectoria del agua hacia arriba permite que se retengan los sólidos existentes en el fluido en proceso. Por ello no se realiza ningún proceso de sedimentación en esta unidad, como se cree, ya que el agua permanece en movimiento ascendente en el interior y en movimiento horizontal en el espejo de agua y para que puedan sedimentar los sólidos el agua debe estar en reposo. Se mencionó que

según la estructura, este tanque se trataba de un filtro rápido, sin embargo, el material de los lechos filtrantes existentes no es el adecuado, por ello no existe desde el punto de vista físico un tratamiento eficiente en esta unidad potabilizadora.



Figura 12. Sedimentador izquierdo y derecho de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

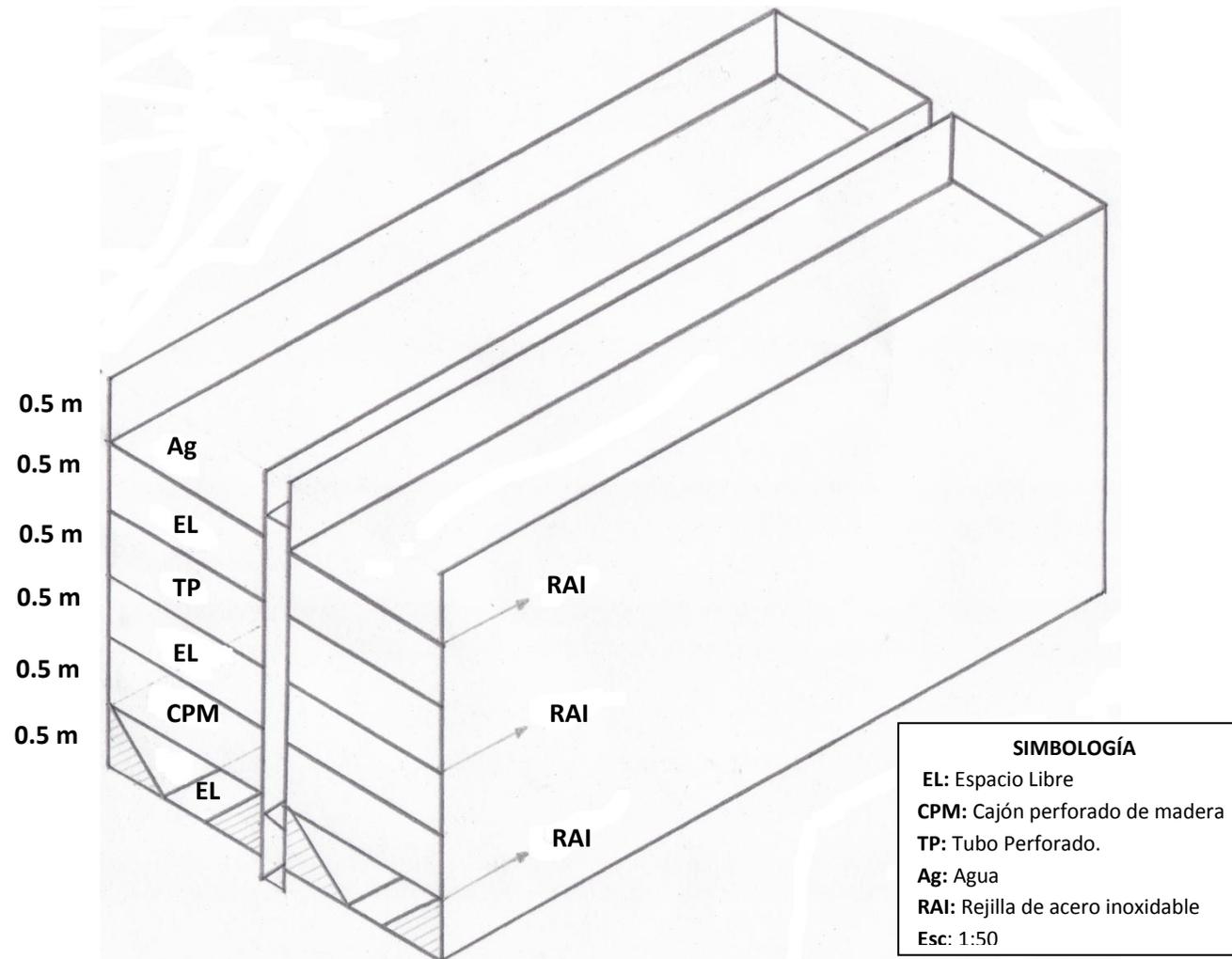


Figura 13. Estructura interna del Sedimentador de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Posteriormente el agua que rebosa de los tanques se recolecta en una canaleta, para luego mediante tubería que está bajo tierra se traslade el agua en proceso hacia una estructura de hormigón armado.

Esta estructura consta de un cajón de HA de 1.2 m de ancho y 2.2 m de largo, que reparte el caudal mediante cuatro vertederos a los cuatro filtros lentos de la planta. Posee un desagüe en tubería de diámetro 100 mm y un rebosadero de excesos de 60 mm. Después de los cuatro vertederos existen cajones de 0.8 de largo por 0.5 de ancho que reparten el caudal a cada filtro mediante cuatro tuberías de 100 mm de diámetro. Además todos los cajones están previstos de los respectivos desagües con tubería de 100 mm. La disposición final de los desagües se hace a un estero que corre al lado de la Planta de Tratamiento.

En los vertederos se mide el flujo total de agua que está tratando la planta, para poder determinar la cantidad de desinfectante que se necesita aplicar. El caudal se determina midiendo la altura de la sección mojada en cada vertedero y luego se aplica la siguiente fórmula de caudal $Q=1.35H^{2.47}$ y finalmente se suman los caudales de los tres vertederos para determinar el flujo total que está llegando a la planta.

El Técnico de la Planta Marco Guamán mencionó que el método utilizado para determinar el caudal no es manipulable por los obreros, por lo que en situaciones que hay cambios drásticos de flujo y no hay la presencia del técnico no se puede modificar la dosificación de desinfectante.



Figura 14. Vertederos de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

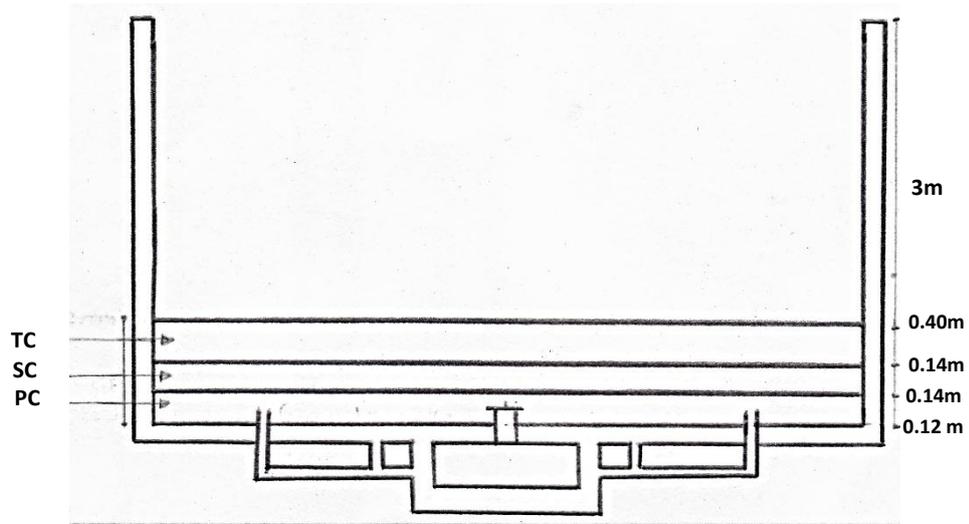
4.3.13. Filtros lentos.

Para el proceso de filtración existen cuatro filtros lentos construidos en hormigón armado. Cada uno tiene las siguientes dimensiones: largo 12.70 m, ancho 6.90 m y 3 m de profundidad es decir poseen un área de 87.63 m² y un volumen útil de 262.89 m³. La diferencia de cota entre el nivel mínimo y máximo en el filtro es 0.5 m y entre el nivel máximo en el filtro y el nivel en el cajón recolector es de 0.7 m.

Estos filtros lentos de acuerdo al diseño del IEOS están en su interior constituidos por capas de material filtrante como arena y grava. La altura del lecho filtrante es de 0.4 m. Previamente existe una capa de 0.40 m que es material de soporte los primeros 0.14 m se compone de grava de 1 ½ - 2 ½ pulgadas, la segunda capa es de 0.14 m y contiene grava de ¾ a 1 ½ pulgadas y la última capa es de 0.14 m y consta de grava de ½ a ¾. Luego viene una capa de arena de 0.40 cm que es la capa filtrante, con las siguientes características: tamaño efectivo de TE= 0.34 y el coeficiente de uniformidad de CU= 2.43. El área filtrante de cada filtro es de 2.76 m².



Figura 15. Uno de los cuatro filtros lentos de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.



SIMBOLOGÍA	
PC:	Primera capa (Grava de 1 ½ a 2 1/3)
SC:	Segunda capa (Grava de 3/4 a 1 ½)
TC:	Tercera capa (Arena gruesa de 1.4 a 2 mm)
Esc: 1.75	

Figura 16. Estructura del lecho filtrante de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.3.14. Cajones recolectores de agua filtrada.

Son cuatro y tienen las siguientes dimensiones 1 m de ancho, 1 m de largo y 3.5 m de profundidad, son de HA con paredes de 0.2 m de espesor y recubiertos con tapas metálicas, la cota del fondo es la misma que la del filtro y la altura del agua filtrada es de 1.90 m. Tiene además un desagüe de 100 mm que descargan a un estero.

4.3.15. Desinfección.

La caseta de cloración tiene dimensiones de 3 m de largo, 2.9 m de ancho y una altura de 2.50 m, dentro de la caseta existe un hipoclorador de 500 l de capacidad, un tanque de mezcla de 1.10 m x 1.10 m y una profundidad de 2.60 m, el tanque tiene desagües de 100 mm y un rebosadero de iguales condiciones.

El producto que utilizan para desinfectar el agua es hipoclorito de calcio granulado. El procedimiento para la desinfección del agua es el siguiente:

- a) Primero se disuelve de forma manual 3400 gramos de desinfectante en un recipiente con agua de 5 galones durante quince minutos.
- b) Posteriormente esta mezcla es añadida a otro envase de 250 litros con agua.
- c) Mediante una válvula que está colocada en la parte inferior del envase de 250 litros se añade el desinfectante en forma líquida al agua en proceso.

Esta cantidad de desinfectante es la que se utiliza durante las doce horas del día y a una velocidad de dosificación de 5.88 ml/s. Para las doce horas restantes de la noche se utiliza 2600 gramos de hipoclorito de calcio disuelto en 250 litros de agua. Esta cantidad de desinfectante, tanto en el día como en la noche se trabaja para un caudal de 25.23 l/s hasta 30 l/s.

Se dosifica 6000 gramos de desinfectante en las 24 horas del día. La dosis de desinfectante se realiza en base al caudal de agua que se esté tratando. Sin embargo no existe un historial que determine la cantidad de dosificación en base a este parámetro. Cuando el caudal de agua tratada aumenta o disminuye, se regula el flujo de dosificación de desinfectante de forma manual, es decir se abre o se cierra la válvula. Para determinar la velocidad de dosificación se hace mediante el método volumétrico.



Figura 17. Producto utilizado para la desinfección en la Planta Potabilizadora del cantón Palora.



Figura 18. Adición de desinfectante al agua en proceso en la Planta Potabilizadora del cantón Palora.



Figura 19. Hipoclorador de 500 l en la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.3.15.1. Determinación de la dosis óptima de desinfectante

Para determinar la masa adecuada de hipoclorito de calcio a adicionar en la cantidad de agua con que trabaja la planta potabilizadora del cantón Palora, se utilizó la fórmula de masa de soluto para caudales de canal abierto.

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{\text{Conc. Ca (ClO)}_2 * Q_m * 86400}{60 - 70\%}$$

Dónde:

$m\text{Ca}(\text{ClO})_2$: Masa de Hipoclorito de Calcio.

Conc. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$: Concentración de hipoclorito de calcio.

Q_m : Caudal medio

Datos:

Q_m : 29.43 L/s

Se utilizará al 70% de concentración.

Conc. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$: 1 mg/l

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{1 \text{ mg/l} * 29.43 \text{ l/s} * 86400}{0.7} / 1000$$

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = 3632.5 \frac{\text{g}}{\text{dia}}$$

$$m \text{ Ca (OCI)}_2 = 3.63 \text{ kg/dia}$$

La concentración que se calculó es óptima para las 24 horas del día y la noche, sin embargo en la planta potabilizadora del cantón Palora se utiliza 3.4 kg solo para las 12 horas del día y 2.6 kg para la noche, es decir se está adicionando 6 kg de desinfectante en las 24 horas, por lo tanto se dosifica una cantidad por encima de lo adecuado. La concentración de hipoclorito de calcio adecuada para las doce horas del día es de 1.815 kg/día. Luego de la desinfección el efluente pasa a las reservas de agua tratada.

4.3.16. Reserva de agua tratada.

La reserva de agua tratada está localizada a 250 m de la Planta potabilizadora en dirección a la ciudad de Palora, está compuesta por dos tanques de HA de 300 m³ cada uno. La reserva está dentro de un sitio debidamente protegido mediante un cerramiento de malla.



Figura 20. Tanques de Reserva de agua de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.3.17. Cuarto de Químicos.

Aquí se encuentran los tanques de preparación y dosificación de productos químicos. Existen dos tanques, uno para preparar el sulfato de aluminio y otro para el hidróxido de calcio, cada tanque posee su respectiva hélice para poder mezclar los productos químicos Sin embargo el cuarto de químicos es utilizado para guardar tubos de PVC, cartones, mangueras y el producto que utilizan para desinfectar el agua (hipoclorito

de calcio). No se da el uso para el que fue construida esta instalación, puesto que no se realiza el proceso de floculación en esta planta de tratamiento.



Figura 21. Cuarto de químicos de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.3.18. Cuarto de bombas.

Existen dos bombas de 3 hp de potencia cada una, las mismas que son utilizadas para que exista presión de agua y poder realizar la limpieza de las unidades de potabilización y enviar agua al cuarto de desinfección y laboratorio.



Figura 22. Bombas de la PTAP de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

4.4. Determinación hidráulica de las unidades existentes.

4.4.1. Determinación del tiempo de retención en el tanque recolector.

El tiempo de retención para el tanque recolector se calculó despejando de la ecuación de la velocidad lineal que es: $v = L/t$, por lo tanto el tiempo de retención queda:

$$t = \frac{L}{v} \quad \text{Donde:}$$

t: Tiempo de retención

L: Longitud del tanque.

v: Velocidad existente.

Para la determinación del área de este tanque se utilizó la fórmula de cálculo de superficies: $A = b.L$. Donde L es el largo del tanque y b es el ancho. Los valores de caudal que se tomó como referencia es caudal medio $Q_m = 0.029 \text{ m}^3/\text{s}$ y caudal máximo $Q_{\text{máx.}} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para determinar la velocidad se utilizó la fórmula de continuidad de caudal $Q = v.A$. Donde Q es el caudal, v es la velocidad del fluido y A es el área, despejando la velocidad queda $v = Q/A$. Con los valores de velocidad obtenidos se determina un valor promedio del flujo. Finalmente se encuentra los valores de tiempo de retención para cada valor de caudal.

La Tabla 10 muestra el tiempo de retención en el tanque recolector. Destacándose con un tiempo máximo de retención de 40.27 segundos con un caudal de $0.029 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 10. Determinación del tiempo de Retención en el tanque recolector de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Parámetros	Largo	Ancho	Área	Caudal	Velocidad	Longitud	Tiempo de retención
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	m/s	m	s
	1,45	0,55	0.79				
CAUDAL MEDIO				0,029	0.036	1,45	40,27
CAUDAL MÁXIMO				0,035	0.044	1,45	35.95
TRH PROMEDIO							38.11
TRH ADECUADO							120

Fuente: Elaboración propia del autor.

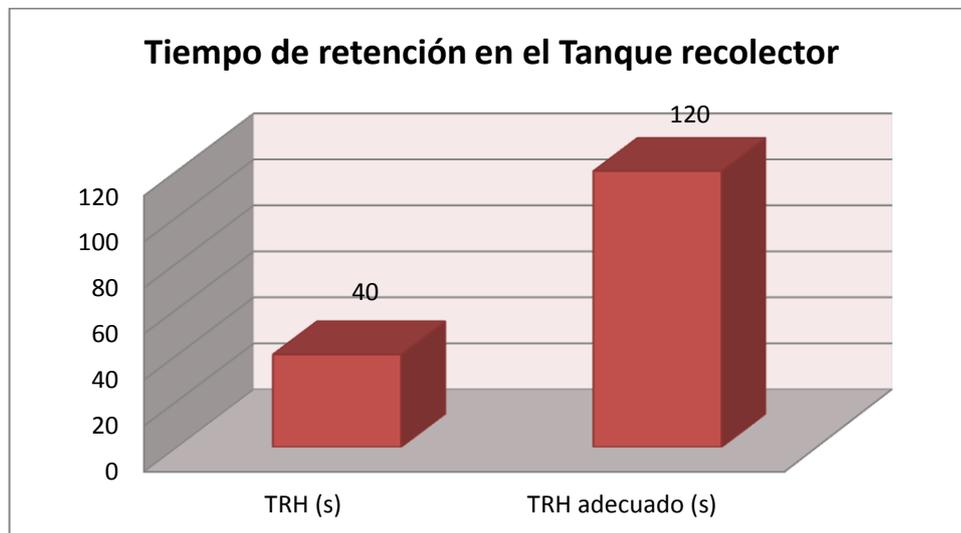


Figura 23. Tiempo de retención de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

La tabla 11 muestra los principales parámetros que presenta la pendiente de caída, así como la velocidad inicial del fluido. La mayor velocidad inicial que adquiere es de 0.040 m/s cuando se trabaja con un caudal de 0.029 m³/s.

Tabla 11. Parámetro de la Pendiente de caída de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Parámetros	Longitud Horizontal	Longitud Vertical	Longitud de la Pendiente	Caudal	Angulo de Inclinación	Velocidad
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	0°	m/s
	0,30	1,45	1,55		62,81	
CAUDAL MEDIO				0,029		0,040
VALOR ADECUADO						6.59

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.2. Determinación de la velocidad de caída en la Mezcla rápida.

Para determinar la velocidad de caída del fluido se utilizó la ecuación de la velocidad final en caída libre vertical:

$$v_f = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \quad \text{Donde:}$$

v_f : Velocidad de caída en la mezcla rápida.

v_0 : Es la velocidad inicial, es decir es la velocidad que tiene el fluido a la salida del tanque recolector, se tomó como valor 0.

g : Es la aceleración de la gravedad y

h : Altura.

Se determinó la velocidad de caída de agua. Sin embargo en el proceso de potabilización de la planta esto no se efectúa debido a que la pendiente pasa todo el tiempo tapada con agua.

La Tabla 12 muestra la velocidad final de caída del fluido, es decir la eficiencia de la mezcla rápida. La velocidad final media que adquiere el fluido es de 1.20 m/s.

Tabla 12. Velocidad de caída en la Mezcla rápida de la Planta Potabilizadora del cantón Palora

PARAMETROS	ALTURA	GRAVEDAD	CAUDAL	VELOCIDAD FINAL
UNIDAD	m	m/s ²	m ³	
	1,45	9,8		
CAUDAL MEDIO			0,029	1.20
VALOR ADECUADO			0.029	6.59

Fuente: Elaboración propia del autor.

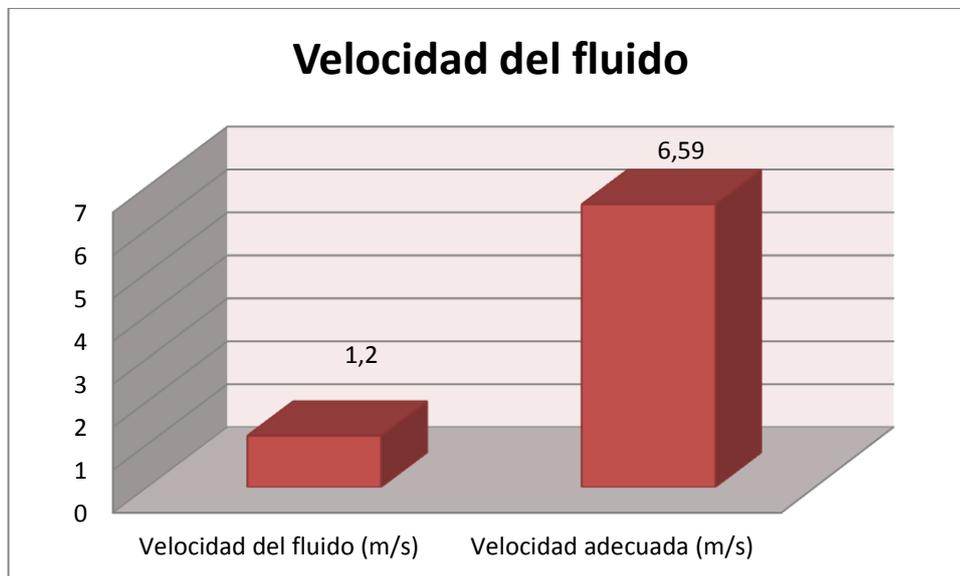


Figura 24. Velocidad de caída en la Mezcla rápida de la Planta Potabilizadora del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.3. Determinación de las tasas hidráulicas superficiales del Sedimentador.

La tasa superficial en el sedimentador se determinó con la ecuación de velocidad de sedimentación:

$$T_s = \frac{Q}{A}; \quad \text{Donde:}$$

Ts: Tasa superficial del sedimentador.

A: Área del sedimentador

Q: Caudal que está llegando al sedimentador

A: Área total de cada sedimentador, este valor se determinó por la ecuación de superficies $A_t = b \times L$; siendo la base 5,90 m y el ancho de 3 m, la altura utilizada para determinar el volumen es de 3 m

La Tabla 13 muestra las tasas hidráulicas superficiales que adquiere el sedimentador. La tasa superficial es de 141.55 m³/m²/d cuando llega a la planta un caudal de 0.029 m³/s, que es el caudal promedio.

Tabla 13. Determinación de la Tasa Superficial en el Sedimentador de la Planta Potabilizadora del cantón Palora

PARAMETRO	CAUDAL	AREA DEL SEDIMENTADOR	TASA SUPERFICIAL
UNIDAD	m ³ /s	m ²	(m ³ /m ² /d)
VALOR	0.029	17,70	141.55
VALOR ADECUADO	0.029		35

Fuente: Elaboración propia del autor.

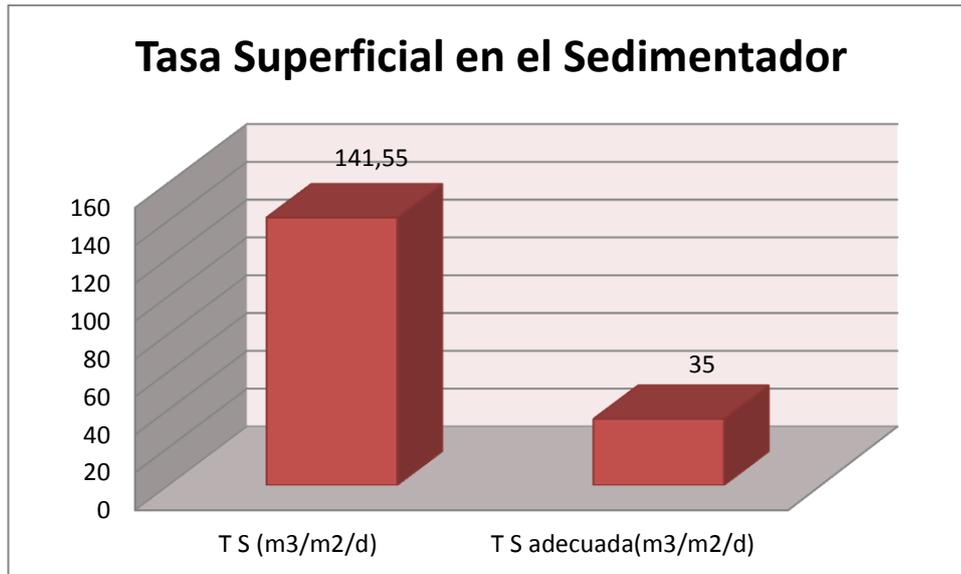


Figura 25. Tasa Superficial hidráulica en el Sedimentador.

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.4. Tiempo de Retención hidráulica en el Sedimentador.

El tiempo de retención en el sedimentador se determinó con la ecuación:

$$T r = \frac{V}{Q}; \text{ Donde:}$$

Tr: Tiempo de retención hidráulica en el sedimentador.

V: Volumen total para el sedimentador

Q: Caudal que está llegando al sedimentador

El volumen que llega al sedimentador se calculó con la expresión:

$$V = A \times h; \text{ Donde:}$$

A: Área total del sedimentador, este valor se determinó por la ecuación $A t = b \times L$; siendo la base 5,90 m y el ancho de 3 m, la altura utilizada para determinar el volumen es de 3 m

La Tabla 14 muestra el tiempo de retención hidráulica en el sedimentador con un promedio de TRH 1831.034 s frente al caudal medio de 0.029 m³/s.

Tabla 14. Determinación del tiempo de retención en el Sedimentador de la Planta Potabilizadora de Palora.

Parámetro	Área total de ambos Sedimentadores	Volumen Total para cada Sedimentador	Caudal	Tiempo de Retención
UNIDAD	m ²	m ³	m ³ /s	s
VALOR	35,4	53,1	0.029	1831.034
VALOR ADECUADO			0.029	3061.98

Fuente: Elaboración propia del autor.

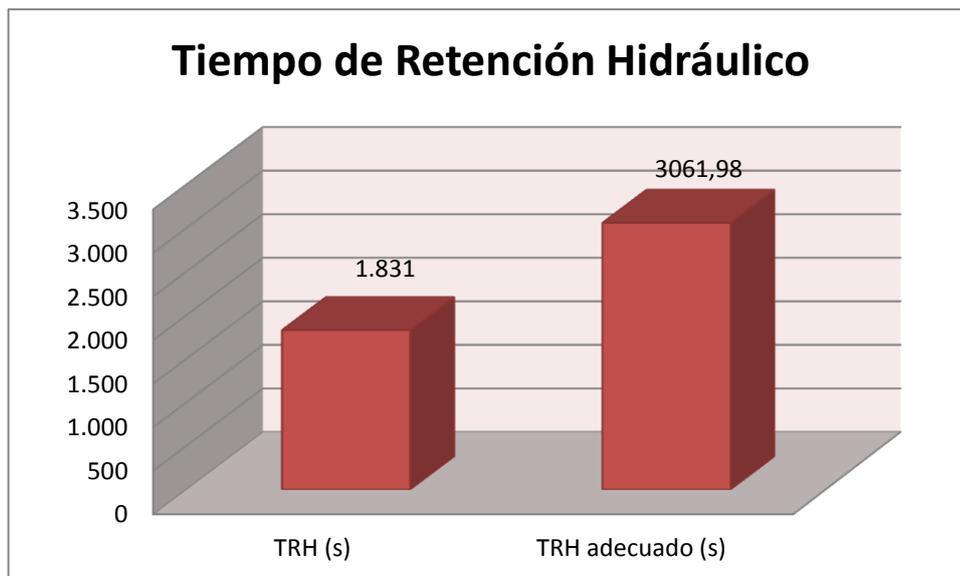


Figura 26. Tiempo de retención en el Sedimentador de la Planta Potabilizadora de Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.5. Determinación de la carga hidráulica en los filtros.

La carga superficial se determinó en los cuatro filtros, mediante la

siguiente ecuación: $q_f = \frac{Q}{A_f}$ Dónde:

q_f : Carga hidráulica en los filtros

Q : Caudal que está llegando a los cuatro filtros.

A_f : Área filtrante de los cuatro filtros.

El área filtrante de los cuatro filtros se halló por medio de $A = b \times h$;

Donde:

b : Ancho del lecho filtrante

h : Altura del lecho filtrante

La Tabla 15 muestra la carga superficial que se acumula en los cuatro filtros lentos. La carga promedio que se produce es de $106.29 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ cuando trabaja con un caudal de $0.029 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 15. Determinación de la carga hidráulica en los filtros de la Planta Potabilizadora de Palora.

Parámetro	Altura de Lecho Filtrante	Ancho de Lecho Filtrante	Caudal	Área Filtrante de los 4 Filtros	Carga Superficial
unidad	m	m	m^3/s	m^2	$\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$
valor	0.40	12,70	0.025	20.32	106.29
valor adecuado			0,025		40

Fuente: Elaboración propia del autor.

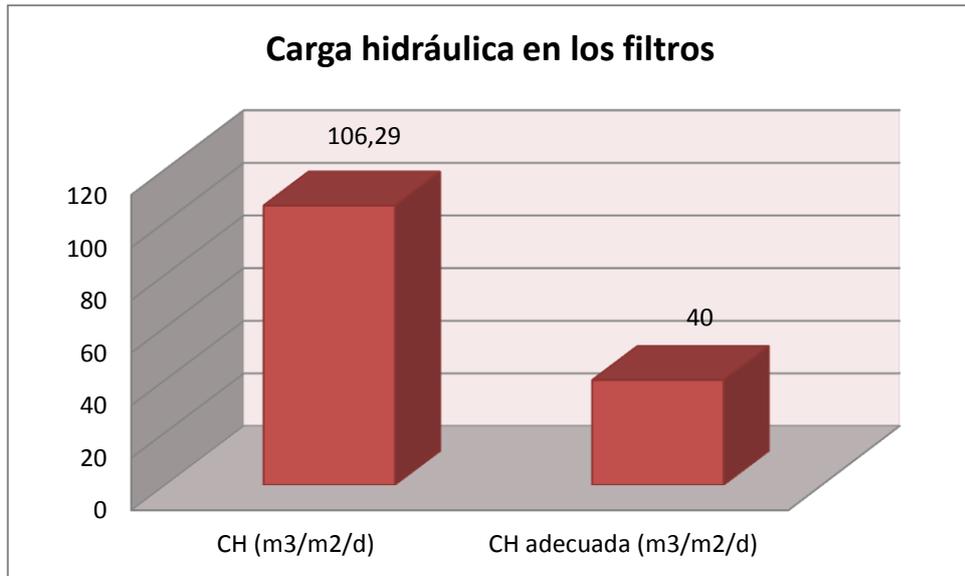


Figura 27. Carga hidráulica en los filtros de la Planta Potabilizadora de Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

4.4.6. Volumen gastado en el retrolavado.

El volumen gastado en el retrolavado de los filtros se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Vg = Q \times t;$$

Dónde:

Vg: Volumen gastado en el retrolavado

Q: Caudal que llega a los filtros

t: Tiempo de lavado.

La Tabla 16 muestra el volumen que se consume en el retrolavado de los filtros lentos. Destacándose el volumen de 54 m³ cuando se realiza la limpieza con un caudal de 0.045 m³. El volumen promedio es de 39 m³.

Tabla 16. Volumen gastado en el retrolavado de los filtros de la Planta Potabilizadora de Palora.

PARAMETRO	CAUDAL EMPLEADO	TIEMPO DE LAVADO	VOLUMEN GASTADO EN RETRO LAVADO
UNIDAD	M ³ /S	S	M ³
VALOR	0,020	1200	24
	0,025	1200	30
	0,030	1200	36
	0,035	1200	42
	0,040	1200	48
	0,045	1200	54

Fuente: Elaboración propia del autor.

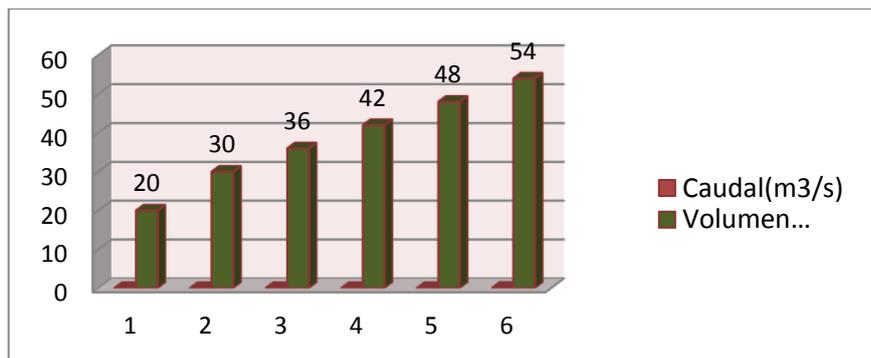


Figura 28. Volumen gastado en el retrolavado en los filtros de la Planta Potabilizadora de Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Los parámetros analizados a las diferentes unidades se evaluaron en base a los manuales realizados por los expertos en Diseño de Plantas Potabilizadoras (Spellman, 2004; Drinan, 2004; Gray, 1997; Madrid, 2012). Comparando con los valores óptimos de diseño que estos expertos manifiestan, se puede determinar que todas las unidades tratantes han sido mal diseñadas para el tiempo de vida útil determinado y por lo tanto no realizan de manera eficiente la remoción de sólidos ni coloides.

4.5. Análisis físico químico y Microbiológico.

Tabla 17. Comparación del análisis físico del agua en tratamiento de la planta potabilizadora del cantón Palora.

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.							
Parámetro	Unidades	Ubicación					límite máximo permisible
		M. Rápida	Antes filtración	Después Filtración	Antes de cloración	G. de Guardería	
pH	Unidades	6.98	6.98	6.74	7.74	7.19	6.5-8.5
Color	Pt-Co	22	22	16	3	0	< 15
Turbiedad	U.N.T	1.5	1.5	2	0.168	0.165	<5
Temperatura	°C	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	17.6	17.6	50	17.6	17.6	<1000
Conductividad	μS/cm	35.8	35.8	60	35.8	35.8	<70

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

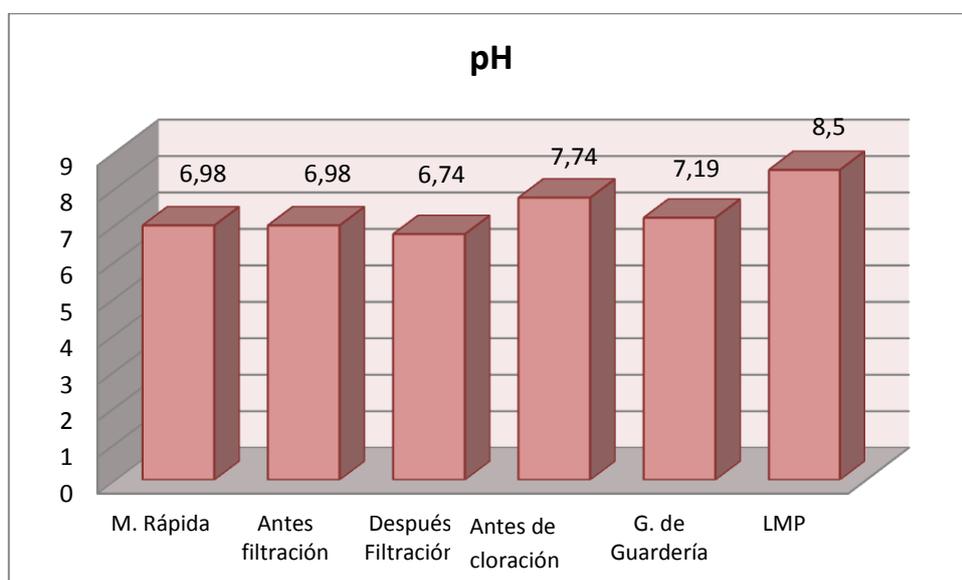


Figura 29. Comparación del análisis químico del pH con el límite permisible

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

De acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio de la Empresa de Agua Potable del cantón Palora, el pH está dentro de los límites máximos permisibles.

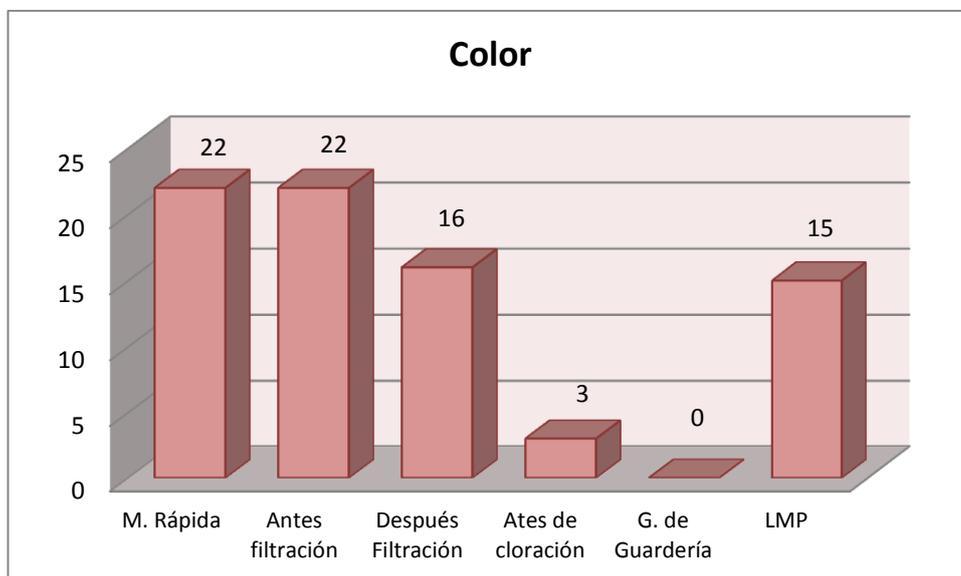


Figura 30. Comparación del análisis químico del color con el límite permisible

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Como la figura lo indica el color del efluente posee un valor por encima de los límites permisibles en la muestra recolectada en la Mezcla rápida, antes y después de filtración en las demás ubicaciones el nivel de color está muy por debajo de los límites máximos permisibles.

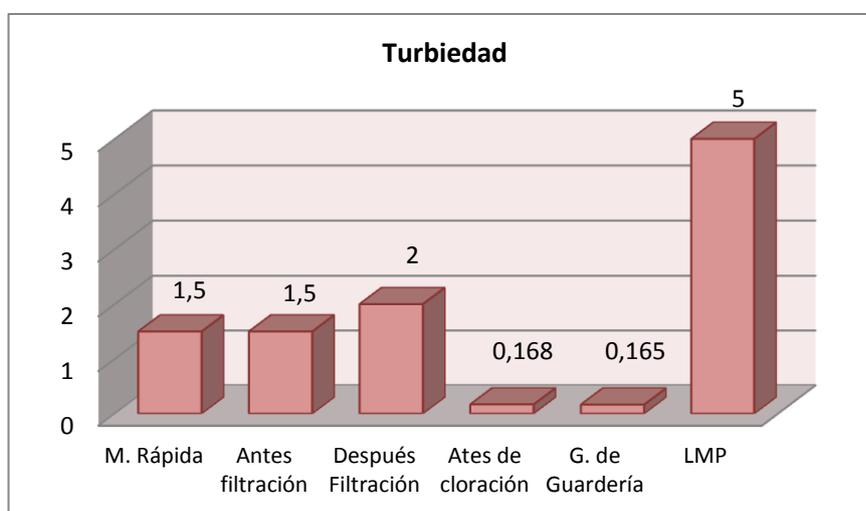


Figura 31. Comparación del análisis químico de turbiedad con el límite permisible

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

El nivel de turbiedad encontrado en el fluido tratado está por debajo de los límites máximos permisibles para agua destinada al consumo humano.

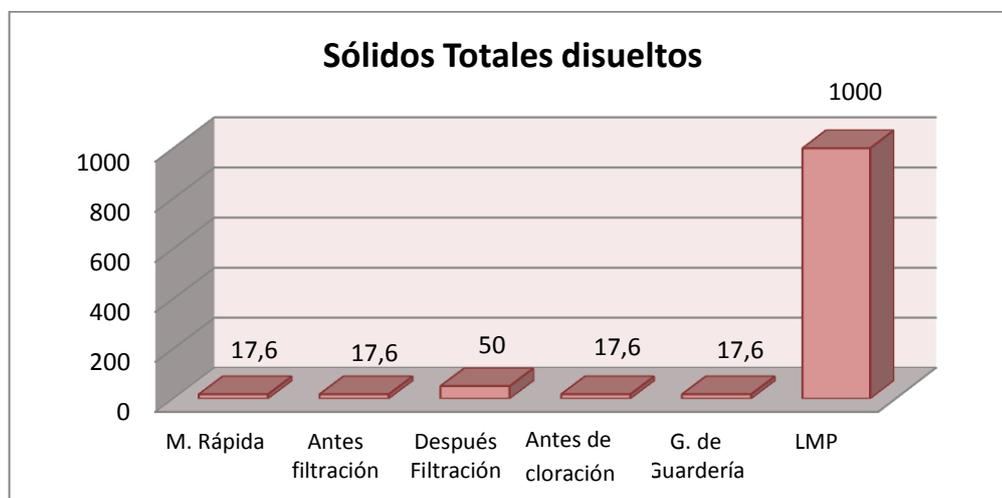


Figura 32. Comparación del análisis químico de los STD con el límite permisible

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los Sólidos Totales Disueltos están muy por debajo de los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano según lo que establece La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Primera Revisión), septiembre 2005, ya que el valor promedio es en los tres puntos es de 17.6 mg/L y el límite máximo permisible es de 1000 mg/l.

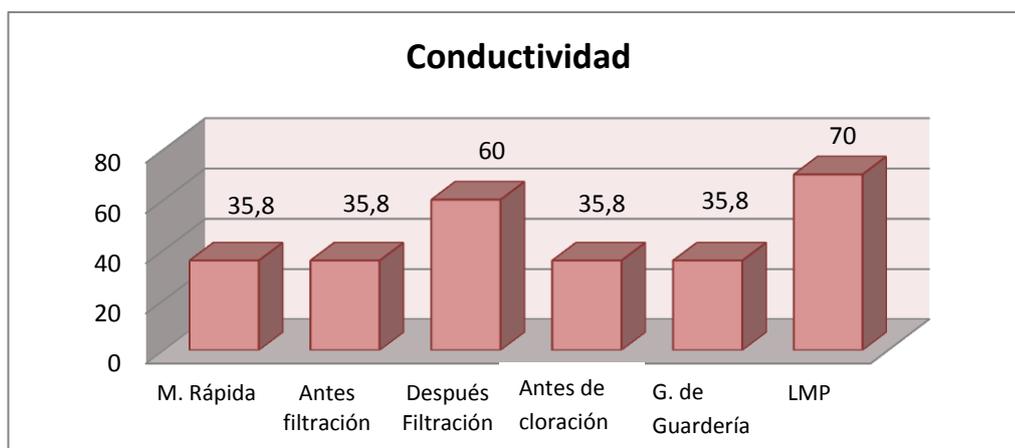


Figura 33. Comparación del análisis químico de conductividad con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Como muestra la figura la conductividad en las muestras analizadas se encuentran por debajo del límite máximo permisible establecido para este parámetro.

Tabla 18. Comparación del análisis químico del agua en tratamiento de la planta potabilizadora del cantón Palora.

2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.							
Parámetro	Unidades	Ubicación					Límite Máximo Permisible
		M. Rápida	Antes Filtración	Después Filtración	Antes de cloración	G. de Guardería	
Hierro Total	Fe3+	0.01	0.01	0.25	0.01	0.01	0.3
Manganeso	Mn2+	0.004	0.004	< 1	0.004	0.004	0.1
Amoniaco	NH3	0	0	0.44	0	0	1.2
Nitratos	NO3	2.7	2.7	0.9	2.7	2.7	44.0
Nitritos	NO2-	0.023	0.023	0.002	0.023	0.023	0.0
Sulfatos	SO42-	0	0	1	0	0	200.0
Fluor	F-	0	0		0	0	1.5
Fosfatos	PO43-	0.23	0.23	0.10	0.23	0.23	0.3

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

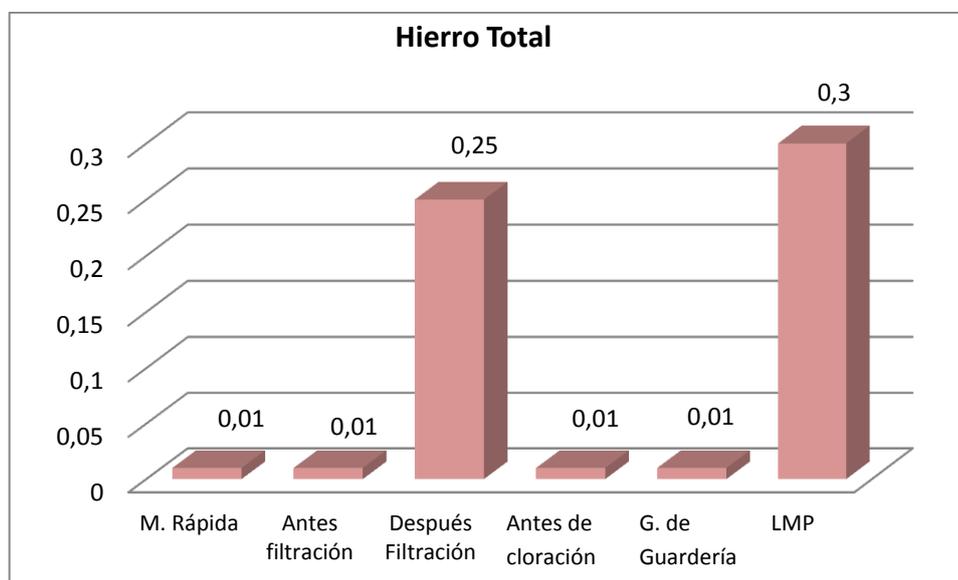


Figura 34. Comparación del análisis químico de hierro total con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los valores resultantes del hierro total para los puntos analizados están por debajo de los límites máximos permisibles.

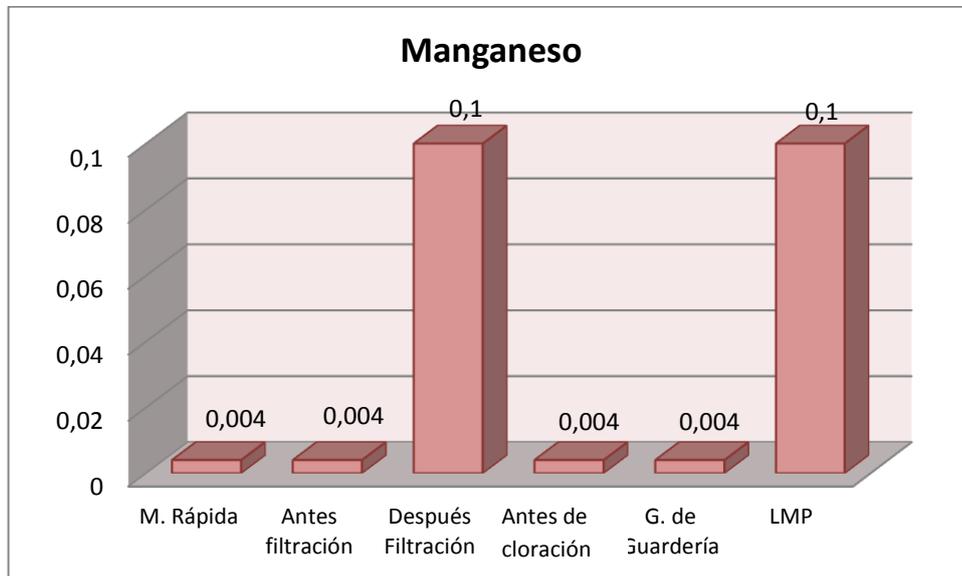


Figura 35. Comparación del análisis químico de manganeso con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los valores resultantes del manganeso para los puntos analizados están por debajo de los límites máximos permisibles a excepción del punto después de la filtración.

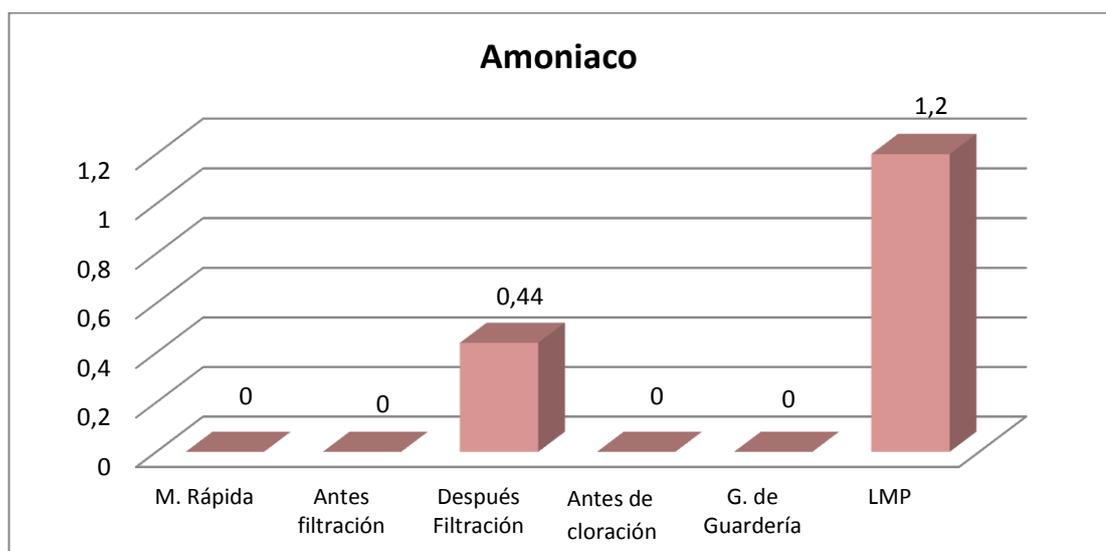


Figura 36. Comparación del análisis químico del amoniaco con el LMP

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los valores resultantes del amoniaco para los puntos analizados están por debajo de los límites máximos permisibles.

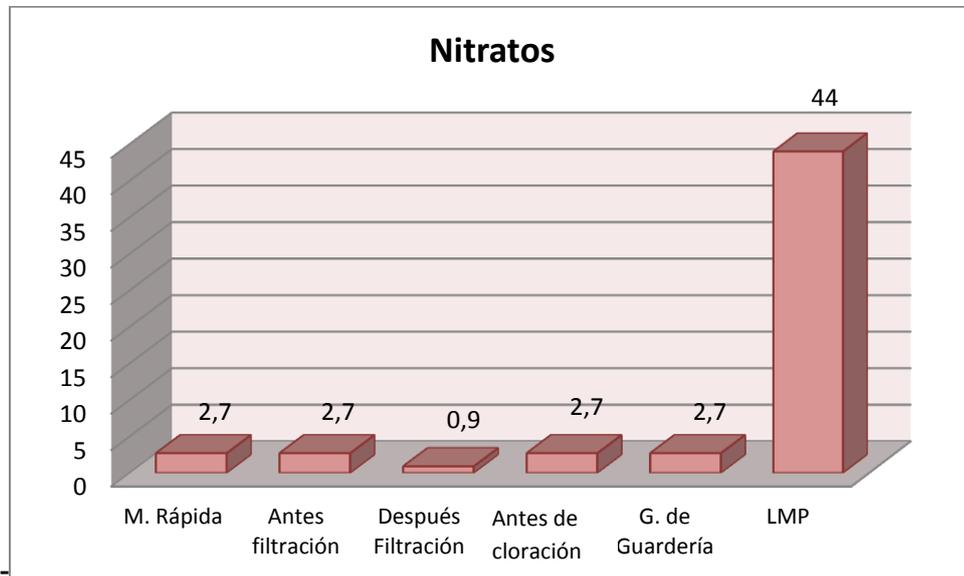


Figura 37. Comparación del análisis químico de nitratos con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA PAL.

Los valores resultantes de nitratos para los puntos analizados están por debajo de los límites máximos permisibles. No se realizó la representación gráfica de sulfato y flúor, puesto que los valores determinados en el análisis para estos parámetros son nulos.

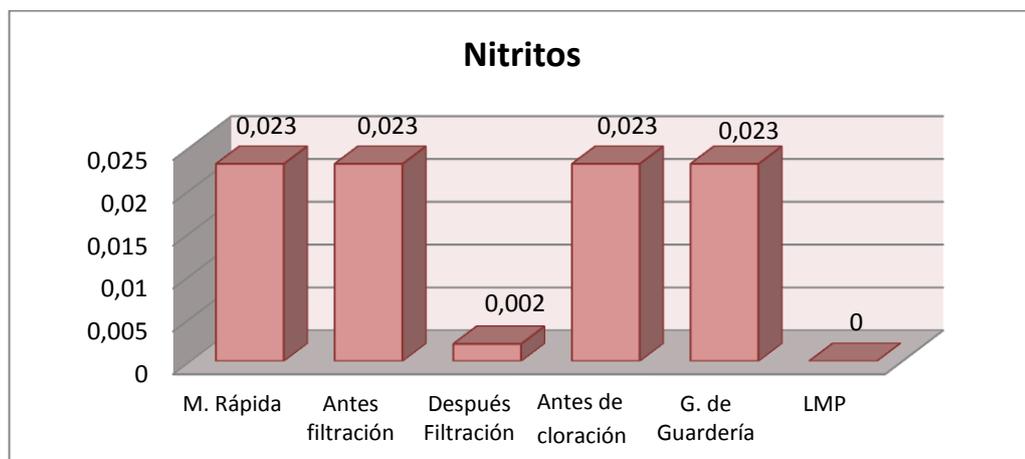


Figura 38. Comparación del análisis químico de nitritos con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los valores resultantes de nitrito para los puntos analizados están por encima de los límites máximos permisibles en todos los puntos.

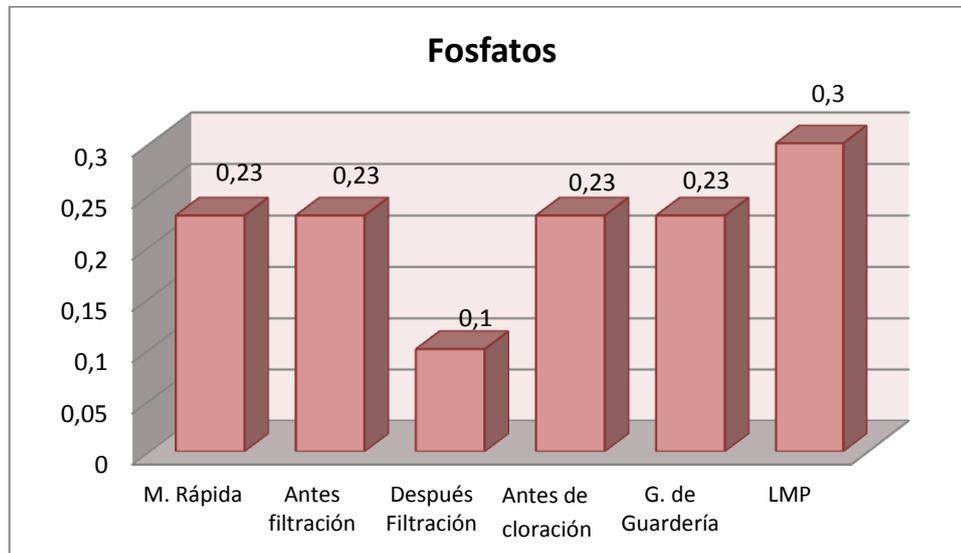


Figura 39. Comparación del análisis químico de fosfatos con el límite permisible

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

Los valores resultantes de fosfatos para los puntos analizados están por debajo de los límites máximos permisibles.

Tabla 19. Comparación del análisis biológico del agua en tratamiento de la planta potabilizadora del cantón Palora.

3. ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.							
Parámetro	Unidades	Ubicación					Límite Máximo Permissible
		M. Rápida	Antes filtración	Después Filtración	Antes de cloración	G. de Guardería	
Coliformes Fecales	U.F.C/100 ml	48	48	Menor a 3	0	0	Ausencia

Fuente: Elaboración propia del autor con datos de la empresa EMAPA-PAL.

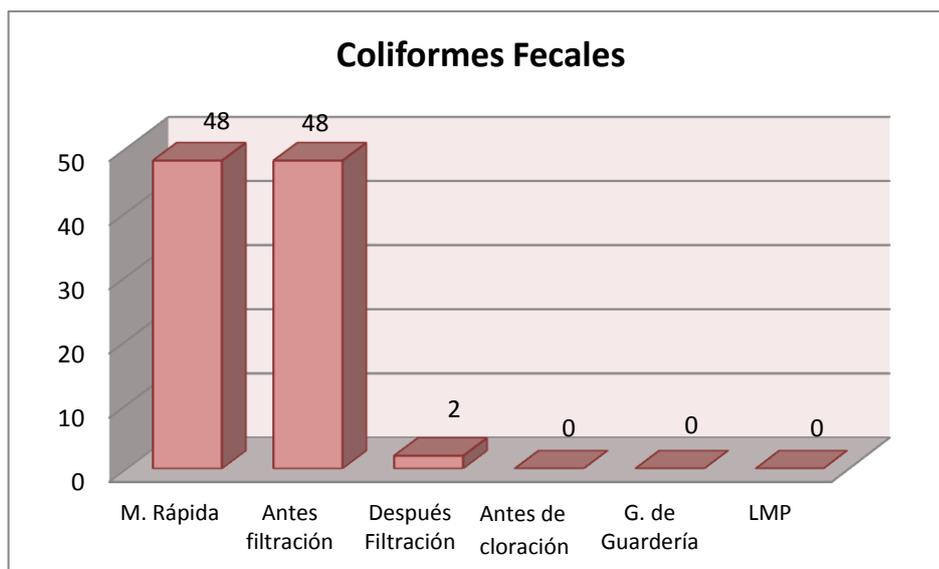


Figura 40. Comparación del análisis químico de coliformes fecales con el LMP.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Los valores determinados en el análisis bacteriológico establecen que la cantidad de coliformes fecales existentes en la muestra de la mezcla rápida, antes y después de la filtración exceden de manera muy considerable al valor del límite máximo permisible establecido en La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Primera Revisión), septiembre 2005, sin embargo en los demás puntos muestreados, los valores del análisis están dentro del límite permisible.

CAPITULO V.

DISCUSION

5.1. Caracterización de la Planta Potabilizadora.

Área de aporte y sitio de captación

De la revisión efectuada a los diferentes parámetros analizados, se concluye que el agua cruda de esta fuente sometida a un correcto proceso de tratamiento convencional, puede continuar abasteciendo a la población.

No se capta todo o un alto porcentaje del caudal del río, por lo que se mantiene el caudal ecológico en el cauce, lo que contribuye a no destruir la flora y fauna acuática que se desarrolla alrededor de este curso hídrico.

Es necesario destacar que debido a las características globales de la región amazónica, que posee un alto índice de humedad, compensa la poca o escasa producción de humedad en la cuenca del río Numbayme, por lo que existen lluvias frecuentes durante la mayor parte del año, en este sitio. Sin embargo, cuando no se producen precipitaciones durante cortos lapsos de tiempo (1 semana o menos), los caudales del río decrecen rápida y significativamente, debido a que las condiciones de cobertura actual de vegetación en la cuenca no permiten retener adecuadamente el agua producto de las precipitaciones.

Las condiciones de deforestación y cambio de uso del suelo de la cuenca, generan un alto arrastre de sólidos hacia el sistema de agua potable, lo que provoca el colapso del funcionamiento de la planta de tratamiento hasta que cesan las lluvias. Esta situación evidencia que el sistema existente no es suficiente para tratar las aguas con altas turbiedades.

En cuanto a la infraestructura del dique se deduce que esta estructura ya concluyó con el periodo de su vida útil, entre otras observaciones; el muro de ala derecho aguas arriba del alud ha sido construido inadecuadamente, puesto que existen filtraciones por debajo y por detrás de la estructura. El caudal que se escapa por filtración era igual o superior al que pasaba por sobre el dique en los días visitados, en la época de verano.

La rejilla del fondo localizada en la cresta del dique se halla en buenas condiciones, sin embargo es necesario realizar una limpieza, para evitar taponamientos. Así mismo el canal después de la rejilla debe ser limpiado periódicamente.

La conducción de la captación a la planta funciona bien, a pesar de que la línea piezométrica esta baja y paralela al tubo, es posible que haga falta válvulas de aire en algunos sitios y es recomendable que las uniones Gebault que están al descubierto sean protegidas a la corrosión mediante el recubrimiento de plástico que impida el acceso de agua.

En general el mantenimiento y operación de la captación debe ser intensificado, se debe mantener limpio de yerbas y de basura. Al guardián hay que proveerle de botas y guantes que puedan ser desinfectadas antes de realizar la limpieza. Además es necesario un bote de goma con remos para que pueda hacer la limpieza de yerbas que crece sobre las aguas arriba del dique

Planta de tratamiento.

La planta de tratamiento de este cantón fue construida hace treinta años, es decir ya concluyó su periodo de vida útil, por lo que no existe un abastecimiento total para los moradores.

El Desarenador no se encuentra en funcionamiento, puesto que en la parte interna está roto. Por lo tanto no se realiza un tratamiento previo a la llegada de la planta potabilizadora.

El tanque recolector es muy pequeño para la función que fue construido, por lo que el espejo de agua está en constante turbulencia.

La mezcla rápida no puede realizar de ninguna manera la mezcla del floculante, puesto que posee una caída insignificante y longitud despreciable, lo que a su vez contribuye a que no se formen de manera eficiente los floculos. Por esta razón no se realiza el proceso de floculación. Otra razón por la que no se puede realizar el proceso de floculación es que el tanque es muy pequeño, lo que contribuye a que el agua se acumule, rebosando por encima de la pendiente, lo que impide por completo que se mezcle de forma eficiente el floculante con el agua en tratamiento.

Esta planta necesita realizar mejoras en el sistema de floculación existente, para asegurar un completo y eficaz proceso de potabilización, sobre todo teniendo en cuenta que la fuente arrastra gran cantidad de sólidos, por las altas precipitaciones, incrementando la turbiedad durante la mayor parte del año.

Por las razones expuestas se deduce que es de gran importancia el adicionamiento del sistema de floculación, para evitar el desabastecimiento del líquido vital a los pobladores del cantón Palora.

El recorrido que realiza el fluido para llegar a **los sedimentadores** no es adecuado, puesto que la caída de presión ocasiona que el agua se mezcle aún más con sólidos suspendidos, además las tuberías utilizadas para el transporte del fluido pueden almacenar en sus paredes partículas coloidales.

La estructura y diseño de esta unidad corresponde más bien a un filtro rápido ascendente, sin embargo el material de los lechos filtrantes no es el adecuado, por ello no existe desde el punto de vista físico un tratamiento eficiente en esta unidad potabilizadora. Durante la observación se observó que en las capas del sedimentador se almacena partículas sólidas de procesos anteriores, por ello se puede mencionar que el nuevo caudal que llega a la planta va lavando los sólidos que previamente estaban.

El método para determinar el caudal en los **vertederos triangulares** no es el adecuado, puesto que no lo pueden manipular los obreros y en algunos casos que está ausente el técnico, ellos no pueden cambiar la dosificación de desinfectante cuando han existido cambios bruscos de caudal.

Con lo expuesto se deduce que es necesaria la realización de una regla graduada con equivalencias de centímetros a caudal, para poder medir de forma exacta la cantidad de fluido que está tratando la planta potabilizadora y a su vez determinar proporcionadamente la dosis de desinfectante necesario.

Los filtros se encuentran en buenas condiciones tanto en su tamaño como estructura. Sin embargo el lecho filtrante tiene un área muy pequeña que es de 0.40 m, por lo que es necesario agrandar según lo que establece la Norma de nuestro país. El material de soporte que es de 0.40 m es muy pequeño. Por lo que es necesario agrandar el lecho filtrante de 0.40 m a 0.80 y la capa de material de soporte de 0.40 a 0.50 m en la capa superior de a grava.

La arena de filtración tiene un tamaño efectivo de $TE = 0.34$ y el coeficiente de uniformidad de $CU = 2.43$. Las normas técnicas dicen que el tamaño efectivo debe ser de 0.3 y el coeficiente de uniformidad de 2.0, por lo tanto es necesario cambiar la arena de acuerdo a las normas.

La frecuencia de lavado en el filtro depende de la calidad de agua, en verano cuando el agua está libre de turbiedad, el filtro permanece sin colmatarse hasta 8 días, normalmente se lava cada 5 o 6 días, esto hace antieconómico su operación y mantenimiento (Torres, 2001), este problema ocurre por la calidad de agua que generalmente es turbia la mayor parte del año y por lo tanto tiene grandes concentraciones de color. En la actualidad la remoción de color es del 25% pero para turbiedades mayores a 400 NTU se debe desviar el influente, por ello es necesario flocular y sedimentar el agua antes de pasar a los filtros.

El producto químico que se utiliza para **la desinfección** (hipoclorito de calcio) no es el adecuado puesto que posee una solubilidad relativamente baja, lo que implica mayor tiempo a exposición manual, pudiendo ocasionar algún tipo de contaminación en la mezcla. Además este desinfectante aumenta el pH del agua es decir lo vuelve básica, por lo que es necesario acidificar el fluido durante el proceso de la desinfección.

Otro inconveniente que presenta el hipoclorito de calcio es que en todas sus presentaciones contiene residuos insolubles que forman sedimentos en la solución, lo que a su vez puede ocasionar obstrucciones durante la desinfección.

El método de preparación de desinfectante no es adecuado, puesto que se realiza de forma manual y durante la preparación se encuentra expuesto al medio ambiente, lo que podría contaminar la mezcla. La contaminación más peligrosa que se podría dar es con materia orgánica, ya que si existe presencia de microorganismos, estos al mezclarse con el cloro pueden formar los órganoclorados y otros productos cancerígenos.

La dosis de desinfectante que se adiciona está por encima de lo necesario, puesto que para el caudal medio con el que trabaja la planta se calculó que es necesario 3,63 kg de hipoclorito de calcio para las 24 horas, sin embargo en la planta se utiliza 6 kg diario.

No existe ningún registro o historial de la dosis que se emplea a diferentes niveles de caudal. Si el caudal aumenta la forma de adicionar mayor volumen de desinfectante es obsoleta, puesto que solamente abren más la válvula que provee de la mezcla (hipoclorito de calcio más agua) provocando en ocasiones excesos de presencia de cloro en el agua o a su vez escasa cantidad de desinfectante. Sin embargo hay que recalcar que se realiza análisis de cloro residual, si este es muy bajo se aumenta la velocidad de dosificación.

Para determinar la cantidad de desinfectante que se debe añadir es necesario el uso de un aparato electromecánico que adicione de forma exacta solo la mezcla necesaria.

Con lo expuesto se puede mencionar que es necesario cambiar el sistema rustico de desinfección por un sistema más moderno, en donde los obreros no tengan contacto directo ni con la preparación de la mezcla ni con la adición del químico en el momento de desinfectar.

El cuarto de químicos consta de todo lo necesario para la preparación tanto del floculante como del modificador de pH, sin embargo no se le da el uso para el que fue construido, puesto que lo han convertido en una bodega.

Una vez que se restaure el sistema de floculación, se debe desocupar este cuarto de todo material o instrumento que no forme parte de la preparación de los químicos.

5.2. Determinación hidráulica.

En base a los diferentes parámetros calculados en las unidades potabilizadoras, se determinó los siguientes resultados:

La Tabla 10 muestra que el tanque recolector del fluido a tratar posee un área de 0.79 m^2 , esta superficie es muy pequeña y por consiguiente el tiempo de retención que éste proporciona al fluido es deficiente, el TRH

promedio que este tanque presta es de 40.27 s para el caudal medio de 0.029 l/s y el valor adecuado es de 120 s, por lo tanto no se puede retener partículas sólidas.

Los datos del sistema de mezcla rápida que se muestran en las Tablas 11 y 12 según (Spellman y Drinan, 2004) no cumple con los estándares de diseño ni de funcionamiento para lo que fue creado, puesto que los valores del ángulo de inclinación es de 62.81° y de la velocidad de caída de 0.04 m/s son pequeños y no proporcionan el un salto hidráulico adecuado. El valor adecuado de velocidad es de 6.59 m/s (0.029 l/s). Por lo tanto no se puede realizar esta operación unitaria, siendo la misma de gran importancia para el eficiente funcionamiento de la Planta Potabilizadora, debido a la turbiedad que presenta el fluido constantemente. Por lo antes expuesto es necesario la construcción de un nuevo sistema de mezcla rápida.

Los valores de la unidad sedimentadora que se muestran en la Tabla 13, según (Drinan, 2004) presenta alta carga de tasa superficial, puesto que el valor promedio es de $141.55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ y el valor adecuado es de $35 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$. Además la estructura interna de esta unidad no cumple con los estándares de diseño ni de funcionamiento de un sedimentador, su estructura interna permite que en el agua a tratar se inserte partículas que estaban en la unidad previamente. Por lo antes expuesto se determina que es imprescindible la modificación de esta unidad tratante.

La Tabla 14 muestra las características de la unidad sedimentadora. Según (Gray, 1997) determina que los parámetros de diseño y operación no responden adecuadamente a las características de funcionamiento de este proceso de remoción puesto que el tiempo promedio de retención es de 1831 s, y el adecuado es de 3061 s.

La Tabla 15 determina que el promedio de carga superficial con que trabaja cada filtro es de $26.57 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ y según (Madrid, 2012) este valor es inadecuado para este tipo de filtros, es decir están trabajando

sobrecargados; esta sobrecarga se da porque son las únicas unidades que remueven partículas sólidas y cumple con el tratamiento físico, por ello los operadores lavan periódicamente estos tanques, para evitar que colapsen.

5.3. Análisis químico y bacteriológico.

En la Tabla 17 se presenta la comparación de análisis químico del agua tratante en diferentes ubicaciones escogidas por ser considerados los puntos más representativos en el tratamiento de potabilización, en esta primera tabla se consideró aspectos que determinaron características físicas del agua, como son: pH, color, turbiedad, temperatura, sólidos totales disueltos y conductividad, que fueron analizados en el laboratorio de la planta potabilizadora del cantón Palora EMAPA-PAL, obteniéndose como resultado que la mayoría de los parámetros están dentro de los límites máximos permisibles a excepción de: El color de la muestra obtenida en la mezcla que tiene un valor de 22 Pt-Co y el límite permisible es 15 Pt-Co según La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Primera Revisión), septiembre 2005 para agua de consumo humano; El pH está dentro de los límites máximos permisibles.

En la Tabla 18 se consideró aspectos que determinaron características químicas del agua como son: Hierro Total, Manganeso, Amoníaco, Nitratos, Nitritos, Sulfato, Flúor y Fosfatos, obteniéndose como resultado que todos los parámetros a excepción de los nitritos de las muestras obtenidas en los tres puntos de muestreo no están dentro de límites máximos, teniendo un valor de 0.023 y el límite permisible es de 0.

En la Tabla 19 los análisis de coliformes fecales tienen como límite máximo permisible la inexistencia, sin embargo en la muestra obtenida en el punto de mezcla rápida, antes de filtración y después de filtración sobrepasan el límite teniendo un valor de 48 U.F.C/100 ml y menor que tres, en los demás puntos de muestreo los valores están dentro de los límites máximos permisibles.

CAPITULO VI

6. PROPUESTA

6.1. Propuesta de un manual de operación y mantenimiento para la planta potabilizadora del cantón Palora.

El propósito u objetivo de este manual es identificar y uniformizar los procedimientos básicos de operación y mantenimiento en una planta potabilizadora de agua para consumo humano y la determinación de los requisitos de seguridad e higiene que debe reunir la planta contribuyendo así con la protección del operador y la población beneficiada.

Tabla 20. Puntos críticos Identificados durante la investigación.

PUNTO CRÍTICO	OBSERVACIONES.
INFRAESTRUCTURA	Inadecuado e incompleta infraestructura en unidades (TR, mezcla rápida y Sedimentadores), Unidades potabilizadoras sin uso por avería (Desarenadores), falta de elementos de medición de caudal, deficientes elementos para la preparación de desinfectante.
OPERATIVOS	Limpieza incompleta de los sedimentadores, no hay control de operaciones realizadas (medición de caudal de agua, regulación de caudal de desinfectante), Mal uso de instalaciones (cuarto de químicos), Inadecuado proceso para preparar el desinfectante.
SEGURIDAD	Falta de elementos de seguridad ocupacional como mascarillas, ropa o equipos adecuados, falta de botiquines de primeros auxilios.
NIVEL COGNOSCITIVO	Falta de personal técnico capacitado, falta de capacitación al personal en procedimientos operacionales y mantenimiento de la planta, falta de un Sistema de Gestión Ambiental de seguridad e higiene.

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.1.1. Operación y mantenimiento de las Unidades Potabilizadoras de la PTAP del cantón Palora.

Mediante este manual de operación y mantenimiento se espera lograr que la Planta de Tratamiento de Agua Potable del cantón Palora optimice los procedimientos de tratamiento y garantice la calidad de agua tratada. Los procesos que se llevarán a cabo son los siguientes:

- Medición de caudales y mezcla rápida
- Manejo de sustancias químicas: Aquí se incluirá la dosificación de productos químicos
- Floculación
- Sedimentación
- Desinfección: Aquí se incluirá la dosificación y concentración de desinfectante.

6.1.1.1. Mezcla Rápida

La unidad de mezcla rápida que se propondrá, tiene la finalidad de crear un salto hidráulico adecuado y garantizar una mezcla eficiente del coagulante con el agua en proceso, lo que a su vez efectivizará la formación de flóculos y remoción de sustancias coloidales.

Las dimensiones y características de esta unidad se explican detalladamente en la propuesta de diseño y reconstrucción de las unidades operacionales.

6.1.1.2. Registro de caudales para la PTAP del cantón Palora.

Para que los obreros de la PTAP del cantón Palora tengan mayor conocimiento y puedan manipular de manera adecuada las dosificaciones de los productos químicos en ocasiones que exista variaciones de caudal, se realizó una base de datos de caudales en base a la altura que se registre en los vertederos.

Tabla. 21. Registro de caudal para diferentes alturas en la PTAP del cantón Palora.

H (cm)	Q (m/s)	H (cm)	Q (m/s)
0.10	0.087	0.4	0.696
0.11	0.100	0.41	0.723
0.12	0.114	0.42	0.748
0.13	0.129	0.43	0.775
0.14	0.144	0.44	0.803
0.15	0.159	0.45	0.830
0.16	0.176	0.46	0.858
0.17	0.193	0.47	0.886
0.18	0.210	0.48	0.915
0.19	0.228	0.49	0.943
0.2	0.245	0.50	0.972
0.21	0.265	0.51	1.002
0.22	0.284	0.52	1.031
0.23	0.303	0.53	1.061
0.24	0.323	0.54	1.091
0.25	0.343	0.55	1.122
0.26	0.365	0.56	1.152
0.27	0.386	0.57	1.212
0.28	0.407	0.58	1.246
0.29	0.429	0.59	1.278
0.30	0.452	0.60	1.283
0.31	0.475	0.61	1.310
0.32	0.498	0.62	1.343
0.33	0.520	0.63	1.375
0.34	0.545	0.64	1.408
0.35	0.569	0.64	1.447
0.36	0.594	0.66	1.475
0.37	0.619		
0.38	0.644		
0.39	0.670		

Fuente. Elaboración propia del autor con datos de la Planta Potabilizadora “La Palestina” de Puyo

6.1.1.3. Manejo de sustancias químicas

La única sustancia química que se utiliza actualmente en la PTAP del cantón Palora es hipoclorito de calcio granulado, sin embargo debido al sistema de coagulación y floculación que se pretende proponer se explicará detalles sobre el sulfato de aluminio.

6.1.1.3.1. Sulfato de Aluminio.

Es el coagulante que se utilizará cuando la PTAP del cantón Palora adicione a su sistema de potabilización el proceso de coagulación y floculación, se tomó en cuenta este producto químico debido a que la planta posee las instalaciones e instrumentos necesarios para su preparación y dosificación.

La importancia de la adición de este producto químico en el agua tratante, se debe a la turbiedad del afluente en la mayor parte del año, ocasionado por las condiciones climáticas de la región. Por medio de este proceso se logrará que se coagulen y sedimenten las sustancias coloidales y se pueda realizar una eficiente remoción de sustancias sólida.

6.1.1.3.2. Dosificación de productos químicos.

6.1.1.3.3. Dosis óptima de floculante en base a la turbiedad.

Las dosis óptimas de floculante (Sulfato de Aluminio) se encuentran registradas en tablas, los valores de la dosis del polímero son el resultado de datos experimentales realizados en laboratorios con el método de la prueba de jarras. La dosis varía en dependencia de la turbiedad. La siguiente tabla detalla la dosis de Sulfato de Aluminio óptima para diferentes turbiedades.

Tabla 22. Dosis óptima de Sulfato de Aluminio según la Turbiedad para la PTAP del cantón Palora.

Turbidez (NTU)	DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO (ppm o g/m ³)		
	Mínima	Máxima	Media
10	5	17	10
15	8	20	14
20	11	22	17
40	13	25	19
60	14	28	21
80	15	30	22
100	16	32	24
150	18	37	27
200	19	42	30
300	21	51	36
400	22	62	39
500	23	70	42

Fuente. SEDAPAL (Evaluación de Plantas y desarrollo Tecnológico, 2000).

6.1.1.3.4. Determinación de la masa óptima de coagulante para diferentes caudales en la PTAP del cantón Palora.

Con los valores de dosis óptima de la tabla 22 y con la aplicación de la fórmula de dosis de coagulante, se puede determinar la cantidad Sulfato de aluminio requerida para la Planta Potabilizadora del cantón Palora, de la siguiente manera:

$$CR = \frac{DO * Q * 3600}{1000}$$

Dónde:

CR: Cantidad de floculante requerido

DO: Dosis óptima de Sulfato de Aluminio que en este caso será 15 ppm (para 80 NTU).

Q: Caudal que está llegando a la planta, se trabajará con 40 l/s, se tomó este valor porque es el caudal futuro estimado.

$$CR = \frac{15 \text{ g/m}^3 * 0.040 \text{ m}^3/\text{s} * 3600 \text{ s}}{1000 \text{ g}} ; CR = 2.16 \text{ kg/h}$$

Tabla 23. Registro de masa de coagulante según la Turbiedad para la PTAP del cantón Palora.

Turbidez (NTU)	DOSIS DE SULFATO DE ALUMINIO (ppm o gr/m ³)			MASA DE SULFATO DE ALUMINIO PARA (kg/h) PARA CADA DOSIS ÓPTIMA		
	Mínima	Máxima	Media	Mínima	Máxima	Media
10	5	17	10	0.72	2.44	1.14
15	8	20	14	1.15	2.88	2.01
20	11	22	17	1.58	3.16	2.44
40	13	25	19	1.87	3.6	2.7
60	14	28	21	2.016	4.03	3.02
80	15	30	22	2.16	4.3	3.16
100	16	32	24	2.3	4.6	3.4
150	18	37	27	2.59	5.3	3.8
200	19	42	30	2.73	6.04	4.3
300	21	51	36	3.024	7.3	5.1
400	22	62	39	3.16	8.9	5.6
500	23	70	42	3.31	10.08	6.04

Fuente. Elaboración propia del autor con datos de SEDAPAL (Evaluación de Plantas y desarrollo Tecnológico, 2000).

6.1.1.3.5. Determinación del volumen de Sulfato de Aluminio para la PTAP del cantón Palora.

Para determinar el volumen de Sulfato de Aluminio a dosificar por hora se despeja de la fórmula de densidad de una disolución, que es:

$$d = \frac{m}{v}; \quad v = \frac{m}{d} \quad \text{Dónde:}$$

m: Masa de la disolución

v: Volumen de solvente

d: Se obtiene midiendo la disolución con un densímetro, en este caso utilizaremos el valor de 1.42 kg/l, debido a que es el valor utilizable para la potabilización del agua.

$$v = \frac{2.16 \text{ kg/h}}{1.42 \text{ kg/l}} ; v = 1.51 \text{ l/h}$$

Por lo tanto en la Planta Potabilizadora del cantón Palora para flocular un caudal de 40 l/s se necesita realizar una disolución con 2.16 kg de Sulfato de Aluminio en 1.5 litros de solvente para una hora.

6.1.1.2. Floculador.

La unidad operativa floculadora que se propone estará formada de dos zonas; la primera es la zona rápida, mediante la cual el agua coagulada transitará permitiendo que se formen los flóculos y en la segunda zona que es la zona lenta, se completará el proceso floculativo con el asentamiento de las aglomeraciones floculadas.

Será necesario que los operadores adicionen las dosificaciones de masa y volumen del floculante (en dependencia del caudal) que se plantean anteriormente y realicen la limpieza periódica del tanque floculador para garantizar una efectiva remoción de las sustancias coloidales. Las dimensiones y características de esta unidad se explican detalladamente en la propuesta de diseño y reconstrucción de las unidades operacionales.

6.1.1.3. Sedimentador.

La unidad para realizar el proceso de sedimentación que se propone es un sedimentador de alta tasa, es decir tendrá láminas paralelas en su estructura que permitirán de manera más eficiente el asentamiento de los flóculos y partículas en suspensión.

Para garantizar un eficiente proceso de sedimentación, será necesario que los operadores realicen una correcta operación del proceso de

floculación, debido a que de éste depende la remoción y sedimentación de las sustancias en suspensión y coloidales.

La Ingeniera Karla Andaluz, Técnica de la PTAP “La Palestina” de la ciudad de Puyo, menciona que es necesario que la unidad sedimentadora se encuentre en correctas condiciones estructurales y que la limpieza se realice de forma periódica para garantizar un completo y adecuado proceso de sedimentación.

6.1.1.4. Desinfección.

6.1.1.4.1. Manejo y dosificación del cloro para la PTAP del cantón Palora.

Como ya se ha mencionado anteriormente en el capítulo IV, en la descripción del Sistema de Desinfección, se determina que la técnica utilizada no es adecuada debido a que durante su preparación rústica se expone a la mezcla a ingreso de contaminantes del ambiente, así como también es inadecuada la forma como se adiciona el desinfectante, puesto que no existe medición exacta del volumen añadido y las variaciones de volumen que se debe proporcionar en base al caudal que se esté tratando.

Sin embargo si se sigue con el mismo método de desinfección, es necesario regular algunas irregularidades que se realizan en la planta potabilizadora, entre ellas: dosificación exacta de desinfectante (masa de hipoclorito de calcio), concentración óptima de la disolución madre a añadir y flujo exacto de desinfectante a añadir; todos estos parámetros varían en dependencia del caudal que se esté tratando.

6.1.1.4.2. Determinación de la dosis óptima de desinfectante a diferentes caudales.

Para determinar la masa adecuada de hipoclorito de calcio a adicionar en la cantidad de agua con que trabaja la planta potabilizadora del cantón

Palora, se utilizó la fórmula de masa de soluto para caudales de canal abierto.

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{\text{Conc. Ca (ClO)}_2 * Q_m * 86400}{60 - 70\%}$$

Dónde:

mCa (ClO)₂: Masa de hipoclorito de calcio.

Conc. Ca (ClO)₂: Concentración de hipoclorito de calcio.

Qm: Caudal medio

Datos:

Qm: 29.43 l/s

Se utilizará al 70% de concentración.

Conc. Ca (ClO)₂: 1 mg/l, es un valor constante.

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{1 \text{ mg/L} * 29.43 \text{ L/s} * 86400}{0.7} * 1000$$

$$m \text{ Ca (ClO)}_2 = 3632.5 \frac{\text{g}}{\text{dia}} = 3.63 \text{ kg/dia}$$

Tabla 24. Dosis óptima de desinfectante para diferentes caudales para la PTAP del cantón Palora.

Caudal (l/s)	Dosis de Ca (ClO) ₂ (kg/d)
20	2,4685
25	3,0857
30	3,7028
35	4,3200
40	4,9371
45	5,5542
50	6,1714
Q.P 29.43	3.63

Fuente: Elaboración propia del autor.

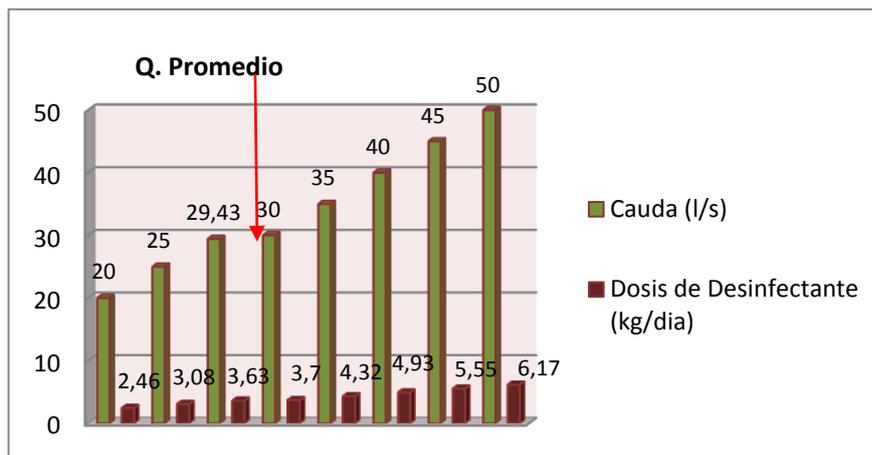


Figura 41. Dosis óptima de desinfectante para diferentes caudales para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.1.1.4.3. Determinación de la concentración óptima de hipoclorito de calcio para la PTAP del cantón Palora.

Para determinar la concentración óptima para el caudal con que trabaja la planta potabilizadora del cantón Palora, se utilizó la fórmula de disolución de un soluto en un solvente, la misma que es la siguiente:

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{m \text{ Ca (ClO)}_2}{V \text{ H}_2\text{O}}$$

Dónde:

$m \text{ Ca (ClO)}_2$: masa en peso de hipoclorito de calcio (solute).

$v \text{ H}_2\text{O}$: Volumen de agua (solvente).

$n \text{ Ca (ClO)}_2$: Concentración de hipoclorito de calcio por cada litro de solvente

Datos:

$m \text{ Ca (ClO)}_2 \text{ QM}$: 3632.5 g/día

$V \text{ H}_2\text{O}$: 500 l

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = \frac{3632.5 \text{ g/d}}{500 \text{ l}}$$

$$n \text{ Ca (ClO)}_2 = 7.2\text{g/l/d o } 72.704 \text{ mg/L}$$

Tabla 25. Concentración óptima de desinfectante para diferentes caudales.

Caudal (l/s)	Concentración de Ca (ClO) ₂ (mg/L)
20	49.37
25	61.714
30	74.056
35	86.4
40	98.74
45	111.084
50	123.428
Q.P 29.43	72.704

Fuente: Elaboración propia del autor.

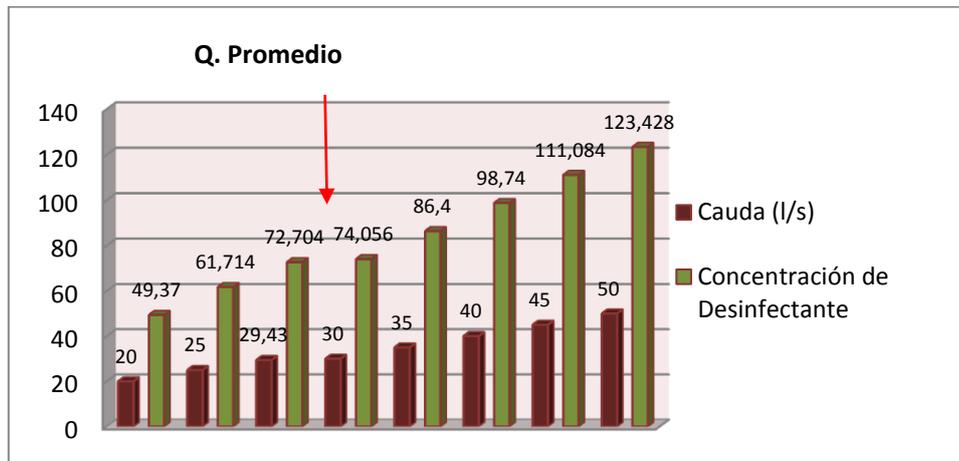


Figura 42. Concentración óptima de desinfectante para diferentes caudales para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.1.1.4.4. Determinación del caudal óptimo de desinfectante a adicionar en la PTAP del cantón Palora.

Para determinar el valor de caudal adecuado que se debe adicionar al agua en proceso, se utilizó la formula volumétrica de caudal.

Teniendo en cuenta que el volumen de disolución del desinfectante y del soluto es 500 l y que éste debe ser adicionado al agua en proceso.

Por lo tanto:

$$Q = \frac{v}{t};$$

Donde:

Q: Caudal.

V: Volumen de agua.

T: Tiempo.

$$Q = \frac{500 \text{ l}}{24 \text{ h}}; \quad Q = 20,83 \frac{\text{l}}{\text{h}} \text{ o } 0.057 \text{ l/h}$$

El caudal de desinfectante que se añade va a ser constante incluso si existe aumento de caudal, en tal caso la variable que cambia es la concentración de soluto en el solvente. El caudal de desinfectante no puede variar puesto que el envase que se utiliza obviamente posee volumen constante. Para realizar cambios de caudal de manera eficiente en esta planta potabilizadora se debe cambiar el método de inyección de desinfectante, puesto que se cuenta con una población considerable y el método utilizado actualmente solo es útil en áreas rurales con pocos habitantes.

Por lo tanto, para mejorar el Sistema de inyección de desinfectante de manera eficiente e integral, se debe cambiar tres aspectos que son:

- Se debe cambiar el método de desinfección de uso actual (hipoclorito de calcio en grano) porque este método solo funciona en comunidades rurales, donde hay pocos habitantes y además no permite realizar cambios exactos de volumen de desinfectante cuando exista aumento de caudal. El método adecuado para el cantón Palora es el cloro gas, debido a que evita contacto directo

con el químico (viene preparado en tanques de 51,9 kg y 68 kg y sin ningún inconveniente pueden permanecer almacenados) y además se puede regular cambios de fluido de inyección de desinfectante si hay aumento o disminución del caudal de agua.

- Para adicionar la solución de desinfectante (agua y cloro) al caudal filtrado se debe utilizar un aparato electromecánico y por medio de este aparato regular el volumen de desinfectante en dependencia del caudal que esté llegando. En la Planta Potabilizadora La Palestina de la ciudad de Puyo en un caudal de 145 L/s añaden 20lb de desinfectante.
- Para determinar debidamente la cantidad de desinfectante que se debe adicionar es imprescindible saber de manera exacta el caudal que está llegando al Sistema de desinfección, para ello es necesario un sistema eficaz y sencillo de medida que hasta los obreros puedan manipular, es decir se utilizará una regla de equivalencias de centímetros a caudal, con este instrumento se mediría el flujo en los cuatro vertederos triangulares existentes.

6.2. Diseño de reconstrucción de unidades operacionales de la planta potabilizadora del cantón Palora.

En esta planta potabilizadora existen unidades que tienen inadecuada infraestructura tanto desde el punto de vista de diseño así como de funcionamiento, por ello es necesario realizar un rediseño y acondicionamiento a estas unidades potabilizadoras para que el sistema tratante de agua para consumo humano tenga mayor eficiencia y produzca agua de excelente calidad y un abastecimiento futuro total. El rediseño consiste en lo siguiente.

6.2.1. Diseño del Tanque recolector para la PTAP del cantón Palora.

El tanque recolector tiene dos inconvenientes que son:

- Se encuentra en una posición poco elevada, por lo que no se produce una mezcla rápida del efluente y
- Es muy pequeño, por lo que el tiempo de retención es despreciable.

Por lo antes expuesto se determinó la necesidad de construir otro tanque recolector con una superficie más extensa, esto ayudará a que el fluido experimente mayor tiempo de retención en esta unidad y además el efluente tenga mayor fuerza de caída para favorecer la mezcla rápida. Tomando en cuenta que la vida útil de esta planta potabilizadora es de quince años más, el nuevo tanque tendrá las dimensiones para tratar 70 l/s, por lo tanto las superficies serán las siguientes: 1,67m x 1,60 m, con una profundidad de 1,57 m, y un volumen útil de 4,19504 m³ o 4195,04 L.

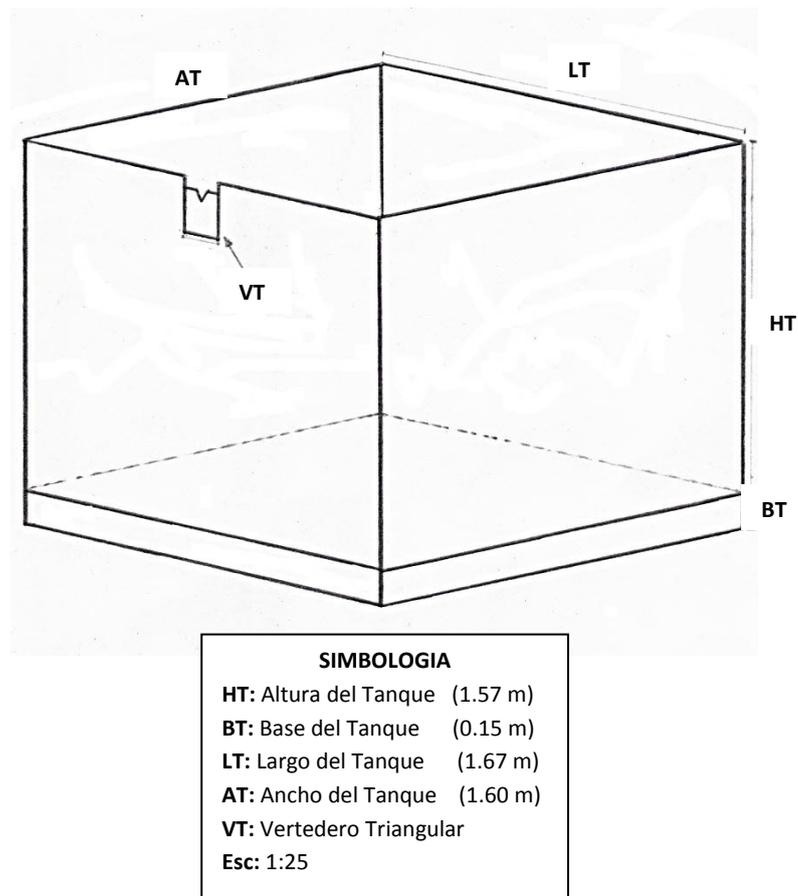


Figura 43. Nuevo tanque recolector

Fuente: Elaboración propia del autor.

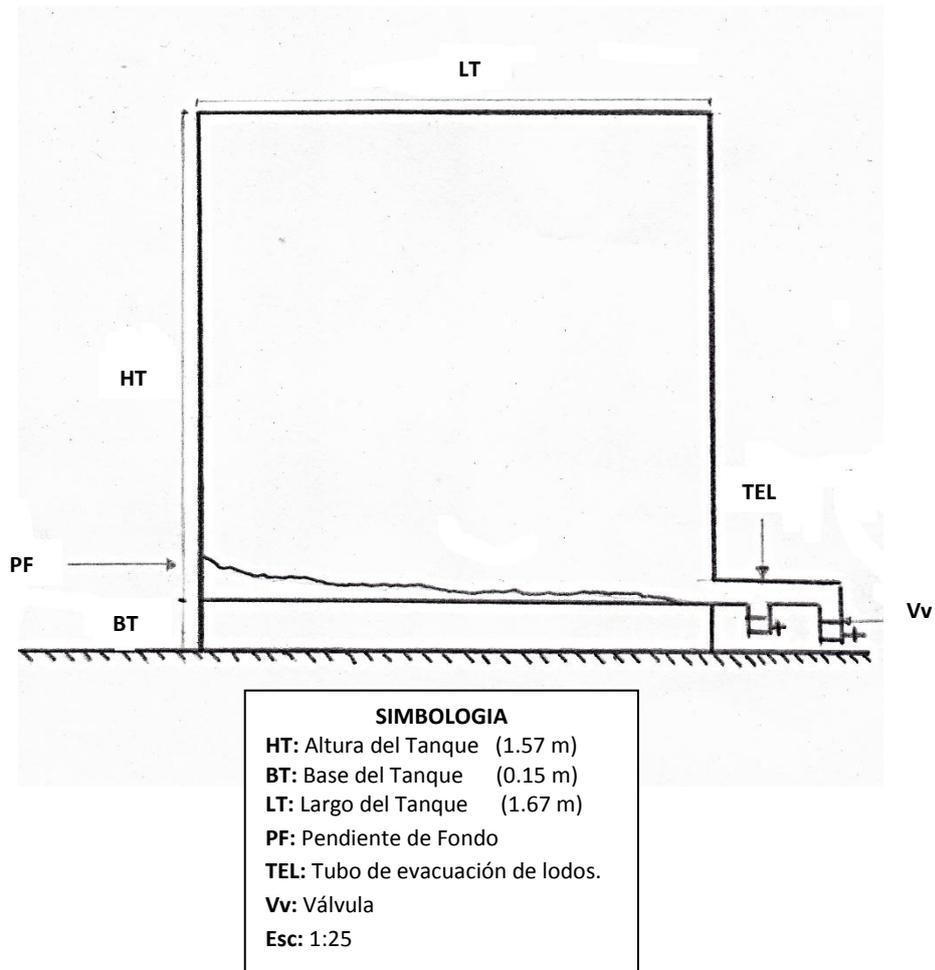


Figura 44. Vista Lateral del tanque recolector

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.2.1.1. Determinación hidráulica el tanque recolector diseñado.

El tiempo de retención en el tanque recolector se calculó con la siguiente expresión:

$$Tr = v/Q.$$

Donde:

Tr: Tiempo de retención del tanque recolector.

v: Volumen del tanque recolector.

Q: Caudales de diseño, medio y máximo que llegan a la planta.

El tanque recolector para los caudales de diseño, medio y máximo brindará los siguientes tiempos de retención:

Tabla 26. Tiempo de retención del nuevo tanque recolector para la PTAP del cantón Palora.

PARÁMETRO	VOLUMEN DEL TANQUE	CAUDAL DE DISEÑO	CAUDAL MEDIO	CAUDAL MÁXIMO
UNIDAD	m ³	l/s	l/s	l/s
VALOR	4,195	32	48	55
TIEMPO DE RETENCIÓN	s	131,09	87,39	76,27

Fuente: Elaboración propia del autor.

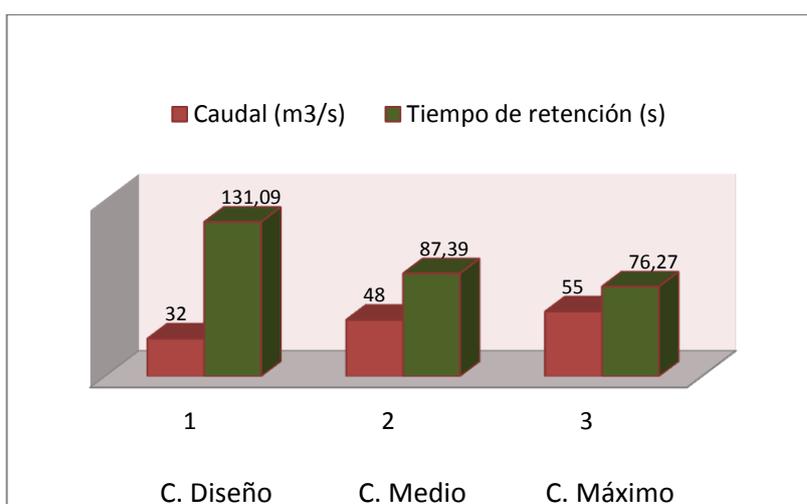


Figura 45. Tiempo de Retención en el tanque recolector

Fuente: Elaboración propia del autor.

Los valores del caudal se multiplicaron por 100, para una mejor apreciación de la gráfica.

Análisis.

Estos valores de tiempo de retención son adecuados para los niveles de caudal de diseño, medio y máximo con que se trabaja en la planta potabilizadora del cantón Palora, puesto que el fluido que llega a la planta tendrá un tiempo prudente para retener las partículas sólidas más pesadas que puedan llegar al Sistema de Potabilización (Dégremont, 2002).

6.2.2. Diseño del sistema de mezcla rápida para la PTAP del cantón Palora.

Con el tanque recolector a mayor altura, existe mayor caída y por ende al existir mayor salto hidráulico la mezcla del fluido con el floculante será más uniforme.

Posterior al tanque recolector se construirá un canal de pendiente variable de concreto de 0,15 m de ancho, sin tomar en cuenta las dimensiones de las paredes del muro; luego existirá un primer recorrido horizontal de 1.00 m, a continuación habrá una pared vertical que provoque un salto de 1.00 m y finalmente un segundo recorrido horizontal de 1.50 m, la altura del canal será de 0.50 m. Todas las medidas satisfacen para que se genere la velocidad del fluido adecuada y el salto hidráulico óptimo y así garantizar una eficiente mezcla del floculante con los caudales medios y mínimos con que trabaja la planta. En donde se produciría el salto hidráulico es donde se realizará la adición del coagulante, cuyas dosis dependerá de la turbiedad existente en el agua.

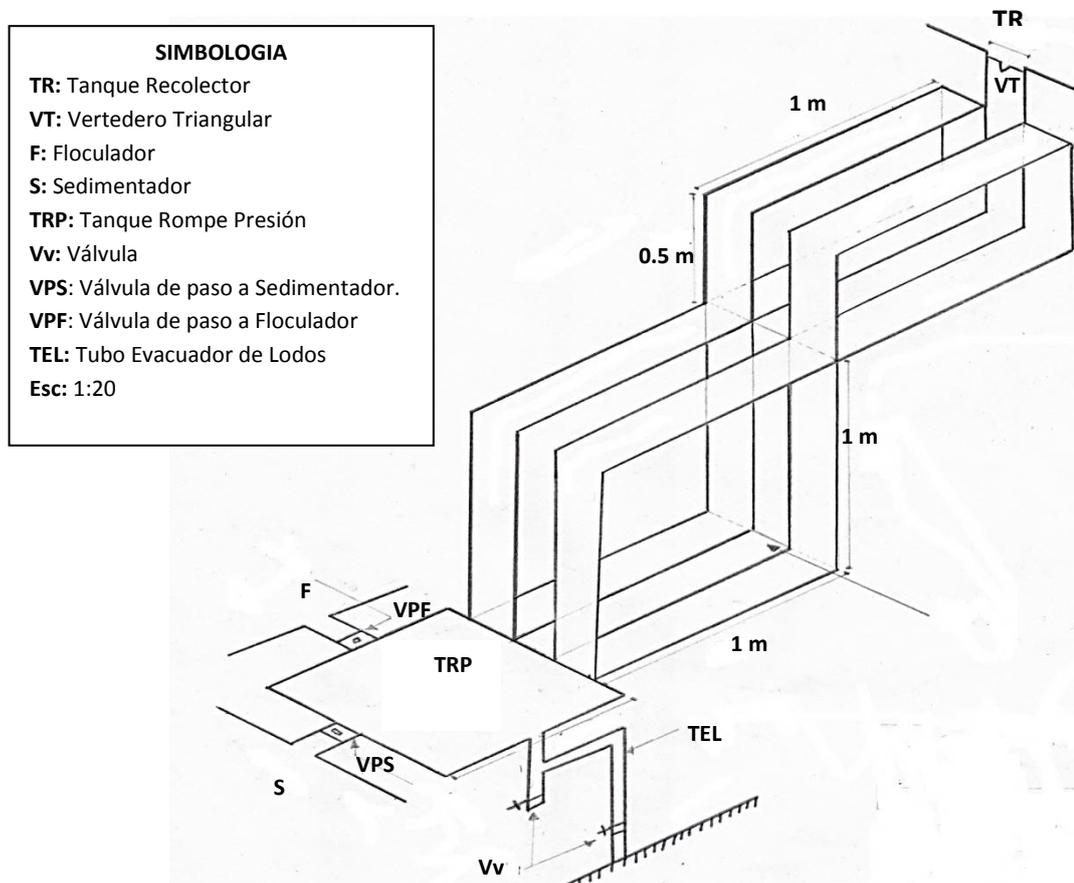


Figura 46. Canal de Mezcla rápida para la PTAP del cantón Palora

Fuente: Elaboración propia del autor.

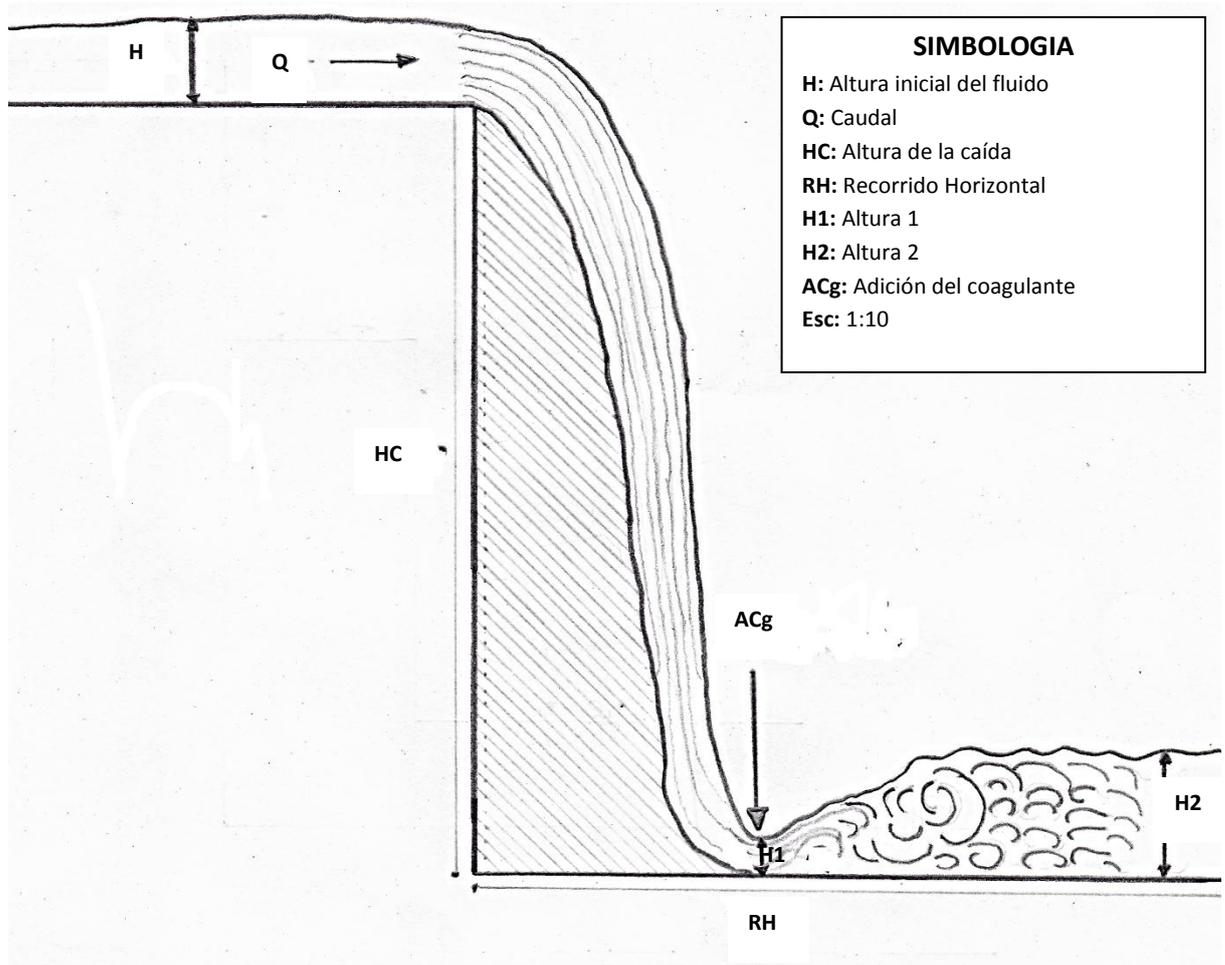


Figura 47. Resalto hidráulico diseñado para la PTAP del cantón Palora

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.2.2.1. Determinación hidráulica en el Sistema de mezcla rápida diseñado.

La mezcla rápida diseñada presenta los siguientes valores para el área de la sección transversal, velocidad de flujo y Numero de Froude (eficiencia del salto hidráulico).

Área de la sección transversal.

Para determinar el área de la sección transversal se utilizó la fórmula del área de la sección mojada, que es:

$$A = b * h;$$

Dónde:

A: Área de la sección transversal o área de la sección mojada.

b: Ancho del canal, que es de 0.15 m, este valor no está incluido en la tabla debido a que es constante.

h: Altura de la sección mojada, este valor varía en dependencia del caudal que llegue a la planta potabilizadora.

Tabla 27. Área de la sección transversal para el sistema de mezcla rápida de la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	CAUDAL	ALTURA DE LA SECCIÓN MOJADA	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL.
UNIDAD	m ³ /s	m	m ²
	0.030	0.0366	0.0055
	0.035	0.042	0.0063
	0.040	0.0453	0.0068
	0.045	0.048	0.0072
	0.050	0.0526	0.0079

Fuente: Elaboración propia del autor, con datos de la PTAP “La Palestina” de la ciudad de Puyo.

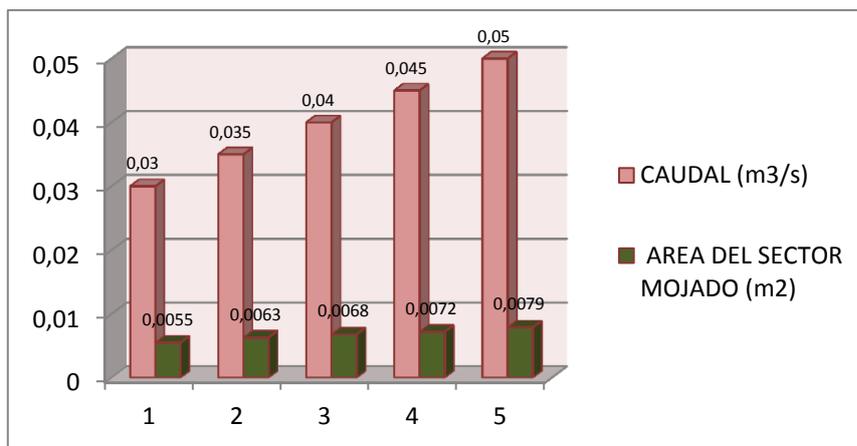


Figura 48. Área mojada en el canal, previo a la mezcla rápida.

Fuente: Elaboración propia del autor, con datos de la PTAP “La Palestina”.

Velocidad del fluido en el canal antes del salto hidráulico.

Para determinar la velocidad del fluido en el canal, previo al salto hidráulico, se despejó de la fórmula de la determinación del caudal con un objeto flotante:

$$Q = C * A * V, \text{ despejando la velocidad queda; } v = \frac{Q}{C*A}.$$

Dónde:

v: Velocidad del fluido

Q: Caudal que está llegando a la planta. Estos valores se multiplicaron por 100 para tener mejor apreciación en el gráfico

A: Área de la sección mojada.

C: Coeficiente de fricción, que tiene un valor constante de 0.8 para canales de concreto. Este valor no se representa en la tabla debido a que es constante.

Tabla 28. Velocidad del fluido en el canal en la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	CAUDAL	AREA DE LA SECCIÓN MOJADA	VELOCIDAD DEL FLUIDO.
UNIDAD	m ³ /s	m ²	m/s
	0.030	0.0055	6.8181
	0.035	0.0063	6.9444
	0.040	0.0068	7.3529
	0.045	0.0072	7.8125
	0.050	0.0079	7.9113

Fuente: Elaboración propia del autor.

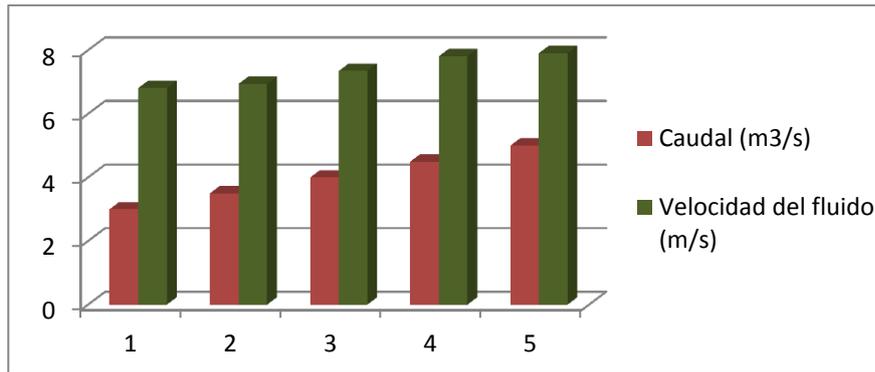


Figura 49. Velocidad del fluido en el canal antes del salto Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Número de Froude.

El número de Froude se determinó con la ecuación de Silvester que es:

$$F = \frac{v^2}{g * h}$$

Dónde:

F: Número de Froude

v: Velocidad del fluido en el canal antes del salto hidráulico

g:Gravedad. Este valor es constante.

h: Altura de la pared vertical. Este valor es constante.

El caudal se multiplicó por 100 para tener mejor apreciación de la gráfica.

Tabla 29. Determinación del número de Froude para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	CAUDAL	VELOCIDAD DEL FLUIDO ANTES DEL SALTO H.	NÚMERO DE FROUDE
UNIDAD	m ³ /s	m/s	
	0.030	6.8181	4.7
	0.035	6.9444	5
	0.040	7.3529	5.43
	0.045	7.8125	6.20
	0.050	7.9113	6.36

Fuente: Elaboración propia del autor.

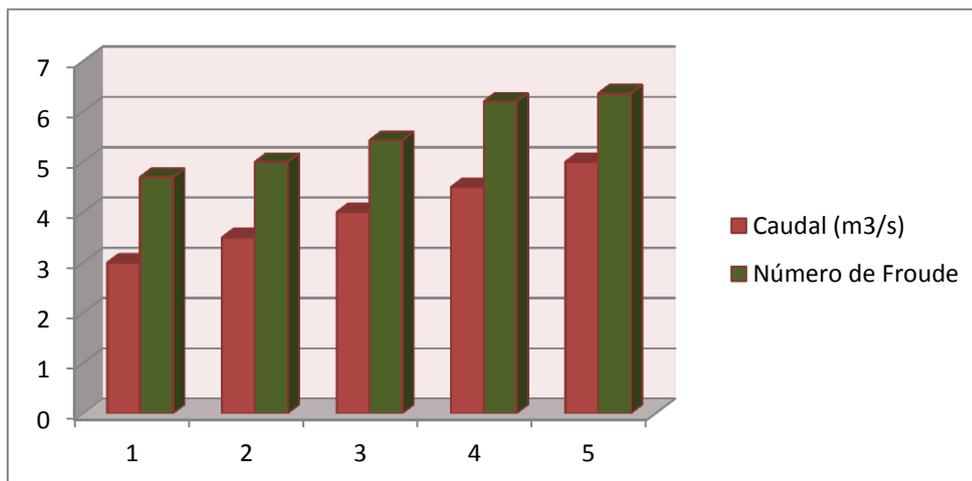


Figura 50. Número de Froude para la PTAP del cantón Palora

Fuente: Elaboración propia del autor.

Análisis.

Los valores obtenidos en las Tablas 26 y 27 que corresponden al área de la sección mojada y velocidad del fluido en el canal son herramientas que sirven para hallar el número de Froude, este valor determina si el salto hidráulico que se produce después de la caída del agua es efectivo o no, para que se produzca una eficiente mezcla rápida del floculante. Los valores óptimos del Número de Froude para canales con cambio de pendiente son de 4.5 a 9 (Vargas, 2008).

Por lo tanto se determina que los valores obtenidos de esta variable para el canal de mezcla rápida diseñado cumplirán con los estándares de diseño y funcionamiento para que se produzca una óptima mezcla del fluido con el floculante y esto a su vez garantiza eficiencia en el proceso de floculación.

6.2.3. Diseño del floculador hidráulico para la PTAP del cantón Palora.

La unidad que se utilizará es el floculador hidráulico horizontal. El tanque floculador que proporcione una eficiente formación de flocs para la planta potabilizadora en investigación debe constar de una unidad construida

externamente en hormigón armado. Este floculador debe poseer placas construidas por fibras de vidrio y cubierto sus alrededores con marcos de metal, la constitución de estas placas impide cualquier tipo de contaminación del fluido y una eficaz floculación.

Es necesario que la unidad tratantes esté separada por una pared central de 0.18 m de ancho. La altura de las láminas será de 1.01m, la altura de la pared de separación de las dos zonas será de 1.23m. Las medidas de la unidad floculadora deben ser de largo 9,94 m y de ancho total (incluida la pared central) 5,72 m. Cada zona debe tener un ancho de 2,72 m aproximadamente, sin tomar en cuenta la pared central.

Zona de floculación Rápida. Se colocará 29 placas en la zona de floculación rápida, alrededor de estas placas viajará el agua permitiendo que se vayan formando los flóculos, la separación de las láminas será la siguiente:

- 0.23 m (seis primeras placas)
- 0.28 m (seis siguientes)
- 0.33 m (seis siguientes)
- 0.38 m (seis siguientes)
- 0.43 (seis siguientes).

El espaciamiento entre placa y placa es cada vez mayor para permitir que se formen los flóculos.

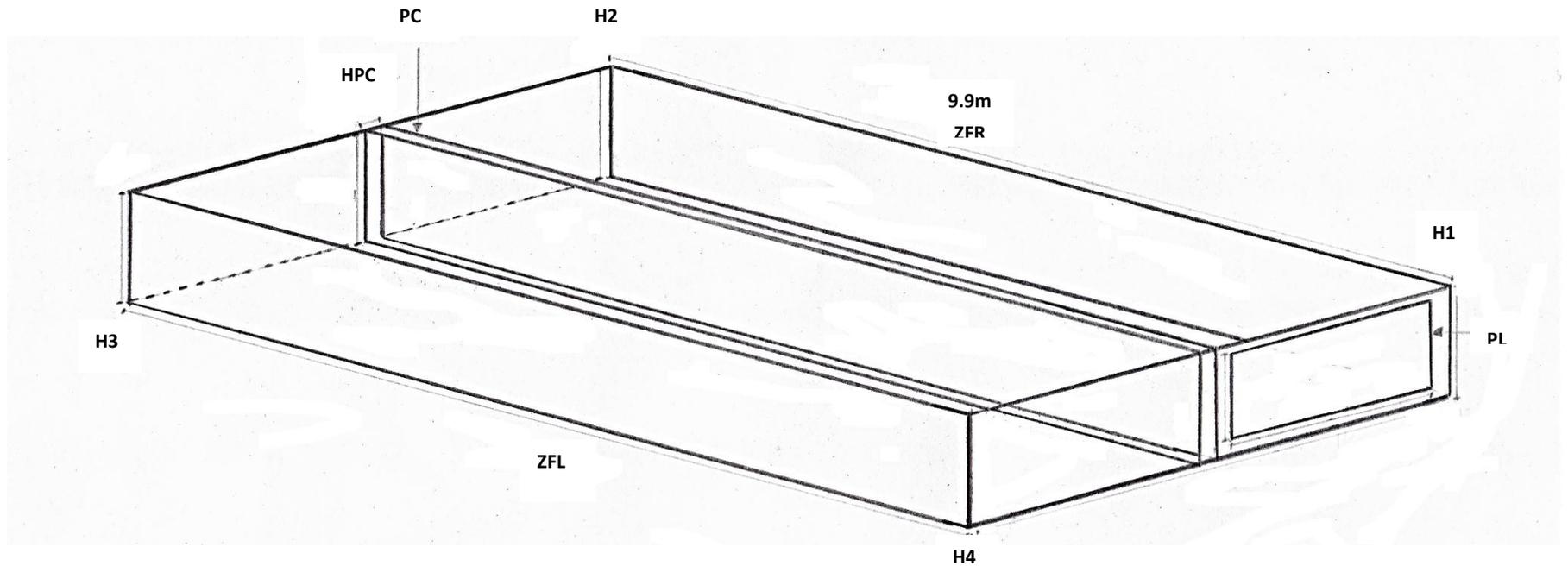
Zona de floculación Lenta. Se colocará 20 placas en la zona de floculación lenta, el espaciamiento ente las placas será mayor, puesto que en la floculación lenta el agua debe tener menor movimiento para permitir que los flóculos se asienten, la separación de las láminas será la siguiente:

- 0.44 m (seis primeras placas)
- 0.45 m (seis siguientes)
- 0.46 m (cuatro siguientes)

- 0.47 m (cuatro siguientes)
- 0.88 (una siguiente).

El floculador debe constar de las siguientes válvulas para que pueda ingresar el agua a tratar y evacuar los lodos residuales.

- **CF:** Compuerta metálica a floculador de dimensiones: b.h: 0,60. 1,12m, con vástago y volante
- **CPS:** Compuerta metálica rectangular de by-pass hacia rectangular de ingreso sedimentadores, de dimensiones: b.h: 0,60. 1,12m, con vástago y volante.
- **CsF:** Compuerta metálica rectangular de salida de floculador, de dimensiones: b.h: 0,60. 1,12m, con vástago y volante.



Esc: 1.75		SIMBOLOGIA	
PC: Pared Central		H1: Altura uno	
HPC: Altura de la PC		H1: Altura uno	
ZFL: Zona de Floculación Lenta		H1: Altura uno	
ZFR: Zona de Floculación Rápida		H1: Altura uno	
PL: Placa de fibra de vidrio			

Figura 51. Tanque Floculador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

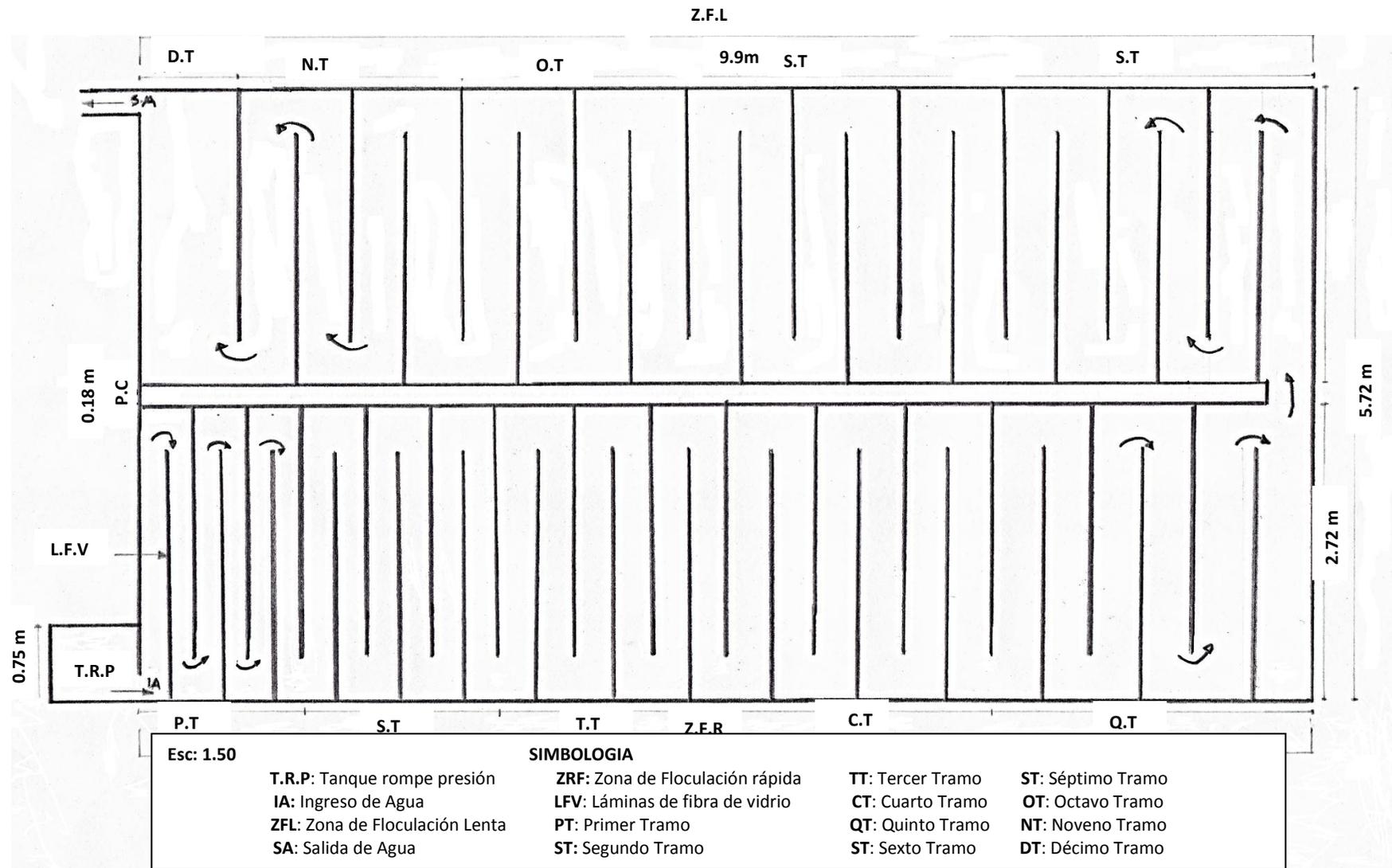


Figura 52. Vista Frontal del Tanque Floculador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor

6.2.3.1. Determinación hidráulica en el Sistema de floculación.

El floculador hidráulico horizontal tendrá las siguientes características en parámetros como: pérdidas por cambio de dirección y turbulencia en las pantallas, pérdidas por fricción en el canal, número de Reynold y tiempo de retención.

Pérdida de energía por cambio de dirección y turbulencia.

Para la determinación hidráulica en el floculador se toma en cuenta la separación de las placas que anteriormente ya se detalló, el conjunto de placas que tienen la misma separación forman un tramo, siendo este valor el ancho que se utilizó para determinar su área.

Para hallar las pérdidas por cambio de dirección y turbulencia en las pantallas del floculador izquierdo se halló el área de cada tramo con la siguiente fórmula:

$$A = b \cdot L.$$

Donde L es el largo del tramo y b es el ancho de cada tramo, este valor no es el mismo debido a que existen diferencias en las separaciones de las placas. El valor de caudal que se tomó como referencia es $Q=0.048 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_T=48 \text{ L/s}$), por lo que es el valor medio con que se operará en esta planta de tratamiento

Para determinar la velocidad de cada tramo, se utilizó la fórmula de continuidad de caudal

$Q = v \cdot A$; Donde Q es el caudal, v es la velocidad de A es el área, despejando la velocidad queda:

$v = Q/A$. Con los valores de cada tramo y velocidad obtenidos se determina un valor promedio del flujo. Finalmente se encuentra el valor de la pérdida de carga por cambio de dirección y turbulencia, por medio de la siguiente fórmula:

$$h_1 = K \times N \frac{v^2}{2g} \quad \text{Donde:}$$

h_1 = Pérdida de carga por cambio de dirección y turbulencia.

K es el coeficiente de pérdida de carga y su valor es 3,5

N = Número de pantallas, siendo éstas 49

v = Velocidad promedio de flujo.

Tabla 30. Pérdida de energía por cambio de dirección y turbulencia para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETROS	LARGO	ANCHO	AREA	CAUDAL	VELOCIDAD	PERDIDA DE CARGA (h1)
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	m/s	m
TRAMO 1	2,72	1,38	3,7536	0,048	0,013	0,002
TRAMO 2	2,72	1,68	4,5696	0,048	0,011	0,001
TRAMO 3	2,72	1,98	5,3856	0,048	0,009	0,001
TRAMO 4	2,72	2,28	6,2016	0,048	0,008	0,001
TRAMO 5	2,72	2,58	7,0176	0,048	0,007	0,000
TRAMO 6	2,72	2,64	7,1808	0,048	0,007	0,000
TRAMO 7	2,72	2,7	7,344	0,048	0,007	0,000
TRAMO 8	2,72	1,84	5,0048	0,048	0,010	0,001
TRAMO 9	2,72	1,88	5,1136	0,048	0,009	0,001
TRAMO 10	2,72	0,881	2,3963	0,048	0,0200	0,003

Fuente: Elaboración propia del autor con valores proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

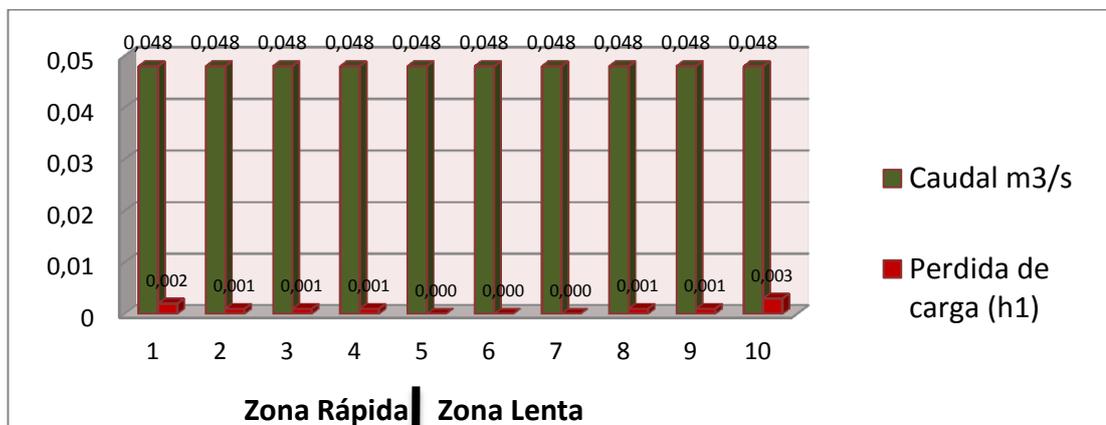


Figura 53. Pérdida de energía en el floculador diseñado para la PTAP de Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor con valores de la PTAP “La Palestina”.

Pérdida de energía por fricción en el canal.

Para determinar las pérdidas por fricción en el canal del floculador

izquierdo se utilizó la fórmula de Manning: $h_2 = \frac{(v.n)^{2l}}{r^{2/3}}$

Donde:

h_2 : Pérdida de energía por fricción en el canal. Este valor se multiplicó por 10000000 para tener una mejor apreciación en el gráfico.

v: Velocidad existente en cada tramo

n: Coeficiente de fricción de Manning, su valor es 0,012, debido a la composición de las pantallas.

r: Radio hidráulico.

l: Longitud del canal.

Para determinar el radio hidráulico se empleó la siguiente ecuación: $R = \frac{A}{P}$

Dónde

A: Área de cada tramo

P: Perímetro mojado, se tomó como valor de altura de agua 0,88 m.

El caudal se multiplicó por 1000 para tener mejor apreciación en el gráfico.

Tabla 31. Pérdida de energía por fricción en el canal para la PTAP.

PARAMETRO	LARGO	ANCHO	AREA	CAUDAL	VELOCIDAD	RADIO HIDRAUL	LONG. CANAL	COEF. DE MANNIN	PÉRDIDA DE CARGA (h2)
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	m/s	m	m		m
TRAMO 1	2,72	1,38	3,7536	0,048	0,013	0,521	1,380	0,012	0,0000004
TRAMO 2	2,72	1,68	4,5696	0,048	0,011	0,635	1,680	0,012	0,0000002
TRAMO 3	2,72	1,98	5,3856	0,048	0,009	0,748	1,980	0,012	0,0000001
TRAMO 4	2,72	2,28	6,2016	0,048	0,008	0,861	2,280	0,012	0,0000001
TRAMO 5	2,72	2,58	7,0176	0,048	0,007	0,975	2,580	0,012	0,0000001
TRAMO 6	2,72	2,64	7,1808	0,048	0,007	0,997	2,640	0,012	0,0000001
TRAMO 7	2,72	2,7	7,344	0,048	0,007	1,020	2,700	0,012	0,0000000
TRAMO 8	2,72	1,84	5,0048	0,048	0,010	0,695	1,840	0,012	0,0000002
TRAMO 9	2,72	1,88	5,1136	0,048	0,009	0,710	1,880	0,012	0,0000001
TRAMO 10	2,72	0,987	2,6846	0,048	0,018	0,373	0,987	0,012	0,0000010

Fuente: Elaboración propia del autor con valores proporcionados por la Técnica de la PTAP "La Palestina".

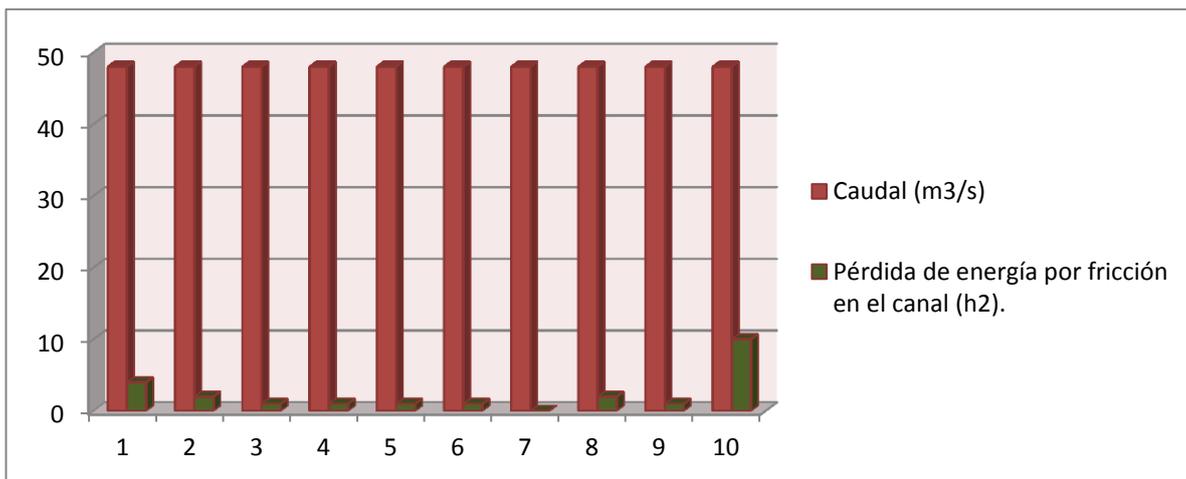


Figura 54. Pérdida de energía por fricción en el canal para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor con valores proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

Número de Reynolds

El número de Reynolds en el floculador se determinó por medio de la ecuación de Osborne Reynolds que es:

$$R = \frac{3v^2}{s \cdot g \cdot d}$$

Dónde:

R: Número de Reynolds. Este valor se multiplicó por 1000000 para tener mejor apreciación en la tabla.

v: Velocidad en cada tramo

s: Pendiente del floculador

d: Profundidad promedio del floculador.

La pendiente del floculador se halló por la ecuación de la pendiente cuando se conocen todos los puntos:

$$S = \frac{\sqrt{Y_2 - Y_1}}{\sqrt{X_2 - X_1}} :$$

Siendo las coordenadas (0.6, 0.84) y (0.93, 0.85). La profundidad se estableció calculando una media de las profundidades que deben existir, los valores son: 0.6, 0.84, 0.85 y 0.93

El caudal se multiplicó por 1000 para tener una mejor apreciación en el gráfico.

Tabla 32. Número de Reynolds en el floculador de la PTAP del cantón Palora.

PARAMETROS	LARGO	ANCHO	AREA	CAUDAL	VELOCIDAD	PENDIENTE		GRAVEDAD	PROFUNDIDAD	NUM. DE REYNOL
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	m/s	VALOR	GRADOS	m/s ²	m	m
TRAMO 1	2,72	1,38	3,753	0,048	0,013	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000063
TRAMO 2	2,72	1,68	4,5696	0,048	0,011	0,1723	9,875	9,810	0,805	0,0000042
TRAMO 3	2,72	1,98	5,385	0,048	0,009	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000031
TRAMO 4	2,72	2,28	6,201	0,048	0,008	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000023
TRAMO 5	2,72	2,58	7,017	0,048	0,007	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000018
TRAMO 6	2,72	2,64	7,180	0,048	0,007	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000017
TRAMO 7	2,72	2,7	7,344	0,048	0,007	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000016
TRAMO 8	2,72	1,84	5,004	0,048	0,010	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000035
TRAMO 9	2,72	1,88	5,113	0,048	0,009	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000034
TRAMO 10	2,72	0,987	2,68464	0,048	0,018	0,1723	9,87	9,810	0,805	0,0000123

Fuente: Elaboración propia del autor.

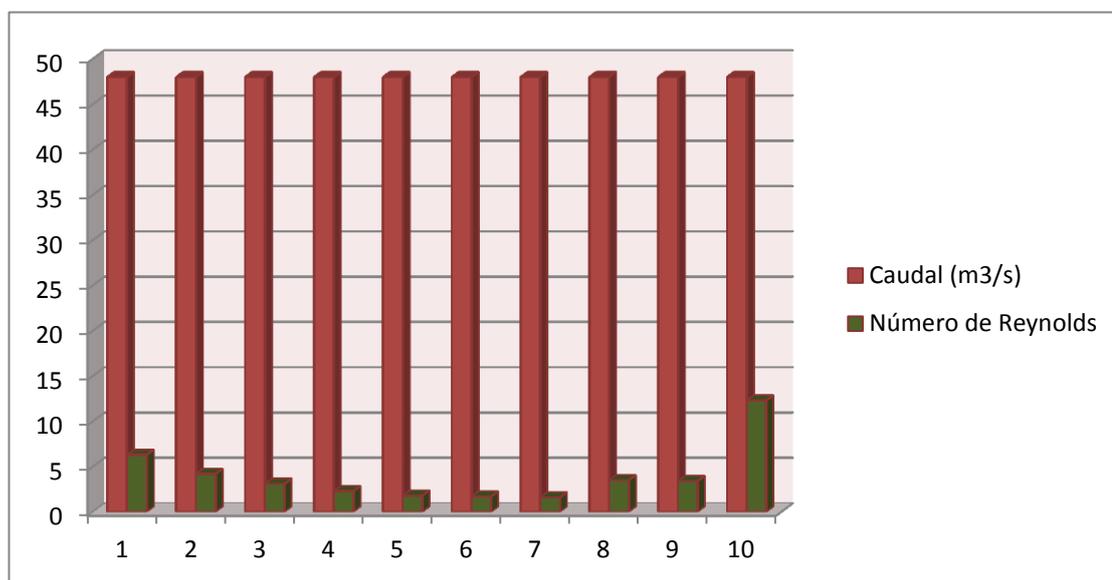


Figura 55. Número de Reynolds para el floculador en la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor con valores proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

Tiempo de retención.

El tiempo de retención en el floculador se calculó con la siguiente

ecuación: $Tr = \frac{L}{V}$ Donde:

Tr: Tiempo de retención.

L: Longitud de cada tramo.

V: Velocidad existente en cada tramo.

El caudal se multiplicó por 1000 para una mejor apreciación del gráfico.

Tabla 33. Tiempo de Retención en el floculador para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETROS	LARGO	ANCHO	AREA	CAUDAL	VELOCIDAD	LONGUITUD	TIEMPO DE RETENCION
UNIDAD	m	m	m ²	m ³	m/s	m	s
TRAMO 1	2,72	1,38	3,7536	0,048	0,013	1,380	107,916
TRAMO 2	2,72	1,68	4,5696	0,048	0,011	1,680	159,936
TRAMO 3	2,72	1,98	5,3856	0,048	0,009	1,980	222,156
TRAMO 4	2,72	2,28	6,2016	0,048	0,008	2,280	294,576
TRAMO 5	2,72	2,58	7,0176	0,048	0,007	2,580	377,196
TRAMO 6	2,72	2,64	7,1808	0,048	0,007	2,640	394,944
TRAMO 7	2,72	2,7	7,344	0,048	0,007	2,700	413,100
TRAMO 8	2,72	1,84	5,0048	0,048	0,010	1,840	191,851
TRAMO 9	2,72	1,88	5,1136	0,048	0,009	1,880	200,283
TRAMO 10	2,72	0,987	2,68464	0,048	0,018	0,987	55,203

Fuente: Elaboración propia del autor.

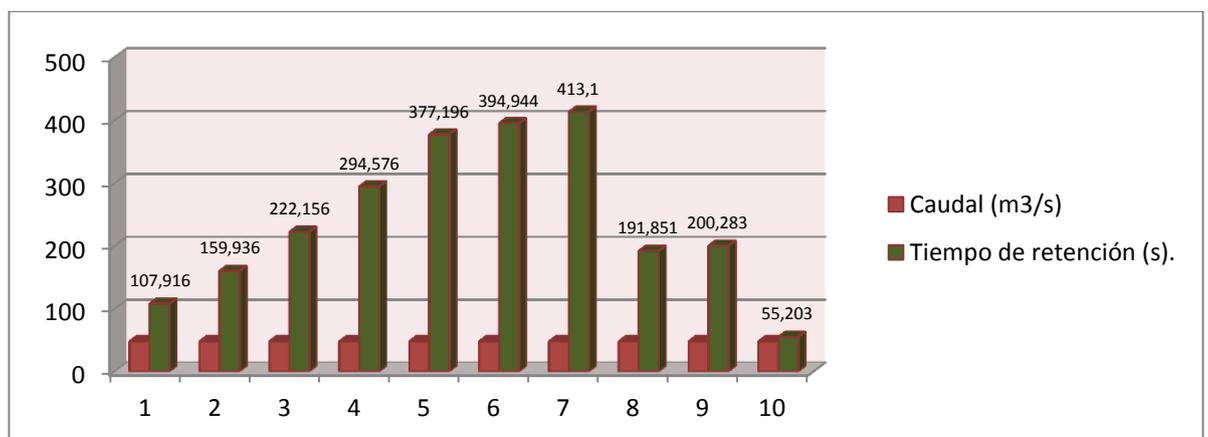


Figura 56. Tiempo de Retención en el floculador de la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Análisis.

Las pérdidas de carga en el floculador por cambio de dirección, turbulencia y fricción en el canal, representadas en las Tablas 29 y 30, son adecuadas, por lo tanto no provocarían problemas de funcionamiento en esta unidad, garantizando un adecuado proceso de mezclado y formación de flóculos.

En cuanto a los valores obtenidos del número de Reynold en la Tabla 31, se determina que en el floculador existirá un régimen laminar con el caudal de referencia utilizado (48 l/s), lo que ayudará a la formación y asentamiento de los flóculos. Los tiempos de retención representados en la Tabla 32 son adecuados para la formación eficiente y asentamiento de los flocks, lo que a su vez garantiza una óptima remoción de la turbiedad en el agua tratada (Spellman y J.Drinan, 2004).

6.2.4. Diseño del sedimentador de alta tasa para la PTAP del cantón Palora.

La unidad que actualmente se utiliza como sedimentador necesita una reestructuración en su parte interna para que pueda sedimentar las partículas en suspensión. Primero se debe retirar la estructura que se encuentra en el interior, posteriormente se convertirá este tanque en un sedimentador de alta tasa. Las placas paralelas perpendiculares que se insertarán tendrán las siguientes características:

- Inclinación de 60°
- 4.9 m de ancho
- 1.37 m de largo
- 0.07 m de espaciamiento entre placa y placa

Cada unidad sedimentadora que existe actualmente en la planta posee las siguientes características: 3 m de ancho, 5.90 m de largo y una profundidad de 3 m, es decir tiene un área de 17.7 m^2 y un volumen útil de 53.1 m^3 .

SIMBOLOGIA
CAD: Canal de agua decantada
Lm: Láminas
Af: Agua Floculada
CDAf: Canal de distribución de agua floculada
CDL: Canal de descarga de Lodos
IAf: Ingreso de agua floculada.
Esc: 1:50
Esc: 1:10

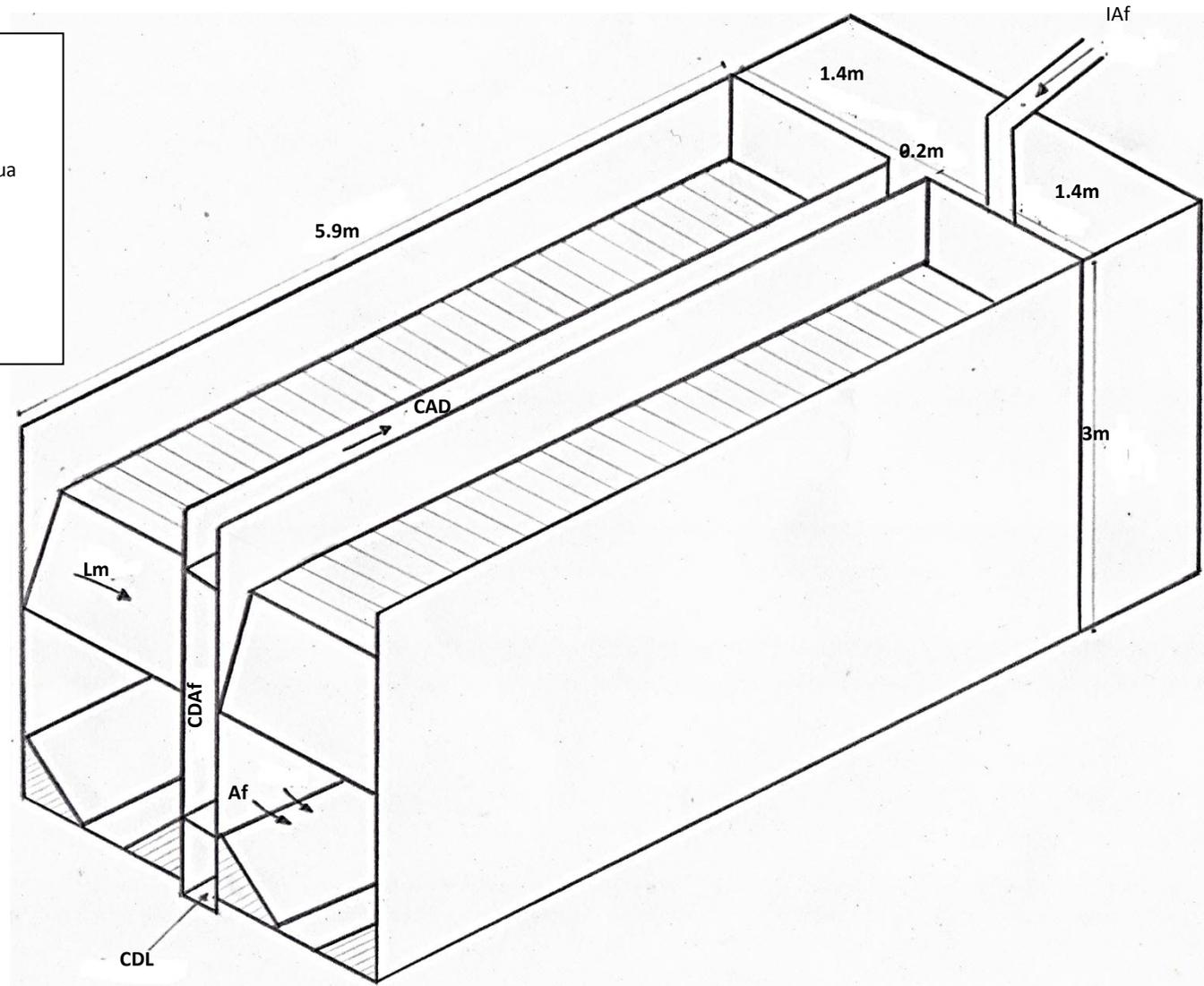


Figura 57. Nuevo tanque Sedimentador para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor

6.2.4.1. Determinación hidráulica para el sedimentador diseñado.

Con la reestructuración el sedimentador de alta tasa tendrá las siguientes características en parámetros como: Número de Reynold, Velocidad de sedimentación y tiempo de retención.

Número de Reynolds.

El número Reynolds en el sedimentador se calculó con la ecuación de Reynolds para sedimentadores de alta tasa.

$$R = \frac{4Rh \times v_o}{\mu}$$

Dónde:

R: Número de Reynolds

Rh: Radio hidráulico

v_o : Velocidad media del flujo de agua

μ : Viscosidad cinemática del agua a 20°C

El radio hidráulico se halló con la siguiente ecuación:

$$Rh = \frac{b \times d}{2(b + d)}$$

Dónde:

Rh: Radio hidráulico.

b: Ancho módulo del sedimentador y

d: Espaciamiento entre placas

La velocidad media del flujo de agua se despejó de la fórmula de la continuidad de caudal, por lo tanto:

$V = \frac{Q}{A}$, por lo tanto ésta varía en dependencia del valor del caudal.

El área se calculó mediante la ecuación:

$$A = b \times L;$$

Siendo b el ancho módulo del sedimentador y L el largo útil del sedimentador que es 5.9 m.

Tabla 34. Número de Reynolds en el sedimentador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	ANCHO DEL SED.	ESPACIAMIENTO ENTRE PLACA	RADIO HIDRAULICO	AREA SUP. DEL SED.	CAUDAL	VELOCIDAD MEDIA	VISCOSIDAD CINEMATICA DEL AGUA A 20° C	NUMERO DEL REYNOLD
UNIDAD	m	m	M	m ²	m ³ /s	m/s	m ² /s	
VALOR	3	0,07	0,0342	17,7	0,025	0,0014124	0,001003	0,1926534
	3	0,07	0,0342	17,7	0,030	0,0016949	0,001003	0,2311841
	3	0,07	0,0342	17,7	0,035	0,0019774	0,001003	0,2697147
	3	0,07	0,0342	17,7	0,040	0,0022598	0,001003	0,3082454
	3	0,07	0,0342	17,7	0,045	0,0025423	0,001003	0,3467761
	3	0,07	0,0342	17,7	0,050	0,0028248	0,001003	0,3853068

Fuente: Elaboración propia del autor con datos proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

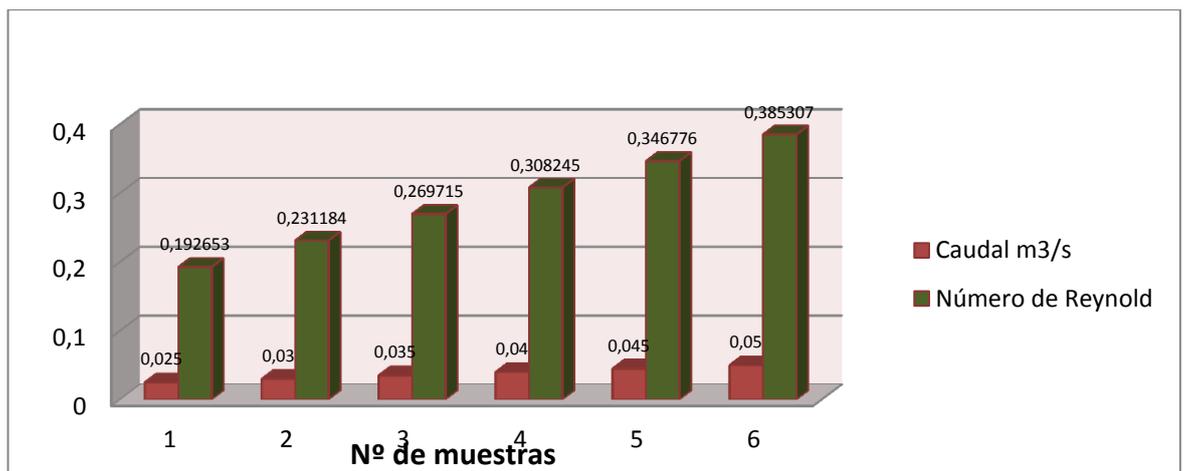


Figura 58. Número de Reynolds en el sedimentador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

Velocidad de sedimentación.

La velocidad de sedimentación se determinó con la ecuación de Velocidad para Sedimentadores de alta tasa:

$$v_{se} = \frac{Q}{A_o \times f}$$

Dónde:

vse: Velocidad de sedimentación.

A: Área superficial perpendicular de las placas.

Q: Caudal de entrada al sedimentador.

f: Factor de contacto.

Se trabaja con esta fórmula porque es un sedimentador de alta tasa laminar.

El área superficial perpendicular de las placas se calculó con la siguiente ecuación: $A_0 = L \times b$;

Donde:

b: Ancho de las placas y su valor constante es 3,5 m.

L: Largo de las placas, este valor se calculó con la expresión de L para placas de sedimentadores de alta tasa:

$$L = b \times \tan\theta$$

El factor de contacto se halló mediante la ecuación: $f = \sin\theta + L\cos\theta$, esta ecuación solo se utiliza en este tipo de sedimentadores.

Tabla 35. Velocidad de Sedimentación en el sedimentador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	ANCHO DE LAS PLACAS	LARGO DE LAS PLACA	AREA DE LAS PLACAS	INCLINACION DE LAS PLACAS	FACTOR DE CONTACTO	CAUDAL	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION
UNIDAD	m	m	m ²	grados		m ³ /s	m/s
VALOR	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,025	0,00323913
	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,030	0,00388696
	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,035	0,00453479
	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,040	0,00518262
	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,045	0,00583044
	3,5	1,370	4,7950	60	1,610	0,050	0,00647827

Fuente: Elaboración propia del autor con datos proporcionados por la Técnica de la PTAP "La Palestina"

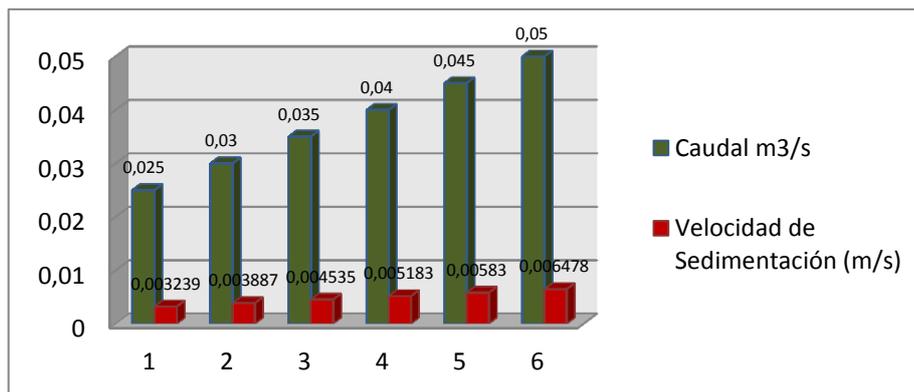


Figura 59. Número de Reynolds en el sedimentador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor con datos proporcionados por la Técnica de la PTAP “La Palestina”.

Tiempo de Retención en el Sedimentador.

El tiempo de retención en el sedimentador se determinó con la ecuación:

$$Tr = \frac{V}{Q};$$

Donde:

V: Volumen total de los dos Sedimentadores.

Q: Caudal que está llegando al sedimentador . Este valor se multiplicó por 10000 para tener mejor apreciación en el gráfico.

El volumen que llega al sedimentador se calculó con la expresión:

$$V = A \times h;$$

Dónde:

A: Área total de cada sedimentador, este valor se determinó por la ecuación

$$At = b \times L;$$

Siendo la base 5.90 y el ancho 3 m, la altura utilizada para determinar el volumen es 3 m.

Tabla 36. Tiempo de Retención en el Sedimentador para la PTAP del cantón Palora.

PARAMETRO	AREA DE LAS PLACAS	VOLUMEN 1	VOLUMEN 2	VOLUMEN TOTAL	CAUDAL	TIEMPO DE RETENCION
UNIDAD	m ²	m ³	m ³	m ³	m ³ /s	s
VALOR	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,025	4248,000
	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,030	3540,000
	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,035	3034,286
	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,040	2655,000
	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,045	2360,000
	4,795	53,1000	53,1000	106,2000	0,050	2124,000

Fuente: Elaboración propia del autor

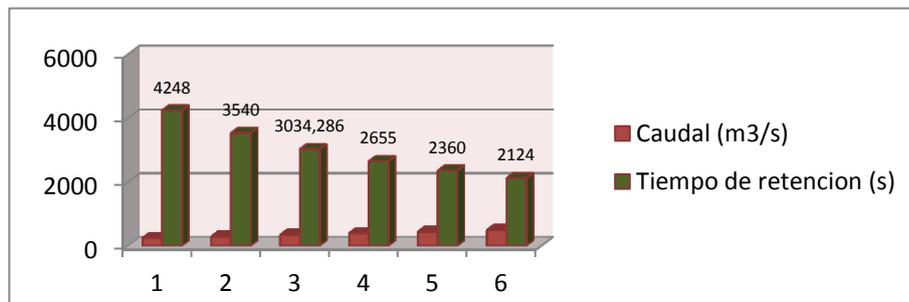


Figura 60. Tiempo de Retención en el Sedimentador diseñado para la PTAP del cantón Palora.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Análisis.

En las Tablas 33, 34 y 35 se muestran los parámetros fundamentales de diseño y operación de la unidad sedimentadora. En donde los valores determinados de velocidad de sedimentación, número de Reynolds y tiempo de retención responden adecuadamente a las características de funcionamiento de este proceso de remoción (Drinan, 2004).

6.3. Plan de acciones que mejoren la salud y seguridad laboral en los trabajadores de la planta potabilizadora.

Para que los trabajadores de la PTAP del cantón Palora tengan mayor seguridad, tanto en el ámbito de salud y laboral, es necesario tomar en cuenta las siguientes acciones:

- Elaboración e implementación de un Reglamento en Higiene y Seguridad para los trabajadores;
- Equipamiento de accesorios de seguridad para el personal;
- Capacitación en higiene y salud al personal en los procedimientos operacionales de la planta potabilizadora: unidades potabilizadoras de remoción y de desinfección; áreas de mantenimiento de obras de toma, tanques y estaciones de bombeo.
- Implementación de planes de contingencias, estos planes deben tener acciones para la prevención de situaciones de emergencia al servicio de agua potable, los cuales deberán ser actualizados periódicamente.
- Implementar un Sistema de Gestión Ambiental de Seguridad e Higiene (SGASH), para que los técnicos y especialistas en ambiente sean responsables de:
 - La supervisión de los contratistas con el propósito de asegurar el cumplimiento de las medidas ambientales durante la realización de obras.
 - La implementación de reglamentos de higiene y seguridad durante la operación de los sistemas.
 - La capacitación permanente del personal en los aspectos ambientales y de seguridad laboral.
 - Realizar auditorías ambientales durante la operación de los sistemas.

6.4. Cronograma de Actividades.

Tabla 37. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	AÑO 2013 (MESES)												AÑO 2014 (MESES)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Curso de capacitación operación y mantenimiento de PTAP	x	x							x					x	x						x			
Curso de capacitación: Manejo de reactivos y equipos de laboratorio			x	x			x	x					x	x			x							
Limpieza del tanque receptor				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza de Sedimentadores				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza de filtros				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Diseño del tanque recolector	x																							
Diseño de Sistema de mezcla rápida	x																							
Diseño del Sistema de Floculación	x																							
Diseño del Sistema interno del Sedimentador	x																							
Realización de una regla graduada para medir el caudal	x																							
Realización de un registro de un registro de dosis óptima de desinfectante en base al	x						x					x	x					x						x
Realización de un registro de la concentración óptima de desinfectante en base al caudal	x						x					x	x					x						x
Realización de un registro del caudal óptimo de desinfectante a adicionar en base al caudal	x						x					x	x					x						x
Análisis de agua							x					x						x						x

Fuente: Elaboración propia del autor.

6.5. Análisis Económico.

Tabla 38. Presupuesto anual para operación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de agua potable.

ACTIVIDADES	AÑO 2013	AÑO 2014
	PRESUPUESTO (USD)	PRESUPUESTO (USD)
CURSO DE CAPACITACIÓN	1500,00	1500,00
MANO DE OBRA (ADECUACIÓN DE LA (PTAP)	7200,00	7200,00
MANEJO DE REACTIVOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO	2000,00	2000,00
ING. AMBIENTAL (ASESORIA)	4000,00	4000,00
ANÁLISIS DE AGUA	1800,00	1800,00
REALIZACION DE REGISTROS DE DOSIFICACION DE DESINFECTANTE Y REDISEÑO DE UNIDADES OPERACIONALES Y REGLA GRADUADA.	1000,00	1000,00
SUB-TOTAL (USD)	17500,00	17500,00
IMPREVISTOS 10%	1750,00	1750,00
TOTAL (USD)	19250,00	19250,00

Fuente: Elaboración propia del autor.

7. CONCLUSIONES.

- En la investigación realizada se identificaron puntos críticos, los mismos que se refieren a la incompleta e inadecuada construcción de las unidades potabilizadoras, falta de elementos esenciales para la operación y mantenimiento de la planta y deficiencia en el método y preparación de desinfectante. Se identificaron también puntos críticos de operación en relación a los procedimientos efectuados, tales como: inadecuada limpieza de las unidades potabilizadoras, poco control de operaciones de desinfección del fluido y poca capacitación y conocimiento por parte de los operadores en cuanto a funcionamiento del sistema de potabilización.
- En la Planta de Tratamiento de agua potable no existen registros de la dosis de desinfectante a adicionar en el caudal en proceso. Por lo tanto se calculó con la metodología correspondiente los valores de masa, concentración y caudales óptimos de producto químico necesario, creando un registro de datos que puede ser utilizado por el técnico encargado de la Planta para mejorar la calidad del agua de consumo para los habitantes del cantón Palora.
- Mediante la determinación hidráulica se determinó que las unidades operacionales de la PTAP del cantón Palora están trabajando sobrecargadas, ya que la planta fue diseñada sin tomar en cuenta el crecimiento poblacional del cantón. Además las unidades están operando desproporcionadamente, puesto que los caudales de diseño no son homogéneos.

- Los análisis físico- químicos del efluente demostraron que el mismo está dentro de los límites máximos permisibles para consumo humano. A pesar de esto el principal problema es el desabastecimiento de agua cuando se incrementa la turbiedad, por lo que es necesario la construcción de un sistema de floculación para evitar mayores desabastecimientos del líquido vital a futuro.

8. RECOMENDACIONES.

- Utilizar correctamente las herramientas y registros realizados (caudales, dosis de desinfectante, concentración de solución y caudal de desinfectante). Además reconstruir las unidades propuestas, en base a los cálculos de diseño y operación determinados.
- Aplicar el plan de acciones de mejoramiento en cuanto a salud y seguridad laboral de los trabajadores se refiere y por medio de las acciones propuestas se pueda implementar reglamentos de higiene y seguridad laboral, así como un sistema de Gestión Ambiental en la planta de tratamiento de agua potable del cantón Palora.
- Capacitar a los todos los obreros que estén laborando en la PTAP del cantón Palora y a los que se integren a laborar en áreas como mantenimiento, operación y funcionamiento de las unidades operacionales de un Sistema de potabilización, así como también en manipulación y dosificación de las sustancias químicas utilizables (hipoclorito de calcio y sulfato de aluminio).
- Se debe llevar un registro semanal de caudal procesado, valores hidráulicos y dosis de desinfectante añadido, para la eficacia en el funcionamiento de la PTAP.
- Incrementar medidas de control y realizar análisis del efluente periódicamente para verificar que el agua procesada esté dentro de los límites máximos permisibles establecidos en La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN (Primera Revisión), septiembre 2005.

9. SUMMARY.

The present research was conducted at the Water Treatment Plant Drinking (PTAP) Palora Canton, belonging to the province of Morona Santiago.

Whereas the natural water purification is an important process that converts liquid water vital in absolutely clean of foreign matter and totally unfit for human consumption, for this process to be successful it must have adequate infrastructure (water treatment units), efficient tools (flow meters, preparers disinfectant, etc.), necessary inputs (dose and optimum flow of disinfectant) and the trained personnel to carry out the operation and maintenance tasks, that is why the water treatment plant was evaluated in this county through three very important as is the characterization of the study area to determine hydraulic operational units and analyzing water quality processed.

The lack of interest of the authorities in the treatment plant, were the reasons why we investigated aspects influencing negatively the operation thereof. Through the investigation it was determined that the water treatment plant in the Canton Palora Drinking is not prepared to deal with the presence of water turbidity, implying shortages of vital fluid in rainy season.

However, the treated water meets the maximum permissible limits in terms drinking water as required by The NTE INEN Ecuadorian Technical Standard (First Revision), September 2005. Determining hydraulic determines that the units are working overloaded, at the discretion of some authors.

Finally design was inadequate with determinations units for optimal hydraulic flow issue, a record of dose and volume of disinfectant and a management plan operational and safety for the workers, with these contributions is to improve the current situation the PTAP.

10. ABREVIATURAS.

PTAP: Planta de tratamiento de agua potable.

TULAS: Texto Unificado de Legislación Ambiental Unitaria

DQO: Demanda Química de Oxígeno

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

pH: Potencial de Hidrógeno

O.D: Oxígeno Disuelto.

TRH: Tiempo de retención hidráulica

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

NMP: Número más probable

STD: Sólidos Totales Disueltos

SS: Sólidos Suspendidos

ST: Sólidos Totales.

NTE: Norma Técnica Ecuatoriana.

PTAPC: Planta de Tratamiento de Agua Potable convencional.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

FIME: Filtración en múltiples etapas.

ETAP: Estación de tratamiento de agua Potable.

pH: Potencial de hidrógeno.

PVC: Policloruro de vinilo.

IM: Ilustre Municipio

HA: Hormigón armado.

m.s.n.m.: metros sobre el nivel del mar.

INHAMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

EMAPA-PAL: Empresa de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Palora.

QP: Caudal Promedio.

SGASH: Sistema de Seguridad Ambiental de Seguridad e Higiene.

11. BIBLIOGRAFÍA.

1. ABREU, R. Manual para Operación y Mantenimiento de Planta de Tratamiento de agua Potable. Santo Domingo, 1990.
2. AENOR, L. Calidad del Agua. Normas UNE. 4ª ed. España, 2009.
3. AGUILERA, Federico (Google –académico.com). Agua, economía y medio Ambiente. INTERNET: Dir.: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2166030>. 1994.
4. ALMIRÓN, Elodia (Google –académico.com). El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre. INTERNET: Dir.: http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php . 2009.
5. ARBOLEDA, Jorge. Teoría y Práctica de la Purificación del agua. Tomo 1. Colombia, 2000.
6. ARBOLEDA, Jorge. Teoría y Práctica de la Purificación del agua. Tomo 2. Colombia, 2000.
7. CATALÁN, J. Química del Agua. Obra Técnica sobre el Agua. 2ª ed. Madrid, 1990.
8. CASTILLO, Lilian. Usos del Agua. La Gestión del Agua en Argentina, Argentina, 2007.
9. COGOLLO, J. Clarificación del agua utilizando Coagulantes Polimerizado. Colombia, 2010.
10. CONAGUA. Indicadores de Calidad de Agua. INTERNET: Dir.: www.conagua.gob.mx., Febrero 2012.
11. CRIRINOS, A. Calidad del Agua. INTERNET: Dir.: <http://www.monografias.com/trabajos40/calidad-agua-miranda//calidad-agua-miranda.shtml>. Enero, 2012.
12. DEPARTAMENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN PALORA. Proyecto de Construcción de un filtro. Palora, 2005.
13. DEGREMONT, Gilbert. Wáter Treatment Handbook. 6ª ed. Francia, 1991.
14. DEGREMONT, Gilbert. Manual Técnico del Agua de Degremont. 4ª ed. España, 1979.

15. DI, Bernardo. Métodos y técnicas de Tratamiento de Agua. Vol. 2. Mexico, 1993.
16. DI, Bernardo. Water - Supply problems and treatment technologies in developing countries of South America. Vol. 40. USA 1991.
17. DRINAN, J. Manual de Agua Potable. Tratamiento del Agua. España, 2004.
18. DOMENECH, X. Química de la Hidrosfera, Origen y destino de los contaminantes. Madrid, 1995.
19. FERNANDEZ, A y MORTIER, C (Google –académico.com). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. INTERNET: Dir.: http://horus.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/01_Capitulo_01.pdf. 2005.
20. FOSTER, S y VENTURA, M (Google –académico.com). Contaminación de las Aguas Subterráneas. INTERNET: Dir.: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=116983&indexSearch=ID>. 1982.
21. GALVIS, A. Modelo de selección de Tecnología en el Tratamiento de Agua para consumo Humano. Colombia, 1998.
22. GRAY. Calidad de Agua Potable. Problemas y soluciones. España, 1997.
23. MADRID, Vicente. Manual del agua. Ciencia Tecnología y Legislación. España 2012.
24. MARCHAND, E. Microorganismos indicadores de la Calidad de Agua de consumo Humano. INTERNET. Dir.: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf.
25. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS). Libro VI, Anexo 1. Límites máximos permisibles para agua de consumo humano.

26. NEIRA, Juan (Google –académico.com). El agua en el mundo. INTERNET: Dir.: http://www.cmeal.org/documents/aguaenelmundo_ES.pdf. 2009.
27. NTE, Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Primera Revisión). Límites máximos permisibles para agua de consumo humano. Ecuador, 2005.
28. ORIVE, Begoña (Funlberg.org).
29. RAMIREZ, J, Tratamiento de Aguas. Tratamiento primario y parámetro hidráulicos. INTERNET. Dir.: <http://www.monografias.com/trabajos10/tratami/tratami.shtml>.
30. RODIER, Jean. Análisis del Agua. 9ª ed. España, 2011.
31. RODRIGUEZ, Gustavo. Tratamiento del agua para consumo. INTERNET: Dir.: <http://www.Monografias.com/elagua>. 2001.
32. TORRES, A. Estudio de las Reformas a la Planta de Tratamiento de Agua Potable del cantón Palora. Palora, 2001.
33. TORRES, A. Estudios y Diseños Integrales para la dotación del servicio de Agua Potable y Saneamiento en comunidades rurales del cantón Palora. Palora, 2003.
34. SANCHEZ, M. Manual de Operación y Mantenimiento. Sistema de Agua Potable para la comunidad Numbayme del cantón Palora, Palora, 2004.
35. SOTOMAYOR, B. Memoria Técnica de Agua Potable y saneamiento para el cantón Palora. Palora, 2002.
36. SPELLMAN, F. Manual de Agua Potable. Tratamiento del Agua. España, 2004.
37. VARGAS, J. El Agua. Calidad y tratamiento para consumo humano. Peru, 2005.
38. VARGAS, Ramón. Revista Polis_ Volumen 1, Artículo No. 14. Chile 2006.
39. YAWS, Carl (Google –académico.com). Propiedades del Agua. INTERNET: Dir.: <http://en.scientificcommons.org/8837449>. 1995.

ANEXOS.

Anexo I. Ficha de Observación.

Localidad: Cantón Palora Provincia de Morona Santiago	
Título: CARACTERIZACIÓN DE LA PTAP Y SUS ALREDEDORES.	Investigador: Verónica Lisbeth Espín Rodríguez.
Comunidad: Población del sector.	Fecha: Enero 10 del 2012
<ul style="list-style-type: none">❖ Vía de ingreso a la PTAP en mal estado, sin mantenimiento.❖ Inadecuada e incompleta infraestructura en unidades.❖ Unidades Potabilizadoras sin uso por avería❖ Uso inadecuado del cuarto de químicos.❖ Falta de elementos de medición de caudal❖ Deficientes elementos para la preparación del desinfectante.❖ No se lleva control de las operaciones de las unidades potabilizadoras.❖ Inadecuado proceso para la preparación del desinfectante.❖ Uso de producto inadecuado para la desinfección.❖ Falta de elementos de seguridad ocupacional para los obreros.	

Anexo 2: Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano.
(TULAS).

Parámetro	Unidades	TULAS LMP para consumo humano y domestico
Conductividad	(uS/cm)	No registra
pH		6-9
T agua	°C	Condición Natural +0-3 gados
T ambiente	°C	Condición Natural +0-3 gados
Oxígeno disuelto	mg/L	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/L
% Oxígeno Disuelto	%	al 80% del oxígeno de saturación
Turbidez	NTU	100
DQO	mgO ₂ /L	No registra
DBO₅	mgO ₂ /L	2
Fosfatos (P-PO₄)	mg/L	No registra
Fosforo	mg/L	No registra
(N-NO₃)	mg/L	10
(N-NO₃)	mg/L	1
Color	HAZEN	100
Dureza Total	mgCaCO ₃ /L	500
Bicarbonatos	mgCaCO ₃ /L	No registra
Alcalinidad	mgCaCO ₃ /L	No registra
Cloruros	mgCaCO ₃ /L	No registra
STD (in situ)	mg/L	1000
SS	mg/L	No registra
ST	mg/L	No registra
Cianuro	mg/L	0.1
Arsénico		50
Aluminio	mg/L	0.2
Cromo 6+	mg/L	0.05
Cromo Total	mg/L	No registra
Plomo	mg/L	0.05
Mercurio		1
Hierro	mg/L	1
Coliformes Totales	NMP/100mL	3000
Coliformes fecales	NMP/100mL	600

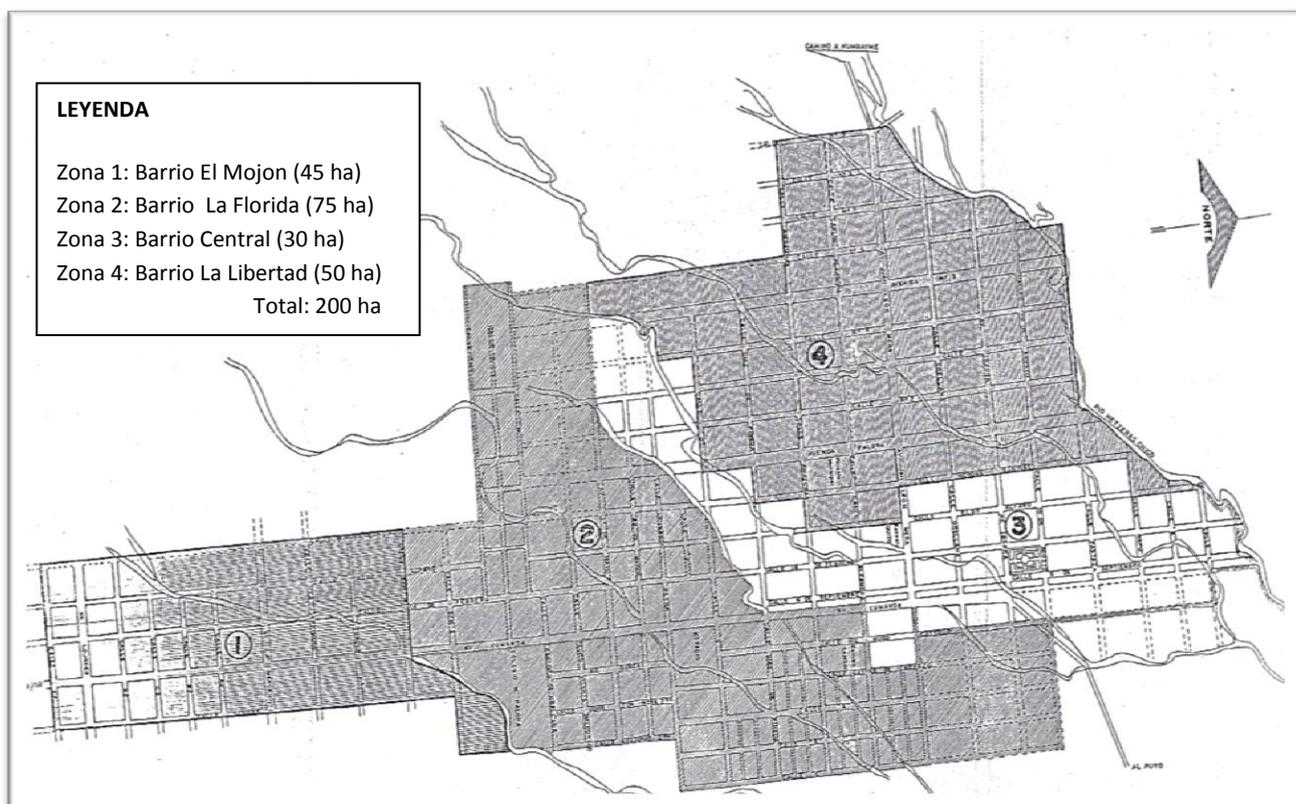
Fuente: Ministerio del Ambiente 2002. Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS). Libro VI, Anexo, Límites máximos permisibles para agua de consumo humano.

Anexo 3. Límites máximos permisibles para el agua de consumo humano (NTE).

PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
pH	Unidades	6.5-8.5
Color	Pt-Co	< 15
Turbiedad	U.N.T	<5
Temperatura	°C	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	<1000
Conductividad	µS/cm	<70
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3
Manganeso	Mn ²⁺	0.1
Amoniaco	NH ₃	1.2
Nitratos	NO ₃	44.0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0
Fluor	F ⁻	1.5
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3
Coliformes Fecales	U.F.C/10 0 ml	0

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN, 2005. Límites máximos permisibles para agua de consumo humano.

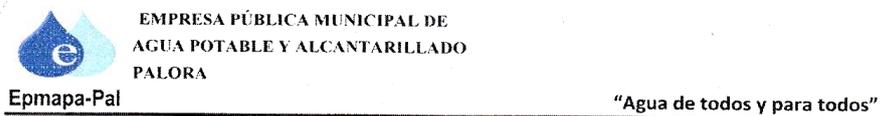
Anexo 4. Plano regulador del cantón Palora.



Fuente: Municipio del cantón Palora.

Anexo 5. Análisis de Calidad de Agua.

Anexo. 5.1. Análisis de la muestra agua tomada en la captación.



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE
 Direccion: Km 4 1/2 Via Numbayme Telefono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA		MUESTRA No. 0001-11	
Fuente:	Agua Potable	Recolectada por:	
Fecha de recolección:	2012/Jul/20	Hora: 10h00	Fecha de análisis: 2012/Julio/20
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	Planta de Tratamiento Agua de la Captación	Localidad:	Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	65
Color	U. de Pt – Co	17
pH		7.02
Turbidez	N.T.U.	1
Sólidos suspendidos	mg/L	0
Sólidos disueltos	mg/L	60
Sólidos Totales	mg/L	60
Alcalinidad F como (CaCO ₃)	mg/L	0
Alcalinidad T como (CaCO ₃)	mg/L	18
Calcio (Ca ⁺²)	mg/L	6
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	6
Dureza Total como (CaCO ₃)	mg/L	20
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	mg/L	0.08
Hierro (Fe ⁺³)	mg/L	0.13
Magnesio (Mg ⁺²)	mg/L	1
Manganeso (Mn ⁺²)	mg/L	< 0.1
N – Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	0.31
N – Nitritos (N – NO ₂ ⁻)	mg/L	0,003
N – Nitratos (N – NO ₃ ⁻)	mg/L	1.0
Potasio (K ⁺)	mg/L	1
Sodio (Na ⁺)	mg/L	4
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	2
Recuento total de Aerobios	Colonias/ml	84
Hongos	Colonias/ml	135
Coliformes Totales	N.M.P./100 ml	100
Coliformes Fecales	N.M.P./100 ml	36

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Anexo. 5.2. Análisis de la muestra agua tomada en la Mezcla rápida



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PALORA

Epmapa-Pal

"Agua de todos y para todos"

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Direccion: Km 4 1/2 Vía Numbayme

Telefono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 0001-11

Fuente:	Agua Potable		Recolectada por:
Fecha de recolección:	2012/Jul/20	Hora: 10h00	Fecha de análisis: 2012/Julio/20
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	Planta de Tratamiento de AP. Mezcla Rapida		Localidad: Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6,5 - 8,5	6.98
Color	Pt-Co	15	22
Turbiedad	U.N.T.	5	1.5
Temperatura	°C		23.1
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	17.6
Conductividad	µS/cm		35.8
2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE mg/l	RESULTADO mg/l
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3	0.01
Manganeso	Mn ²⁺	0.1	0.004
Amoniaco	NH ₃	1.2	0
Nitratos	NO ₃ ⁻	44.0	2.7
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0	0.023
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0	0
Flúor	F	1.5	0
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3	0.23

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100 ml	Ausencia	48

ABREVIATURAS:

U. F. C.: Unidad Formadora de Colonias

LIMITE PERMISIBLE:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Primera Revisión), septiembre 2005

OBSERVACIONES:

Responsable:

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Dir. Av. Cumañá y Av. Ibarra (Mercado Municipal) Telf. 032 312 025 Email: epmapa-pal@hotmail.com
PALORA - MORONA SANTIAGO

Anexo 5.3. Análisis de la muestra agua tomada antes de la Cloración



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PALORA

Epmapa-Pal

"Agua de todos y para todos"

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Dirección: Km 4 1/2 Via Numbayme

Teléfono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 0002-11

Fuente:	Agua Potable	Recolectada por:	
Fecha de recolección:	2012/Jul/20	Hora: 10h00	Fecha de análisis: 2012/Julio/20
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	P. Tratamiento de AP. Antes de Cloración	Localidad:	Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6,5 - 8,5	7.14
Color	Pt-Co	15	3
Turbiedad	U.N.T.	5	0.168
Temperatura	°C		23.1
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	17.6
Conductividad	µS/cm		35.8
2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE mg/l	RESULTADO mg/l
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3	0.01
Manganeso	Mn ²⁺	0.1	0.004
Amoníaco	NH ₃	1.2	0
Nitratos	NO ₃ ⁻	44.0	2.7
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0	0.023
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0	0
Flúor	F ⁻	1.5	0
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3	0.23

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100 ml	Ausencia	0

ABREVIATURAS:

U. F. C.: Unidad Formadora de Colonias

LIMITE PERMISIBLE:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Primera Revisión), septiembre 2005

OBSERVACIONES:

Responsable:

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Anexo. 5.4. Análisis de la muestra agua tomada en el grifo de agua de la Guardería Las Palomitas



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PALORA

Epmapa-Pal

"Agua de todos y para todos"

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Dirección: Km 4 1/2 Via Numbayme

Teléfono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 0003-11

Fuente:	Agua Potable		Recolectada por:
Fecha de recolección:	2012/Jul/20	Hora: 9h10	Fecha de análisis: 2012/Julio/20
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	Barrio la Florida (Guardería Las palomitas)		Localidad: Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6,5 - 8,5	7.19
Color	Pt-Co	15	0
Turbiedad	U.N.T.	5	0.165
Temperatura	°C		23.1
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	17.6
Conductividad	µS/cm		35.8
2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE mg/l	RESULTADO mg/l
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3	0.01
Manganeso	Mn ²⁺	0.1	0.004
Amoniaco	NH ₃	1.2	0
Nitratos	NO ₃ ⁻	44.0	2.7
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0	0.023
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0	0
Flúor	F ⁻	1.5	0
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3	0.23

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100 ml	Ausencia	0

ABREVIATURAS:

U. F. C.: Unidad Formadora de Colonias

LIMITE PERMISIBLE:

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (Primera Revisión), septiembre 2005

OBSERVACIONES:

Responsable:

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Anexo 5.5. Análisis de la muestra agua tomada antes del ingreso a los filtros



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PALORA

Epmapa-Pal

"Agua de todos y para todos"

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Dirección: Km 4 1/2 Via Numbayme

Teléfono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 0001-11

Fuente:	Agua Potable	Recolectada por:	
Fecha de recolección:		Hora: 10h00	Fecha de análisis:
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	Planta de Tratamiento de A de filtros	Localidad:	Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

1) CARACTERISTICAS FISICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
pH	Unidades	6,5 - 8,5	6.98
Color	Pt-Co	15	22
Turbiedad	U.N.T.	5	1.5
Temperatura	°C		23.1
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000	17.6
Conductividad	µS/cm		35.8
2) CARACTERISTICAS QUIMICAS			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE mg/l	RESULTADO mg/l
Hierro Total	Fe ³⁺	0.3	0.01
Manganeso	Mn ²⁺	0.1	0.004
Amoníaco	NH ₃	1.2	0
Nitratos	NO ₃ ⁻	44.0	2.7
Nitritos	NO ₂ ⁻	0.0	0.023
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	200.0	0
Flúor	F	1.5	0
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.3	0.23

ANALISIS BACTERIOLOGICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	LIMITE PERMISIBLE	RESULTADO
Coliformes Fecales	U. F. C. / 100 ml	Ausencia	48

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Anexo 5.6. Análisis de la muestra agua tomada a la salida de los filtros



EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
PALORA

Emapa-Pal

"Agua de todos y para todos"

LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS Y CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Dirección: Km 4 1/2 Via Numbayme

Teléfono:

REPORTE DE ANALISIS DE AGUA POTABLE

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA No. 0001-11

Fuente:	Agua Potable		Recolectada por:
Fecha de recolección:		Hora: 10h00	Fecha de análisis:
Sistema de Agua Potable			
Dirección:	Planta de Tratamiento Agua salida de filtros	Localidad:	Palora

ANALISIS FISICO - QUIMICO

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADOS
Conductividad Eléctrica	µmhos/cm	60
Color	U. de Pt – Co	16
pH		6,74
Turbidez	N.T.U.	2
Sólidos suspendidos	mg/L	0
Sólidos disueltos	mg/L	50
Sólidos Totales	mg/L	50
Alcalinidad F como (CaCO ₃)	mg/L	0
Alcalinidad T como (CaCO ₃)	mg/L	18
Calcio (Ca ⁺²)	mg/L	4
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	5
Dureza Total como (CaCO ₃)	mg/L	15
Fosfatos (PO ₄ ⁻³)	mg/L	0,10
Hierro (Fe ⁺³)	mg/L	0,25
Magnesio (Mg ⁺²)	mg/L	1
Manganeso (Mn ⁺²)	mg/L	< 0,1
N – Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	0,44
N – Nitritos (N – NO ₂ ⁻)	mg/L	0,002
N – Nitratos (N – NO ₃ ⁻)	mg/L	0,9
Potasio (K ⁺)	mg/L	1
Sodio (Na ⁺)	mg/L	4
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	mg/L	1
Recuento total de Aerobios	Colonias/ml	1400
Hongos	Colonias/ml	70
Coliformes Totales	N.M.P./100 ml	< 3
Coliformes Fecales	N.M.P./100 ml	< 3

Jefe de laboratorio - EPMAPA-PAL_PTAP

Anexo 6. Registro y documentos técnicos de mantenimiento.

Anexo 6.1. Formulario de Operación.

PLANTA DE POTABILIZACIÓN DEL CANTÓN PALORA.

DIRECCIÓN TÉCNICA.

REGISTRO DIARIO DE ANÁLISIS FÍSICO- QUÍMICO DEL AGUA.

SITIO DE TOMA DE MUESTRA _____

FACHA DE MUESTREO _____ HORA DE MUESTREO _____

FECHA DE ANÁLISIS _____ HORA DE ANÁLISIS _____

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Temperatura		oC
Color		UC
Turbiedad		UFT
pH		
CO2		mg/l
Alcalinidad Total como (CaCO3)		mg/l
Dureza Total (CaCO3)		mg/l
Calcio como (CaCO3)		mg/l
Hierro Total		mg/l
Hierro Coloidal		mg/l
Cloruros		mg/l
Sulfatos		mg/l
Nitratos		mg/l
Fosfato		mg/l
SiO2		mg/l
Manganeso		mg/l
Índice de Langelier		
Cloruro residual		mg/l
Sólidos Totales		mg/l
Sólidos Sedimentado		mg/l
Oxígeno Disuelto		mg/l
DBO		mg/l
DQO		mg/l
Grasas y aceites		mg/l
Detergentes		mg/l
Hidrocarburos		mg/l
OBSERVACIONES		
_____		LABORATORISTA

Anexo 6.2. Registro diario de análisis bacteriológico del agua y cloro residual.

FECHA _____ HOJA _____ DE _____

No	Procedencia	Cloro Residual	Hora	Conteo de Bacterias en 1 ml, 24 h y 37 °c	Nmp Coliformes, puerba presuntiva (48 h, 37 °C)		
					0.1 ml	1 ml	10 ml
OBSERVACIONES					LABORATORISTA		

Anexo 6.3. Registro de caudales.

FECHA DE LOS LUNES	ACUMULADOR	FIRMA DEL OPERADOR
NOTA. Tomar siempre las lecturas entre 08H00 y 08H30		
OBSERVACIONES		

Anexo 6.4. Registro de mantenimiento correctivo (reparación de daños)

UNIDAD _____

CODIGO _____

Trabajo solicitado por: _____

Trabajo asignado a: _____

Fecha de realización (o periodo): _____

FECHA	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO Y SU REPARACIÓN	FIRMA

Trabajo verificado y recibido por: _____

Fecha _____

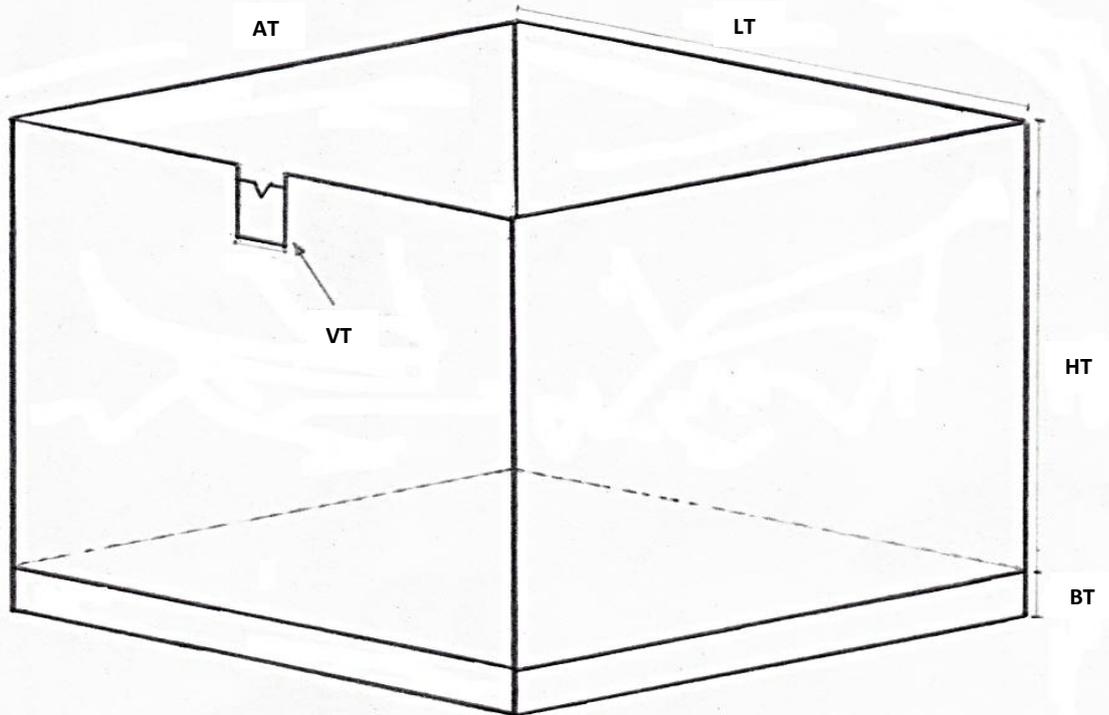
Anexo 7. Gráficos de las unidades diseñadas.

Anexo 7.1.

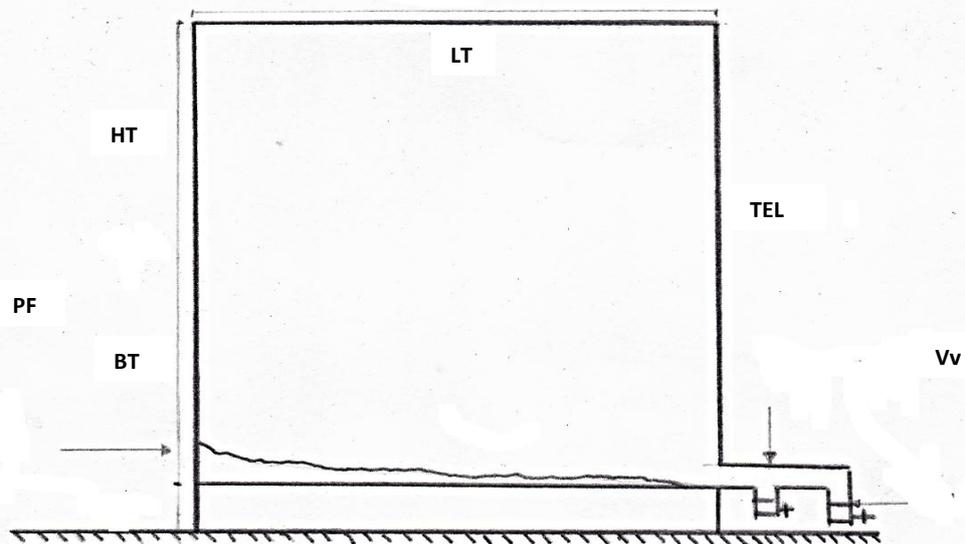
Gráfico del Tanque recolector rediseñado

TANQUE RECOLECTOR

VISTA NORMAL



VISTA LATERAL



SIMBOLOGIA DE LA VISTA LATERAL

HT: Altura del Tanque (1.57 m)
BT: Base del Tanque (0.15 m)
LT: Largo del Tanque (1.67 m)
PF: Pendiente de Fondo
TEL: Tubo de evacuación de lodos.
Vv: Válvula
Esc: 1:25

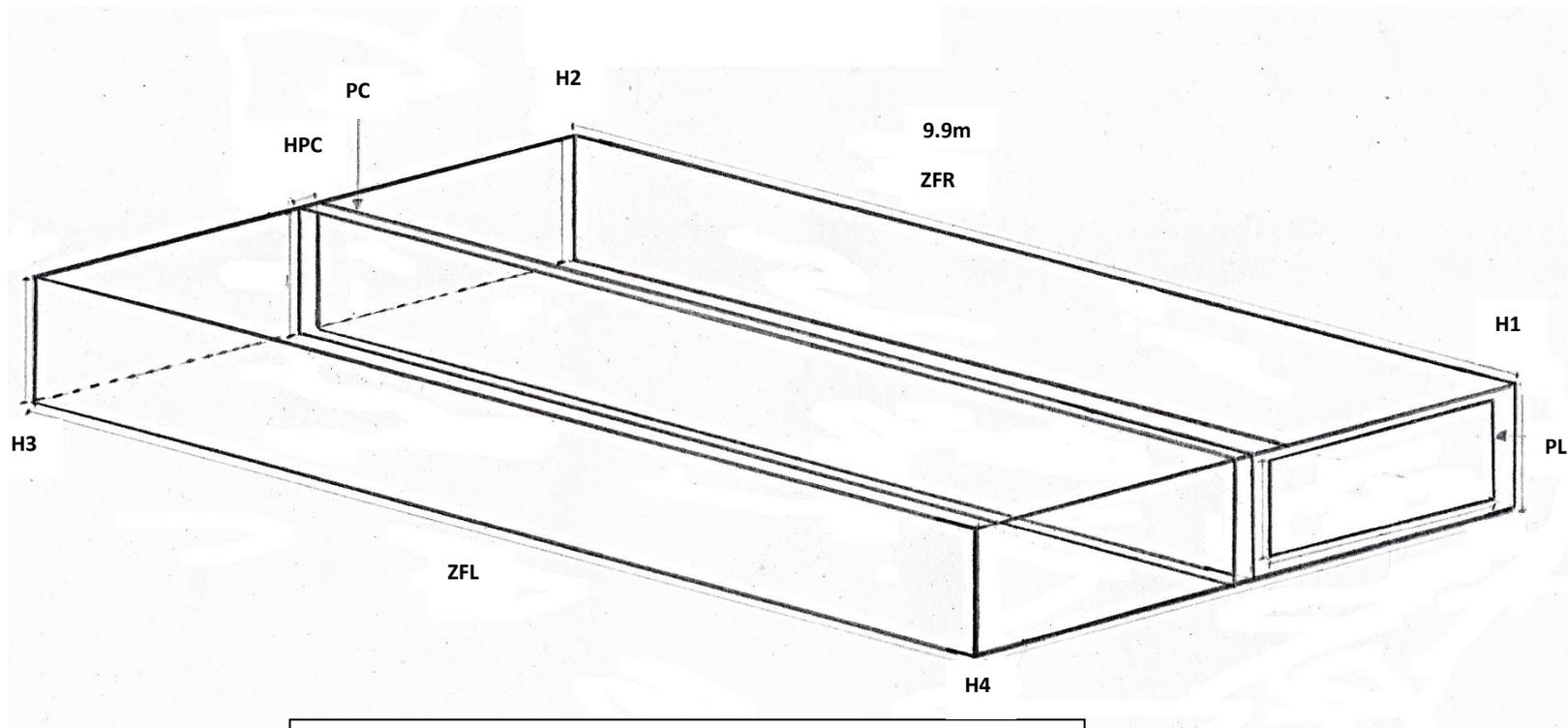
SIMBOLOGIA DE LA VISTA NORMAL

HT: Altura del Tanque (1.57 m)
BT: Base del Tanque (0.15 m)
LT: Largo del Tanque (1.67 m)
AT: Ancho del Tanque (1.60 m)
VT: Vertedero Triangular
Esc: 1:25

Anexo 7.2

Gráfico del tanque floculador diseñado

TANQUE FLOCULADOR



SIMBOLOGIA

PC: Pared Central

HPC: Altura de la PC

ZFL: Zona de Floculación Lenta

ZFR: Zona de Floculación Rápida

H3: Altura tres

PL: Placa de fibra de vidrio

H1: Altura uno

H2: Altura dos

H4: Altura cuatro

Esc: 1.75

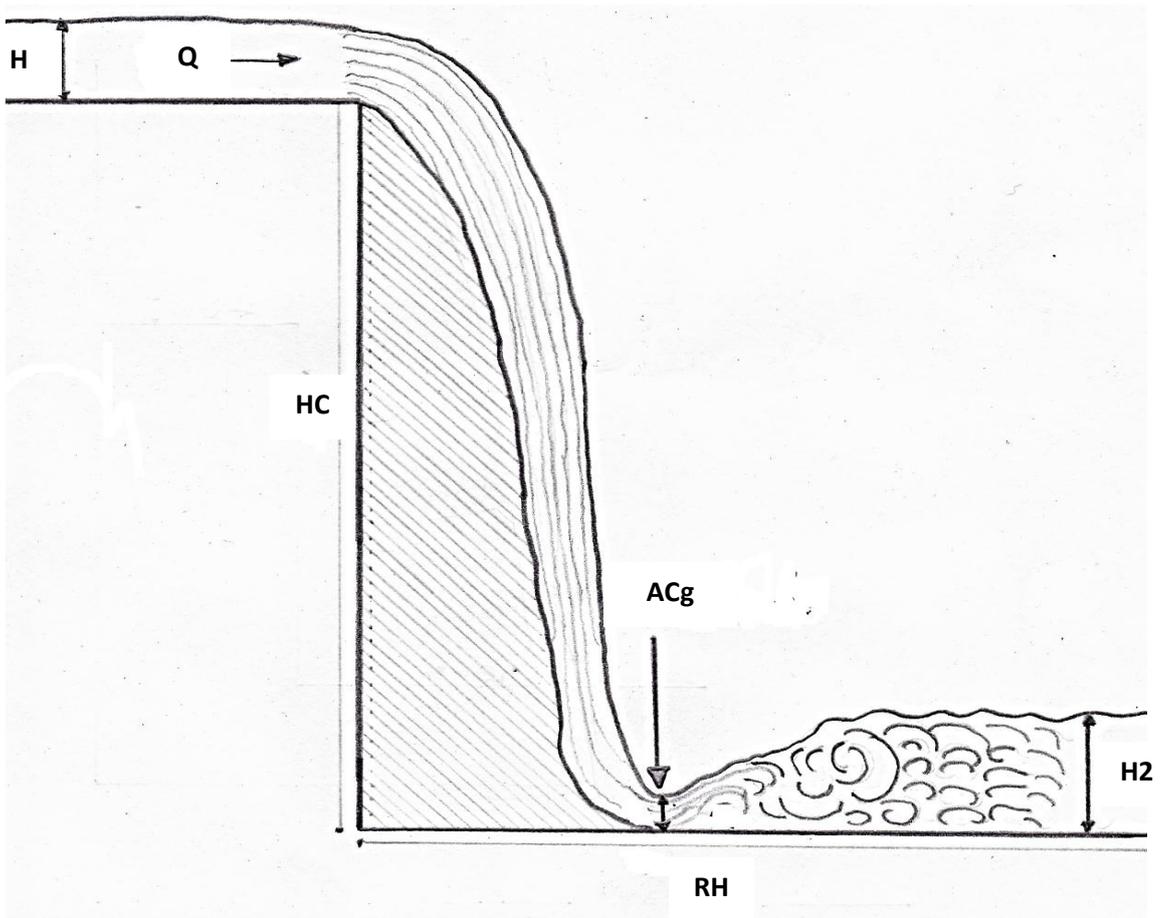
Anexo 7.3

Gráfico del salto hidráulico

SALTO HIDRÁULICO

SIMBOLOGIA

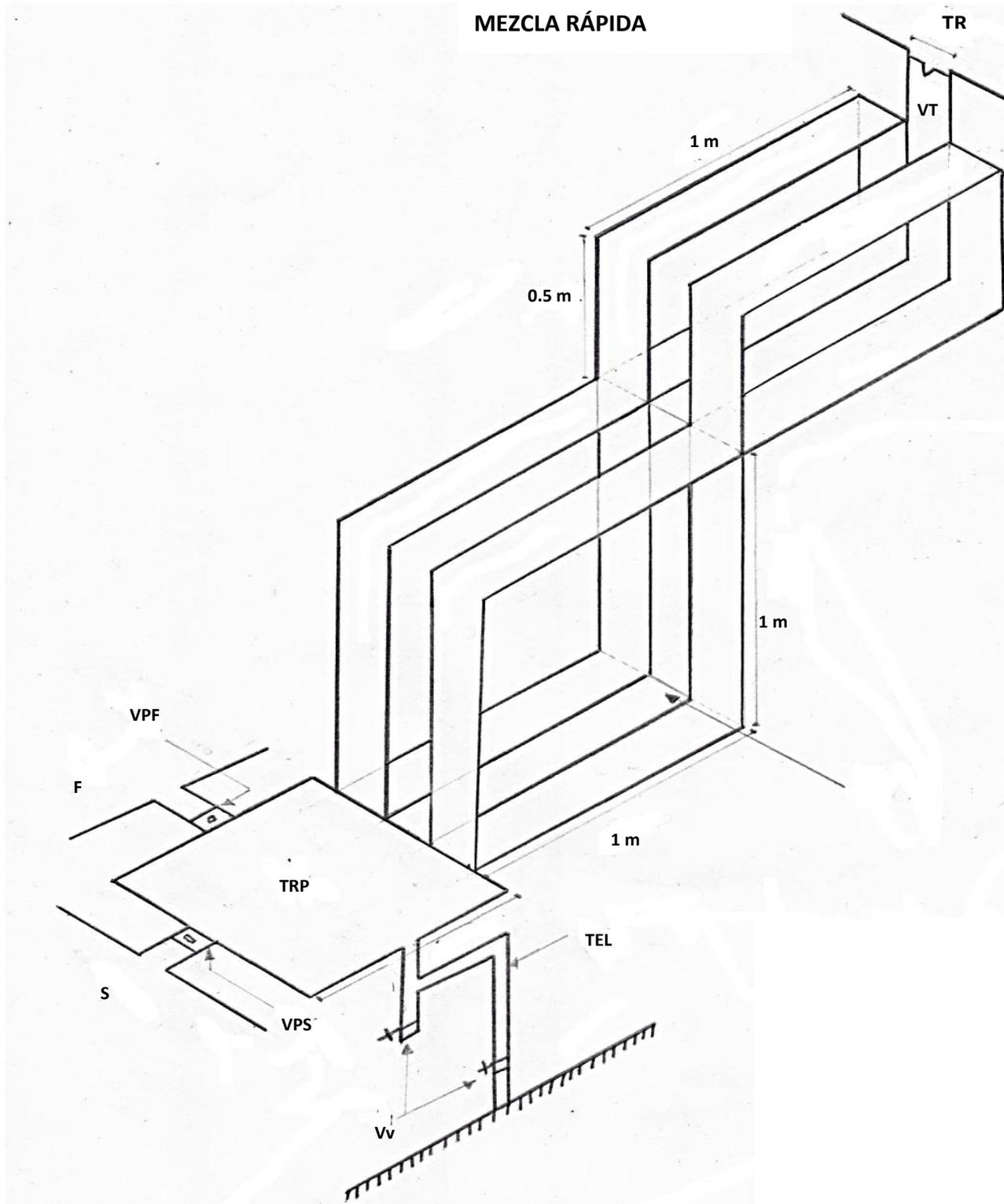
H: Altura inicial del fluido
Q: Caudal
HC: Altura de la caída
RH: Recorrido Horizontal
H1: Altura 1
H2: Altura 2
ACg: Adición del coagulante
Esc: 1:10



Anexo 7.4.

Gráfico del canal abierto de la mezcla rápida

MEZCLA RÁPIDA

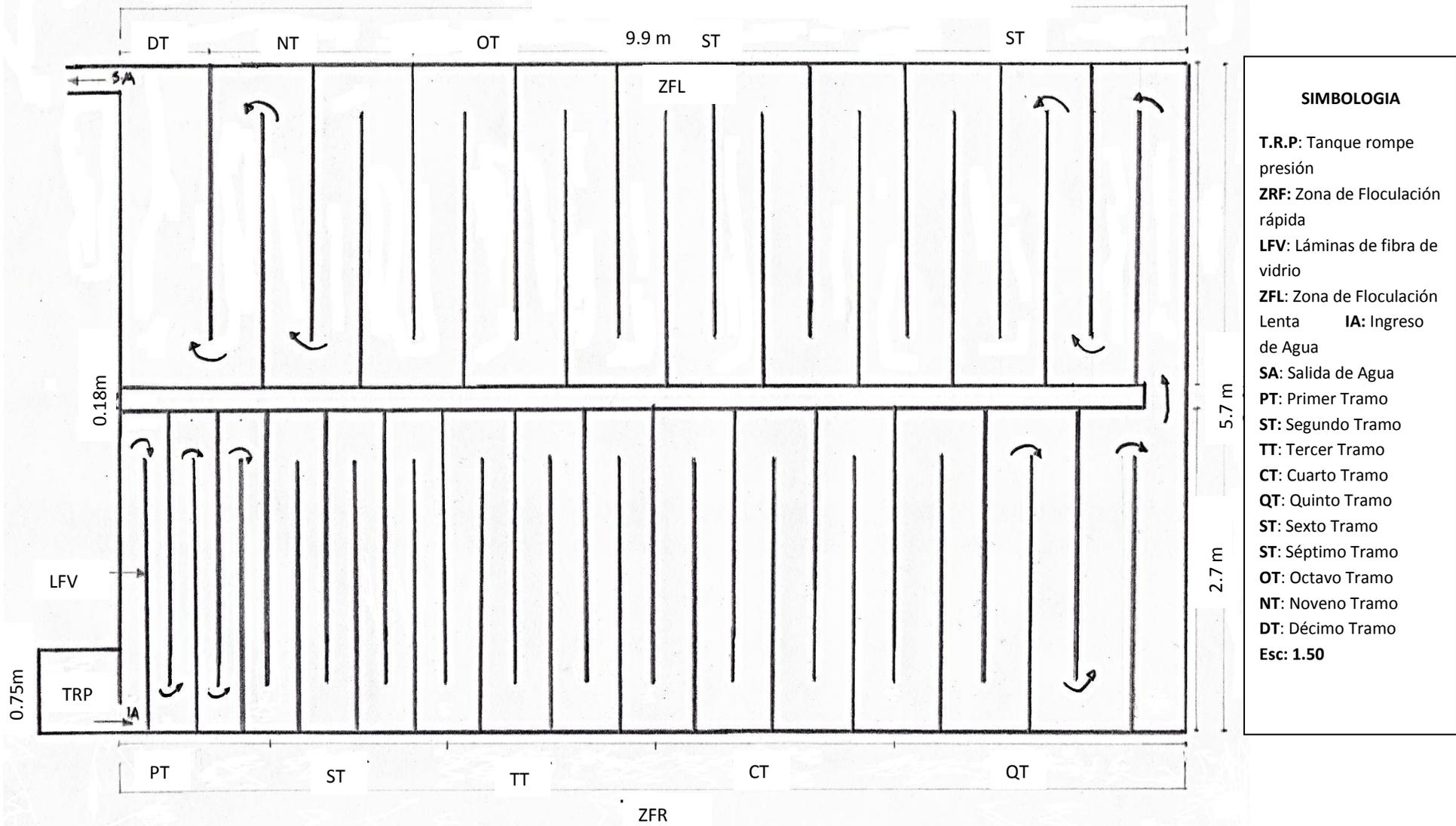


SIMBOLOGIA	
TR: Tanque Recolector	Vv: Válvula
VT: Vertedero Triangular	TEL: Tubo Evacuador de Lodos
F: Floclador	VPF: Válvula de paso a Floclador
S: Sedimentador	VPS: Válvula de paso a Sedimentador.
TRP: Tanque Rompe Presión	Esc: 1:20

Anexo 7.5.

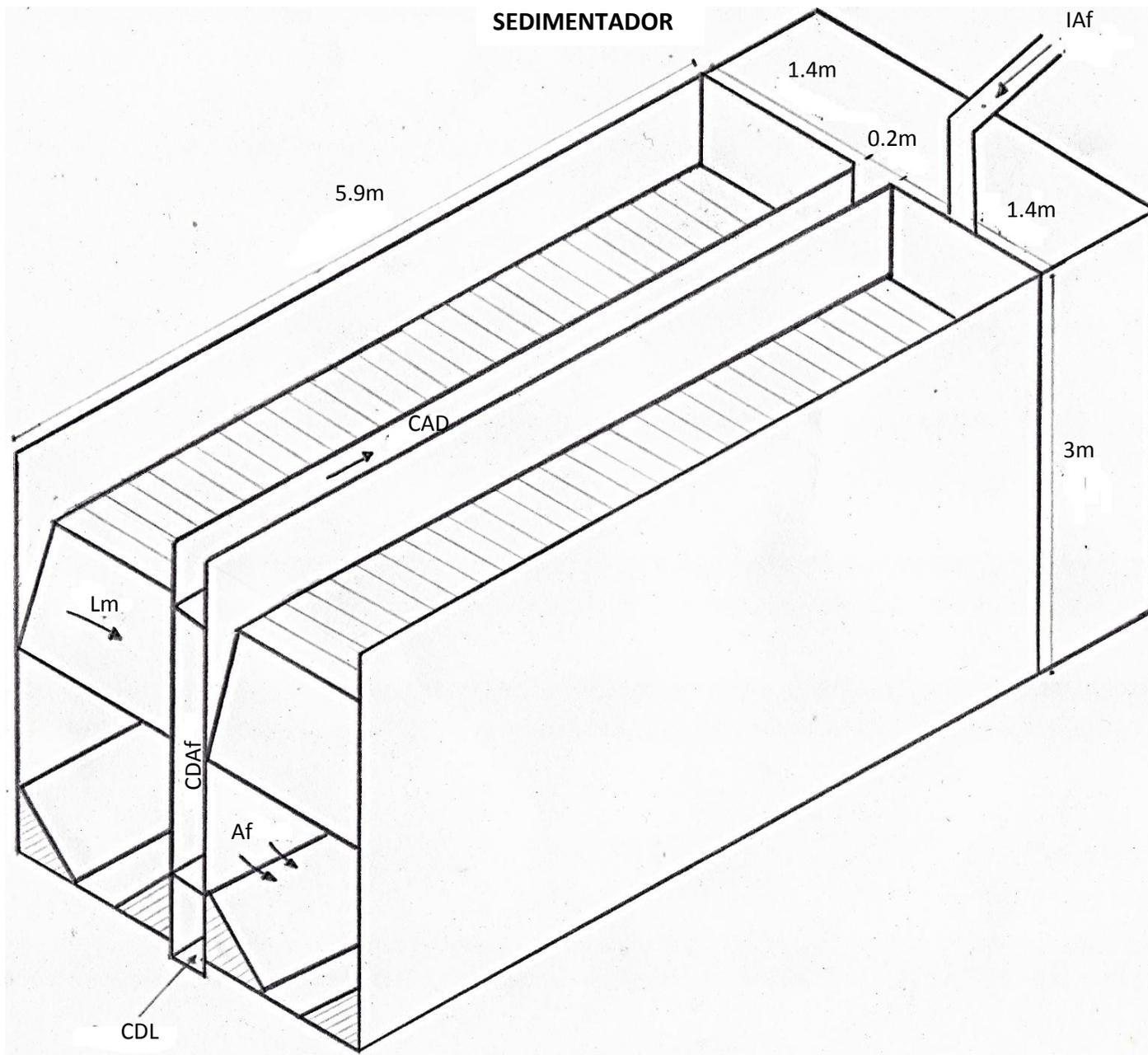
Vista Frontal del Tanque floculador para la Planta
Potabilizadora del cantón Palora

VISTA FRONTAL DEL FLOCULADOR



Anexo 7.6.

Tanque sedimentador para la Planta Potabilizadora
del cantón Palora



SIMBOLOGIA	
CAD:	Canal de agua decantada
Lm:	Láminas
Af:	Agua Floculada
CDAf:	Canal de distribución de agua floculada
CDL:	Canal de descarga de Lodos
IAf:	Ingreso de agua floculada.
Esc:	1:50
Esc:	1:10

Anexo 7.7. Esquema total de la Planta Potabilizadora diseñada para el cantón Palora

- SIMBOLOGÍA**
- TR: Tanque Recolector.
 - CMR: Canal de Mezcla Rápida.
 - TRP: Tanque rompe presión.
 - BPF: By pass a filtros.
 - Fc: Floculador
 - S: Sedimentador
 - F: Filtros
 - D: Desinfección

