



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
Y GESTIÓN AMBIENTAL**

Tema:

**“REDISEÑO Y REHABILITACIÓN DE LA PLANTA
MODULAR DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
TOACHI - MIRAVALLE”**

Re.

Previo la obtención del Grado Académico de Magister en Ciencias de la
Ingeniería y Gestión Ambiental

Autor:

ING. ALEX VARGAS RIVERA

AMBATO - ECUADOR
2004

AGRADECIMIENTO

A mis queridos padres, quienes de manera incansable alientan mi alma y mi espíritu para que pueda conseguir nuevos logros y a mi amada esposa Katerine quien es el sustento y la base para que yo pueda conseguir mis anhelos.

DEDICATORIA

Dedicado a mis hijos JOHAN, ALEXIS y ROMINA por quienes día a día hallo las fuerzas necesarias para seguir adelante.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.

DIAGNOSTICO

	Pág.
1. Antecedentes _____	1
1.1 Calidad De Las Aguas	1
1.2 Levantamiento topográfico	2
2. Diagnostico Hidráulico – Sanitario PTTM _____	2
2.1 Captación y Línea de Conducción	3
2.2 Tanque De Mezcla Rapida	4
2.3 Floculadores	5
2.4 Sedimentadores	6
2.5 Filtración	7
2.6 Unidades De Dosificación De Químicos	10
2.6.1 Sulfato De Aluminio	10
⇒ Característica Del Sulfato	
⇒ Dimensionamiento	
⇒ Tanque de Solución	
2.6.2 Polieloctrolitos	12
⇒ Dosificación	
2.7 Desinfección	13
2.7.1 Características técnica	13
3. Instalaciones Electromecánicas _____	14
3.1 Características técnicas	15
3.1.1. Bombeo al Tanque de floculación	15
3.1.2. Bombeo a los Filtros a presión	15
3.1.3. Tanques floculadores	16
3.1.4. Evacuación de lodos	16
3.1.5. Equipos de dosificación	16
3.2 Circuitos Y Tableros De Control	17
3.3 Protecciones	18
4. Valvuleria _____	18
5. Conclusiones _____	20
6. Recomendaciones _____	22

CAPÍTULO II.

ALTERNATIVAS Y FACTIBILIDAD

	Pág.
1. Introducción _____	23
2. Factibilidad Técnico – Económica _____	23
2.1 Estudios Básicos	23
2.1.1 Mecánica De Suelos	24

3.	Bases De Diseño	24
3.1	Caudales De Diseño	24
3.2	Calidad Del Agua	24
3.2.1	Tratabilidad De Las Aguas	24
3.2.2	Parámetros De Calidad	24
3.2.3	Metodología Seguida	25
3.2.4	Análisis De Resultados	27
4.	Dimensionamiento	28
4.1	Alternativa 1	28
4.1.1	Estructura De Entrada	28
	⇒ Cálculo de la estructura	
4.1.2	diseño del Floculador	30
4.1.3	Transiciones	30
4.1.4	Sedimentación	30
	⇒ Evacuación de lodos	
	⇒ Manifold de descarga	
4.1.5	Filtros	32
	⇒ Filtro de lavado mutuo	
4.2	Alternativa 2	37
4.3	Alternativa 3	38
5.	Comparación Técnica Económica	40
5.1	Comparación Técnica	41
5.2	Comparación económica	41
5.3	Criterios para la Evaluación	43
5.4	Análisis de alternativas	43
5.5	Matriz De Comparación	44
6.	Análisis De La Alternativa Óptima	45

CAPÍTULO III.

REDISEÑOS DEFINITIVOS

		Pag.
1	Introducción	47
2	Estudios Básicos	47
2.1	Mecánica De Suelos	47
2.2	Bases De Diseño	48
2.2.1	Caudales De Diseño	48
2.2.2	Calidad Del Agua	49
2.3	Análisis de resultados	50
3	Diseño Hidráulico Sanitario	51
3.1	Estructura De Entrada Y Mezcla Rapida	51
	⇒ Conexión A Módulos	
	⇒ Bombeo Al Tanque De Floculación	
	⇒ Transición Y Entrada Al Tanque De Floculación	
3.2	Diseño del Floculador	53
	⇒ Limpieza Y Evacuación De Flóculos	
	⇒ Interconexión Floculador – Sedimentador	
3.3	Sistemas De Dosificación De Coagulante Y Polímeros	54

3.3.1	Sulfato De Aluminio	54
	⇒ Características Del Sulfato	
	⇒ Dimensionamiento	
	⇒ Componentes Para La Preparación	
	a. Tanques De Solución (2)	
	b. Tanque De Dosificación	
	c. Punto De Aplicación	
	d. Ficha Técnica Sulfato De Aluminio Granulado	
3.3.2	Polielectrolitos	56
	⇒ Dosificación	
	⇒ Punto De Inyección	
	⇒ Ficha Técnica Polielectrolitos	
	⇒ Características	
3.4	Sedimentacion	57
3.4.1	Evacuación De Lodos	59
3.5	Filtracion	59
3.5.1	Filtros De Arena	59
3.5.2	Filtros De Carbón Activado	61
3.5.3	Operación De Filtros A Presión	62
3.5.4	Lavado De Filtros	63
3.6	Desinfección	63
3.6.1	Funcionamiento De Los Clorómetros	63
	⇒ Características Técnicas	
	⇒ Seguridad Industrial	
	⇒ Datos Técnicos	
	⇒ Punto De Aplicación	
	⇒ Ficha Técnica: Desinfección	
4.	Instalaciones Eléctricas Y De Control	65
4.1	Generalidades	65
4.2	Circuitos Y Tableros De Control	66
4.3	Protecciones	67
5.	Diseño Estructural	67
5.1	Consideraciones De Cálculo	67
5.2	Proceso	68

CAPÍTULO IV.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO

1.	Introducción	Pag. 69
2.	Marco Legal Para EIA	69
3.	Condiciones Existentes	70
	3.1. Formaciones Ecológicas	70
	3.2. Suelos Y Vegetación	70
	3.3. Aspectos Socioeconómicos	70
4.	Descripción De La PTTM	70

5.	Resumen De Efectos Ambientales	71
5.1	Producción De Ruidos, Vibraciones Y Emisión De Polvo	71
5.2	Aspectos Socio Económicos	72
5.3	Generación De Escombros	72
6.	Diseño Medidas De Mitigación	72
Medida 1	Recuperación De Terraplenes Usados Para Áreas De Trabajo, Bodegas Y Patios De Maniobras.	
Medida 2	Diseño De Descargas Para Aguas De Lavado De Los Procesos	
Medida 3	Accesos	
Medida 4	Escombreras	
Medida 5	Revegetación	
Medida 6	Rotulación Ambiental	
Medida 7	Salud Ocupacional	
Medida 8	Plan De Difusión Y Educación Ambiental	
7.	Medidas Para La Operación Y Mantenimiento Y Plan De Manejo	75
7.1	Objetivos Y Metas	75
7.2	Oportunidades	76
7.3	Requerimientos Institucionales Y Legales Relacionadas Con La Implementación De Las Medidas	76
7.4	Propuestas De Gestión Ambiental Para La Ejecución Y Manejo Del Plan	77
7.4.1	Objetivos de la Gestión Ambiental	78
7.5	Conclusiones Y Recomendaciones	78

CAPÍTULO V.

MANUAL OPERACION Y MANTENIMIENTO

1.	Introducción Y Objetivos	80
2.	Operación Y Mantenimiento	80
2.1	Definiciones Generales	80
3.	Descripción De La PTTM	81
4.	Obras Civiles Y Exteriores	82
4.1	Operación	82
	⇒ Operación Normal	
	⇒ Mantenimiento	
4.2	Equipos De Bombeo	84
	⇒ Operación	
	⇒ Mantenimiento	
4.3	Filtración	88
	⇒ Operación Normal	
	⇒ Filtros de carbón activado	
	⇒ Mantenimiento	
4.4	Válvulas	91
	⇒ Mantenimiento	
5	Dosificación De Químicos	93

5.1 Cloro		93
⇒ Operación		
⇒ Mantenimiento		
⇒ Seguridad Industrial		
5.2 Coagulante (Sulfato De Aluminio)	<hr/>	95
⇒ Sistema De Alimentación		
⇒ Operación Normal		
⇒ Mantenimiento		
5.3 Polímeros	<hr/>	96
⇒ Operación		
6. Energía Eléctrica	<hr/>	96
⇒ Operación Normal		
⇒ Mantenimiento		

ANEXOS

- ✓ Anexo N° 1: Topografía
- ✓ Anexo N° 2: Mecánica de Suelos
- ✓ Anexo N° 3: Calidad y Tratabilidad de las aguas
- ✓ Anexo N° 4: Características de las Bombas Centrífugas
- ✓ Anexo N° 5: Registro Fotográfico
- ✓ Anexo N° 6: Bibliografía de filtros a Presión

Vol. 2 PLANOS

INTRODUCCIÓN

La falta de estudios de Factibilidad, la omisión de muchos detalles en los diseños o el mal proceso constructivo han hecho de que en nuestro país muchos proyectos fracasen o no brinden el beneficio previsto, despilfarrando de esta forma recursos económicos que el estado no los tiene. Podemos mencionar como uno de estos casos La construcción de la Planta Modular de tratamiento de agua Potable Toachi – Miravalle de la ciudad de Santo Domingo. Esta planta debido al mal diseño de sus unidades de purificación o tal vez a la mala operación o mal ensamblaje especialmente de sus Unidades de filtración, no trabajó en forma adecuada y desde hace aproximadamente dos años se encuentra abandonada.

El índice de crecimiento poblacional de la Ciudad de Santo Domingo de Los Colorados es el más alto de nuestro país y uno de los más elevados en América Latina, debido a esto actualmente los servicios sanitarios básicos que requiere la población como agua potable y alcantarillado no alcanzan a cubrir la demanda de la ciudad y su gente literalmente no cuenta con el líquido vital, a pesar de que en sus viviendas cuentan al menos con una llave de agua, es decir existe un sistema de distribución.

Contrastando con esto, Santo Domingo cuenta con suficientes fuentes de abastecimiento de agua como son por ejemplo el río Toachi, el Río Lelia, etc y el índice de precipitación pluvial es alto, qué ocurre entonces? El problema y la solución están a la vista. Dotar a la ciudad de una eficiente planta de tratamiento de agua potable que garantice la calidad de la misma para el consumo humano. “La Purificación del agua es uno de los problemas de las ingenierías civil y ambiental de más urgente solución”.¹

Hace aproximadamente dos años, el Municipio con el afán de satisfacer las necesidades de la población decide ampliar el Sistema de agua potable de la ciudad e inicia con la Construcción de una nueva captación que recoge las aguas del Río Toachi en el sitio denominado Chiguilpe. Esta primera fase incluye la construcción de un sedimentador, estación de bombeo y línea de impulsión hasta la Planta de Tratamiento Toachi – Miravalle.

La segunda fase del proyecto consistió en la ampliación del Sistema de Purificación del agua, mediante la construcción y montaje de una planta de purificación modular, la misma que no funcionó.

Debido al elevado costo que implicó la construcción y montaje de la planta modular y debido también a que han transcurrido más de dos años, la actual administración acertadamente ha decidido rehabilitarla para que brinde el servicio que estaba previsto y que tanta falta hace a la población, es por ello que se realizará el Estudio de Rediseño de la Planta modular de Tratamiento de agua potable Toachi – Miravalle.

El problema principal que se presenta en esta planta de tratamiento es la Rehabilitación del sistema de filtración. Este sistema está compuesto por ocho módulos de Filtros que trabajan a presión. Cada módulo contiene a su vez un filtro, con un sistema filtrante consistente en arena y antracita, un filtro de carbón activado y un filtro de resinas catiónicas aniónicas. Cuando los filtros se colmataban de material producto de la filtración, automáticamente se accionaba un sistema de retro lavado para su limpieza.

¹ ROMERO ROJAS JAIRO ALBERTO. *Purificación del agua*

El sistema de Filtración obviamente debía proveer agua de excelente calidad, pero para ello se había que cumplir con especificaciones Técnicas que demandaba el fabricante, una de las más importantes se refiere al grado de turbiedad del agua de ingreso.

Los elementos anteriores a la filtración como floculadores y sedimentadores, no fueron bien diseñados o tal vez no trabajaron adecuadamente, ello hizo que el agua de ingreso a los filtros fuese demasiado turbia, ensuciando los filtros rápidamente y por lo tanto accionando el sistema de retro lavado con excesiva frecuencia (cada hora), por lo cual se paralizó la planta.

El caudal aproximado que debe tratar esta planta modular es de 300 lt/seg; es decir es un caudal considerable que actualmente la ciudad de Santo Domingo, demanda de forma urgente, por lo tanto es indispensable su rehabilitación.

CAPÍTULO I

DIAGNOSTICO DE LA PLANTA EXISTENTE

1. ANTECEDENTES

El presente trabajo de “Rediseño y Rehabilitación de la Planta de Tratamiento Toachi Miravalle” tendrá como objetivo fundamental el aprovechar en lo posible la infraestructura existente de la planta paquete la cual fue construida e instalada por POTABLE TECH por encargo de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Santo Domingo (EMAPA SD).

El Proyecto Toachi Miravalle esta compuesto por las siguientes estructuras:

- a.) Captación directa del río Toachi en el sitio denominado CHIGUILPE la cual incluye un desarenador que para el caudal de diseño, trabajaría a una tasa de 400 m³/m²-día con lo cual se retiene partículas con diámetros efectivos mayores a los 0.040 cm. Las aguas decantadas son transportadas hacia un cárcamo de bombeo.
- b.) Estación de bombeo compuesto por dos bombas de eje vertical con un motor eléctrico de 600 hp cada una. Esta cuenta con sus respectivos tableros de arranque (2), tablero general de protección, de medición y, de una cámara de transformación de 750 KVA.
- c.) Línea de impulsión con tuberías de PVC y AC de 450 mm y 350 mm de diámetro en una longitud de 2930 m. El agua llega al sitio de la PTTM con una carga disponible de alrededor 10 mca.
- d.) Planta de tratamiento tipo modular, convencional cuyo protocolo esta formado por:
 - ✓ Precloración
 - ✓ Mezcla rápida en la que se inyecta sulfato de aluminio como coagulante y polímeros, capacidad para 300 l/s.
 - ✓ Mezcla Lenta
 - ✓ Sedimentación
 - ✓ Filtración, mediante filtros a presión de arena, carbón activado y resinas

Durante la operación experimental, la planta en mención presentó problemas en sus procesos debido fundamentalmente a que la calidad de las aguas presentaba una alta turbiedad estimada en concentraciones mayores a las 100 UNT lo que, eventualmente ocasionó carreras muy cortas de filtración (menores a 30 minutos) y taponamiento de los mismos razón por la cual, esta dejó de funcionar ya que no convenía a los intereses económicos y de operación de la EMAPA-SD puesto que, la cantidad de agua tratada no sobrepasaba los 80 l/s debido a los constantes lavados de los filtros. Adicionalmente, se debe enfatizar que se producía pérdida de material filtrante como la antracita y carbón coque durante el lavado de filtros. Paralelamente se pudo apreciar problemas en los equipos como son: bombas, válvulas, piezas especiales especialmente relacionados con los empaques y otros accesorios.

1.1 CALIDAD DE LAS AGUAS

En el anexo de calidad de las aguas¹ se pueden apreciar los resultados de la caracterización física, química y bacteriológica, pudiéndose apreciar que las concentraciones de color, turbiedad, hierro y coliformes necesitan ser tratados para que cumplan con las regulaciones permitidas por la norma INEN 1 104. A continuación se presenta un resumen de los valores correspondientes a los parámetros anotados:

¹ Datos suministrados por Municipio y pertenecen a análisis realizados en el MIDUVI, EPN

Parámetro	1	2	3	4	5	6	7 ²	8	9	10 ³
Color	7.5	16	50	50	60	365	40	221	70	30
Turbiedad	6.8	21	28.2	26.7	52	107	727	506	137	7.8
Hierro	0.12	0.32	0.43	0.48	0.22	0.50	4.68	3.01	2.04	0.45
NMP fecal	1100	1100	1100							1300

Probabilísticamente se puede decir que la calidad de las aguas tiene un grado de ocurrencia entre el 20 % y 80 % de:

Parámetro	20%	80%
Color	5.00	25.00
Turbiedad	7.00	45.00
Hierro	0.30	0.45
NMP fecal	450.00	1100

Como se puede apreciar, el río Toachi mantiene concentraciones superiores a las 5.00 UC, 7.00 UNT, y concentraciones de Fe de 0.30 mg/l

Esta ocurrencia se justifica debido a que el río Toachi es un río típico de montaña con velocidades altas (erosivas) que permiten el arrastre de sedimentos y partículas que inciden en la turbiedad. El color se debe básicamente a que la cuenca hidrográfica produce el lixiviado de la densa vegetación con las aguas de escurrimiento superficial razón por la cual, el color se debe fundamentalmente a ácidos húmicos. La concentración de Fe de entre 0.30 y 0.45 mg/l no se encuentra asociado con manganeso pudiéndose decir que el río atraviesa por zonas ferrosas ya que este no es coloidal.

1.2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Con la idea de tener la concepción global de la planta de tratamiento del proyecto y su implantación con respecto a la integridad de instalaciones de la EMAPA-SD, se procedió a la realización del levantamiento topográfico de las instalaciones, particular que se puede apreciar en el plano del anexo. Este trabajo se llevó a cabo con un distanciómetro de precisión y el operador es un profesional experto en estas actividades.

2. DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO-SANITARIO PTTM

La Planta construida, es del tipo convencional cuyo protocolo de tratamiento original consistía de los siguientes procesos:

- ✓ Mezcla rápida en el cual se inyecta cloro gas como pre-cloración, sulfato de aluminio como coagulante y polímeros como coadyuvantes de coagulación.
- ✓ Floculación hidro ciclónica y agitación mecánica
- ✓ Sedimentación
- ✓ Filtración a presión
- ✓ Desinfección

² Tomado y analizados por laboratorios VACMEN

³ Tomado y analizado en los laboratorios ANALQUIMLAB

La planta al ser del tipo compacto, cuenta con equipos de bombeo para elevar el agua desde el tanque de mezcla rápida hacia los floculadores; de los sedimentadores a los filtros a presión, en los cuales el lavado mediante el retrolavado se lo realiza mediante válvulas que controlan presiones y caudales. Tanto bombas como equipo e instrumentación son controlados por un programador lógico para proceder con el lavado de los filtros.

2.1 CAPTACIÓN Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN

La captación está constituida por una toma directa del río Toachi, mediante un orificio en el cual se ha colocado una rejilla; las aguas son conducidas mediante un canal de 0.85 m x 0.90 m hacia un pequeño azud que se inicia en la cota 555.50 msnm que permite el embalsamiento de las aguas para que estas puedan verterse mediante un orificio de 1 x 1.50 m provisto de barrotes (5 de 0.02 m de diámetro con espaciamentos de 0.15 m). Las aguas entran a un desarenador de flujo horizontal que trabaja con una tasa de 400 m³/m² día permitiendo sedimentar arenas, gravas con diámetros mayores a los 0.040 cm.

Las aguas vierten por un vertedero cuya cresta se ubica en la cota 555.75 hacia un tanque de succión de 3 m x 5.35 m x 3.50 m de alto, lugar en que se encuentran las dos bombas sumergibles.

La captación cuenta con una compuerta de 0.80 m x 0.80 m para limpieza del material azolvado en el canal de entrada y azud; desagües del desarenador y del tanque de succión controladas con válvulas de compuerta de 200 mm de diámetro

Las características principales del equipo de bombeo son:

- ✓ 2 Bombas de eje vertical
- ✓ Motor de 600 hp
- ✓ 1700 RPM
- ✓ 460 V , 648 A
- ✓ TDH 119 m para un Q = 300 l/s

Cada bomba cuenta en su salida con válvulas Check y de compuerta en HF de 450 mm de diámetro; by-pass de 200 mm de diámetro con sus respectivas válvulas de compuerta.

En un costado, se ha colocado una bomba Mc. Baldor de 10 hp y 1700 RPM, que trabaja eventualmente para cargar agua a tanqueros.

La estación de bombeo, cuenta con una cámara de transformación de 750 KVA, tableros de arranque para cada una de las bombas, un tablero de protección y, un interruptor general de emergencias.

Las obras civiles correspondientes a las estructuras de captación así como la caseta y cámara de transformación se encuentran en buen estado, no existen filtraciones ó fisuras. En lo referente a los equipos electromecánicos, estos no presentan deterioro a pesar de estar sin funcionar desde hace aproximadamente dos años

La línea de impulsión tiene una longitud de 2930 metros, en tubería de PVC con diámetro de 450 mm y, de 329 m con tubería de AC de 350 mm de diámetro. Se inicia en la cota 555.50 en la captación y llega a la PTM ubicada en la cota 659.83 msnm por lo que, las bombas tienen que vencer una carga estática de 104 m.

Realizando la corrida de bombas comerciales con características similares a la instalada se puede decir que la bomba instalada puede conducir los 300 l/s con un rendimiento del 68 % conforme se puede apreciar en las curvas características que se anexan.

2.2 TANQUE DE MEZCLA RÁPIDA

Este tanque tiene las siguientes dimensiones 4.50 m x 4.50 m x 3 m con una altura útil de 2.10 m, permite contar con un volumen de 42 m³ que, para el caudal de diseño de 300 l/s, tendría un tiempo de residencia de 2 minutos. Esta construido en hormigón armado y sus paredes interiores recubiertos con azulejo.

Frontal a la tubería de llegada se ha construido un disipador de energía tipo impacto en el cual debido a la energía que se tiene a la entrada, los diseñadores consideraron que se podría realizar la mezcla rápida.

Tomando como base el caudal de 300 l/s se ha calculado que tendría las siguientes condiciones a la entrada:

$$\begin{aligned} \text{Velocidad en la tubería de entrada} &= 3.12 \text{ m/s} \\ Fr &= 0.36 \end{aligned}$$

Con los valores indicados se puede establecer que en este tanque no se dan las condiciones hidráulicas para que pueda funcionar como unidad de mezcla rápida ya que no se va ha conseguir gradientes de velocidad mayores a 500 s⁻¹ y en el caso de querer realizar una mezcla hidráulica este valor debe estar sobre los 1000 s⁻¹. Además cualquier turbulencia es ahogada debido a que el vertedero que controla la salida del flujo esta a la misma cota de la llegada.

De los trabajos de campo, se puede concluir que la dosificación de coagulante se lo hacía mediante tubería de PVC de 1/2" perforada y localizada a lo largo de las paredes de la estructura de llegada. Se debe aclarar que esta fue una modificación a los planos originales proporcionados por el Municipio en los cuales se puede apreciar que la mezcla se la realizaba con un agitador localizado en uno de los lados del tanque.

Independientemente, como está configurado el dosificador, en la práctica no se tiene una mezcla completa por que en el caso de la tubería, las perforaciones realizadas no garantizan uniformidad y dosis iguales a través de los mismos ya que no esta trabajando como manifold ó controlando dosificaciones con pérdidas de carga. Igualmente si se hubiera utilizado el agitador mecánico este tampoco hubiera permitido una mezcla completa.

Se debe notar que la configuración de la tubería perforada no permite la mezcla completa y homogénea ya que con el tanque lleno de agua, no existirá la turbulencia necesaria para obtener gradientes de velocidad mayores a 500 s⁻¹. El resalto que eventualmente se podría producir será del tipo ahogado con lo que, se corrobora aun más que no se producirá la dispersión y choque de partículas entre el sulfato de aluminio con el agua.

Adyacente al tanque de llegada se tiene el tanque o cámara de succión con un volumen útil de 5 m³. En este tanque esta previsto dosificar el polímero, sin embargo al igual que en el tanque de llegada, no se producirá una mezcla homogénea con la solución

Al costado de los tanques mencionados se ubica una tercera cámara cuya finalidad es la de recolectar las aguas en exceso y para desaguar los tanques en caso de mantenimiento. Se debe notar que constructivamente no se cuenta con el vertedero lateral para control de caudales y de esta manera se pueda eliminar los excedentes ya que la pared se encuentra 0.29 m por sobre la carga máxima de 0.11 m por sobre la cota superior de la pared que esta funcionando como vertedero frontal.

Concluyendo, la cámara no ofrece los condicionamientos mínimos para que se produzca el proceso de coagulación ya que no se va ha producir un movimiento Browniano que induzca al choque y desestabilización de las partículas.

Igualmente no cuenta con estructura de control para caudales en demasía

Esta estructura, prácticamente no ha recibido ningún tipo de mantenimiento pudiéndose observar que dentro de los tanques está creciendo vegetación y, los azulejos se encuentran en franco deterioro. Particular que se observa en la foto respectiva (anexo fotográfico).

2.3 FLOCULADORES

La floculación originalmente era del tipo hidro ciclónico conforme a la terminología de Potable Tech responsable de los diseños originales⁴. A mixto conformado por agitadores mecánicos y un sistema hidro ciclónico.

Los tanques presentan las siguientes características constructivas:

- ✓ Tanques de acero A36 de 6 mm de chapa, cubierto con pintura tipo B Epóxica poliamida blanca de 2 mm de espesor
- ✓ Diámetro (D) = 8.00 m
- ✓ Altura (H) = 3.60 m
- ✓ Volumen total (VT) = 180 m³
- ✓ Volumen útil (Vu) = 160 m³

El caudal que llega a estas unidades es distribuido mediante tubería de acero de 10" de diámetro ubicada en la parte superior.

Originalmente el sistema presenta dos zonas de floculación, la primera se presenta por el sistema hidro ciclónico que aprovecha la carga de las bombas con capacidad de 150 l/s. y 21 mca de presión

El ingreso y mezcla inicial aprovecha la presión para producir el efecto tipo ciclón, sale el agua por una tubería de 10" de diámetro en la cual se tienen cuatro puertos repartidores localizados a los 2.30 m, 8.30 m, 14.30m y, 20.30m de tal forma que el flujo se distribuye como un sistema manifold. Cada puerto cuenta con un circuito de cuatro salidas de 4" de diámetro, que permiten producir el efecto giratorio en el agua.

Esta zona, en condiciones ideales, las velocidades de inicio estarían en el orden de 1.1 m/s, pero como entra a una masa de agua, esta ofrece resistencia por lo que, la velocidad inicial se transforma a 0.75 m/s, condición que permitiría contar con gradientes superiores a los 100 s⁻¹. Este gradiente y velocidades iniciales no permitirá una adecuada formación del flóculo sin embargo, conforme el agua asciende las velocidades y gradientes se ajustarán al orden de los 0.20 m/s y 50 s⁻¹

La determinación de velocidades y gradientes para la floculación mecánica estima los siguientes parámetros:

- ✓ Volumen: 55 m³ para un radio efectivo de paleta de 3.20 m
- ✓ La relación D/H = 0.75. esta se encuentra en el límite inferior dada por los fabricantes de este tipo de equipos y literatura especializada
- ✓ Longitud de paletas = 3.20 – 2 x 0.3 = 2.60 m
- ✓ La potencia necesaria para un movimiento de 3 rpm sería de 12 kgf m/s
- ✓ Con este numero de revoluciones se tendría una gradiente de 50 s⁻¹
- ✓ Asumiendo un factor de seguridad de 2.5, la potencia nominal sería de 30 kgf m/s

Como se puede colegir, el tanque de floculación puede proporcionar un tiempo de residencia de 20 minutos y para que se de la formación de flóculos el mezclador mecánico debería contar con una velocidad angular de 3 rpm para proporcionar un gradiente de 50 s⁻¹

⁴ Potable Tech, Manual Técnico de la Planta de Tratamiento de Agua Modelo SD 680M de la ciudad de Santo Domingo de Los Colorados

De la información e investigaciones realizadas, la planta cuenta con un motor reductor de 10 HP de 1750 rpm con reductor de velocidades de 20 a 1 y de 10 a 1 que, traducido a la práctica éste puede contar con una variación continua de 1750 a 0 rpm y poder trabajar con los gradientes estimados con velocidades angulares de alrededor 3 rpm, con lo que se lograría una mezcla lenta que permita la aglutinación de partículas floculentas.

De acuerdo a las versiones de los responsables de la operación de la planta de tratamiento, se indica que en el corto tiempo de funcionamiento, en los floculadores se producía dos corrientes, debido básicamente a la zona en que se presenta el movimiento ciclónico y el que se produce por la agitación mecánica y en la zona de contacto entre estos dos procesos se podía apreciar choque y emulsiones que no permitían la formación del floculo en esta zona pudiéndose ver corrientes de densidad.

La estructura de recolección y salida de agua floculada se la realiza por la parte superior y las aguas son conducidas hacia el sedimentador mediante una tubería de 350 mm de diámetro con un gradiente del 3%. Con estas condiciones se tienen las siguientes características hidráulicas:

$$\begin{aligned}Q &= 150 \text{ l/s} \\V &= 2.73 \text{ m/s} \\H &= 0.17 \text{ m}\end{aligned}$$

Debe notarse que la velocidad es muy alta, esta no debe ser mayor a la que se tendría en el floculador y que se encuentra en el rango de 0.15 m/s.

En esta canaleta si se baja la pendiente para que trabaje a tubo lleno, la gradiente debería ser del 1 % y con esta se contaría con velocidad de 1.71 m/s,

Por lo anotado en este ducto de distribución, se estaría produciendo desestabilización del floculo formado y por ende, el proceso de floculación se vería afectado en su eficiencia.

La purga de lodos originalmente se lo realiza mediante la succión de una bomba de drenaje de 3 hp acoplado a tubería de PVC drenaje de 110 mm de diámetro. Esta bomba, succiona los lodos del tanque sedimentador. Estos lodos son conducidos mediante a una tubería de 300 mm de diámetro al alcantarillado de la PTTM que descarga a la quebrada s/n que corre paralela al lado Oeste de la planta.

La obra civil como es el tanque construido en lámina de acero, necesita una limpieza general y una capa de imprimante epóxico en toda su superficie tanto interna como externa..

Los sistemas de desagüe al estar constituido con tubería de PVC instalada superficialmente, se encuentra estropeada y no guarda las alineaciones originales razón por la cual, se deberá hacer pruebas de estanqueidad. Igualmente el sistema de alcantarillado necesita una limpieza total para poder eliminar detritos y vegetación que se esta dando en su interior.

2.4 SEDIMENTADORES:

La sedimentación se la realiza en tanques cilíndricos de similares características a los de floculación esto es:

- ✓ Tanques de acero A36 de 6 mm de chapa, cubierto con pintura tipo B Epóxica poliamida blanca de 2 mm de espesor
- ✓ Diámetro (D) = 8.00 m
- ✓ Altura (H) = 3.60 m
- ✓ Volumen total (VT) = 180 m³
- ✓ Volumen útil (Vu) = 160 m³

Cada uno de los sedimentadores, cuenta con una bomba centrífuga Marca ITT con una succión de 10" y una descarga de 8", para enviar el agua sedimentada hacia el proceso de filtración.

La configuración circular de los tanques determina que el tipo de sedimentación que se estaría produciendo es el de sedimentadores estáticos de flujo helicoidal, apto para el tratamiento de aguas con alto contenido de material en suspensión ó con flóculos de alta velocidad de sedimentación. Por el área superficial presentado, estos tanques trabajan con una tasa de 200 m³/m²-día y tiempos de retención de 15 minutos. En este tipo de decantadores, la sedimentación que se produce es función del caudal y área superficial

La tasa de trabajo para el caudal de diseño, es alta en comparación con las tasas proporcionadas por la literatura que establece tasas < 120 m³/m²-d razón por la que las eficiencias que se darían en condiciones óptimas de operación estarían por debajo del 60%. Esta eficiencia se vería agravada por cuanto la estructura de entrada no permite una uniformización y repartición del agua para lograr velocidades en el sedimentador de 0.10 m/s y más bien estarían logrando que se formen corrientes cinéticas por las alteraciones que se dan en su entrada debido a las altas velocidades y, por una distribución desigual que se dará en la zona de salida y, corrientes de densidad por diferencias en la concentración de partículas suspendidas. La estructura de salida se la realiza mediante canaletas de recolección. Previendo tasas bajas, originalmente se colocaron mallas para que funcionen como micro tamices y poder retener flóculos evitando el paso de los mismos a los filtros.

Las obras civiles, se encuentran en buenas condiciones, siendo necesario al igual que los tanques floculadores una capa de imprimante epóxico de sus paredes exteriores e interiores.

Se hace necesario en caso de que se mantenga la configuración de tratamiento, realizar los ajustes respectivos en las estructuras de entrada y salida para que éstos funcionen como sedimentadores de alta tasa.

La descarga de los lodos se lo realiza mediante una tubería de PVC de 110mm de diámetro, empatada a una válvula de 4", Esta descarga utiliza la misma bomba de lodos descrita en los floculadores la cual descarga a una caja de revisión y de esta al sistema de alcantarillado de la planta. Como se podrá deducir, no se podrá vaciar o limpiar en forma simultanea los lodos provenientes de los floculadores y sedimentadores. La limpieza se lo tendrá que realizar por unidad.

2.5 FILTRACIÓN

Es del tipo filtración rápida a presión, se realiza mediante tanques cilíndricos de eje vertical. La configuración por módulo de tratamiento para 150 l/s es de 4 baterías de filtros que trabajan en paralelo y conformados por uno de arena de lecho dual (arena y carbón mineral), seguido de uno de carbón activado y un tercero de resina catiónica y aniónica. Las principales características que tienen estos filtros ⁵son:

	Filtro de arena y carbón	Filtro Carbón Activado	Filtro Resinas
Diámetro	2.35 m	1.76 m	1.46 m
Alto	1.75 m	1.75 m	1.75 m
Espesor manto filtrante	0.20 m arena 0.8 a 1.2mm 0.20 m arena 0.3 a 0.4 mm 0.20 m arena 0.1 a 0.2 mm 0.10 m carbón < 1.2 mm	0.40 m CA 12 x 40 0.30 m CA 20 x 60	0.50 m Resina cat. 0.20 m Resina ani.
Sistema drenaje	Flauta	Flauta	Flauta
Desagüe	Tubería PVC 6"	Tubería PVC 6"	Tubería PVC 6"
Entrada	Chapa deflectora	Chapa deflectora	Chapa deflectora

⁵ Datos obtenidos de los planos originales de la Planta Toachi Miravalle entregados por la Municipalidad. Se realizó una verificación visual mediante la apertura del manhole ubicado en tapa superior de los filtros

Los filtros han sido construidos en acero tipo A36 de 6 mm de chapa, revestidos con pintura epóxica poliámidada blanca.

La utilización de filtros de carbón activado en la práctica justifican su empleo para estabilizar el **ph** y reducir el color producido por los agentes vegetales. Se debe anotar que el carbón activado tiene la propiedad absorbente, sirve para filtrado de partículas y para absorción de compuestos orgánicos con la finalidad de reducir concentraciones de color y sabor. Para el caso de las aguas de las características del río Toachi, no justificaría ya que no se presentan sabores desagradables y la concentración de color es de fácil remoción mediante la aplicación de coagulantes y polímeros que son ayudados por la turbiedad existente.

El filtro de resinas se justificaría como de intercambio iónico para ablandar las aguas o, la remoción de calcio y magnesio y otros cationes polivalentes, para la calidad de las aguas no se justifica.

La operación de los filtros se hace en base a la carga que proporciona la bomba de 75 HP, habiéndose estimado por los contratistas y fabricantes, una pérdida de carga entre los tres filtros de 12.6 m.

El control de las tasas de filtrado se basa en la suposición de que el sistema se auto equalizara ya que no existen controladores ni medidores de caudal y, el control de presión lo realiza válvulas controladoras de presión tipo diafragma (Mc. Aquamatic)

El lavado se lo hace mediante el accionamiento del sistema Osmonic/Aquamatic que cuenta con un temporizador eléctrico y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

Las tasas de filtración con las que se han dimensionado originalmente. para el caudal de diseño de 150 l/s son:

	Filtro de arena y carbón	Filtro Carbón Activado	Filtro Resinas
Area superficial	17.35 m	9.73 m ²	6.7 m ²
Tasa	746 m ³ /m ² día	1332 m ³ /m ² día	2160 m ³ /m ² día

De conformidad con filtros verticales a presión de casas manufactureras, las tasas de filtración adoptadas son:

Firma	Tasas de trabajo (m ³ /m ² -día)
Edospina ⁶	120 a 300
SURFLEX (Infilco) ⁷	250 a 300
PERMUTIT ⁸	180
Culligan ⁹	390 a 420
BIRATE ¹⁰	240 a 480
Pont A Mousson ¹¹	600 a 840 (con lavado aire-agua)

⁶ EDOSPINA, Manual de Ingeniería, Boletín Ing 3550/600, 31400, 37500, Bogota, COL, 1996

⁷ INFILCO, The Surfex Filter, Bulletin 1585-C, USA

⁸ PERMUTIT, Pressure Filters, Paramus, NJ

⁹ Culligan, Sauvegarde, Sistemas de Clarificación-Filtración, 8183-35, USA

¹⁰ Bwater Filtration, Filtration Manual, DB6/2.86, England

¹¹ Degremost, Manual Técnico del Agua,

Como se puede apreciar, las tasas a excepción de la Pont A Mousson son inferiores a las adoptadas por los filtros de la PTTM lo que permite suponer que para poder trabajar con una tasa de $753 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$, se conseguirán mayores pérdidas de carga, el agua que entra (afluente) tendrá que hacer variar la presión hasta demostrarse un daño o detrimento en la calidad del agua filtrada.¹²

De acuerdo a AWWA, los filtros a presión trabajan bajo los principios de arena rápidos a gravedad que se puede corroborar con las tasas de trabajo de los fabricantes cuyas tasas de trabajo son similares a los filtros rápidos de lecho mixto.

Con estos antecedentes y debido a que los filtros actuales, supuestamente estos deberían trabajar bajo responsabilidad y tecnología de Potable Tech S.A.

El mecanismo de filtración se lleva a cabo haciendo pasar el agua sedimentada hacia los filtros mediante una bomba centrífuga Mc. ITT de 75 HP de potencia.

Se determinó que para un módulo estas trabajarán con las siguientes características:

Caudal	=	159	l/s
Altura	=	47.40	m
Potencia	=	100	kw
n	=	72	%
velocidad	=	1780	rpm

De la curva de los sistemas de bombas se puede apreciar, que las bombas instaladas están sobredimensionadas y los rendimientos son menores al 75 %.

La filtración se lleva a cabo en el medio poroso cuyas graduaciones se dan en la tabla de características. Tanto graduación como espesores escogidos por Potable-Tech no deben permitir pérdidas altas de presión.

Las partículas atrapadas en el manto, se desalojan invirtiendo el flujo a través de la unidad, permitiendo la expansión de los mantos filtrantes, limpiándose por acción hidráulica y por fricción de un grano contra otro.

Los filtros para su funcionamiento utilizan elementos de control como son las válvulas de diafragma AQUAMATIC las cuales son controladas (apertura y cierre) para los diversos procesos (filtración, retrolavado, desagüe) mediante controladores instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros.

El filtro según la bibliografía¹³ debe trabajar con tasas de $250 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ para aguas con turbiedades de alrededor 0.40 UNT sin embargo, existen autores¹⁴ que han determinado tasas de hasta $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ para aguas coaguladas que han pasado por filtros multicapa.

Como se podrá deducir, las tasas de los filtros al ser superiores a las indicadas por la bibliografía, han permitido que en la operación experimental la carrera de los filtros por informaciones proporcionadas por técnicos de la EMAPA-SD, no sea mayor a 30 minutos, perjudicando en si la producción ya que durante el tiempo de lavado, no se está procesando agua, estimándose que el lavado de este tipo de filtros con la tasa de trabajo proporcionada por la Municipalidad, necesita por lo menos de 80 l/s para lavar un filtro.

Se debe notar que fabricantes de filtros a presión¹⁵ están construyendo este tipo de filtros para tasas que no superan los $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ en cambio que, la tasa de filtros a presión utilizados para piscinas es de $600 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ que son los de cámara profunda.

¹² AWWA, Calidad y Tratamiento del Agua, McGraw-Hill, 2002

¹³ AWWA, Calidad y Tratamiento del agua, McGraw-Hill, 2002

¹⁴ Robeck, Dostal, Woodward, Studies of modification in Water Filtration, JAWWA, 1964

El agua filtrada va directamente a la red de distribución y, el sistema de desagüe se lo hace mediante tuberías de 6" de la red de alcantarillado.

Por lo indicado vemos que los filtros trabajarían con tasas superiores a las recomendadas tanto por la literatura especializada como por fabricantes, razón por la cual la carrera de filtración es demasiado corta.

Este tipo de filtros para que puedan trabajar con tasas elevadas deben ser de cámara profunda (1,6 m) y los procesos de coagulación, floculación y sedimentación deben permitir que a la entrada del agua a los filtros tengan turbiedades menores a 1 UNT, las cuales conforme a lo analizado en los procesos anteriores no se cumple.

Se debe cambiar los distribuidores de flujo ya que estos fueron realizados como mecánica nacional sin ningún tipo de sustento técnico razón por la cual, durante las pruebas de funcionamiento se tenía en el agua filtrada arenas y gravas.

En los filtros deberán colocarse válvulas de aire de simple acción (expulsión de aire).

2.6 UNIDADES DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS PTTM

De la investigación realizada e información recopilada suministrada por la Municipalidad y, de acuerdo a la configuración y protocolo de tratamiento de la PTTM, ésta utiliza los siguientes productos químicos para remover especialmente color, Fe (hierro) y turbiedad que son los parámetros de agua cruda que prácticamente no cumple con la norma INEN 1 104.

- ✓ Sulfato de Aluminio
- ✓ Poli electrolito débilmente ácido
- ✓ Cloro gas

Estos productos son almacenados y dosificados en un área de 50 m² ubicados junto al tanque de llegada y los puntos de aplicación se los hace en el tanque de llegada y en el de bombeo a los floculadores.

2.6.1 SULFATO DE ALUMINIO

El coagulante previsto es el Sulfato de Aluminio tipo granulado grado B y su sistema de alimentación comprende:

- ✓ Tanque de solución de 5 m³ de plástico revestido con una capa de polietileno intermedio que permite aislar el calor exterior con el interior
- ✓ Dosificador
- ✓ Mezclador

La preparación de la solución se lo hace por vaciado directo (granular) en el tanque de solución para lo cual se ha previsto un punto de alimentación de agua suministrado por el sistema interno de agua potable de la Planta de tratamiento.

Se deduce que el Q de solución será de 0.25 l/s con lo que se logra un llenado del tanque en 5 horas. Este tanque funcionaría de acuerdo con las tasas, que para el presente caso deberían estar en el rango de 25 a 70 mg/l de sulfato.

La regulación de la dosis se lo ejecutaba mediante un inyector eléctrico Mc. Chem Tech con capacidad máxima de 44 l/s, la regulación de las dosis o concentración de coagulante se lo hará manualmente.

¹⁵ PERMUTIT, SURFLEX, Culligan, Biwater, catálogos

El caudal de agua de disolución se regula manualmente y debería guardar relación directa con la concentración de sulfato, la cual debe ser determinada en pruebas de jarras a ser conducidas en forma rutinaria por el personal encargado de la operación de la PTTM.

2.6.1.1 Características del sulfato

El sulfato de aluminio es un producto de reacción entre el ácido sulfhídrico y boxita, debe ser seco, limpio y libre de impurezas. Es una solución casi saturada de sulfato de aluminio. Su tamaño deberá pasar el 100% a través de un cedazo de 3" y por lo menos un 75% deberá ser retenido en un cedazo de 1½".

2.6.1.2. Dimensionamiento

Caudal:	300 l/s (2 módulos funcionando)
Dosificación máxima:	70 mg/l
Dosificación media:	40 mg/l
Peso diario:	1036 Kg/día
Relación peso / volumen:	1/10
Llenado de tanque y dosificación:	2.80 l/s.

2.6.1.3. Tanque de solución

El tanque cuenta con un volumen suficiente para alimentar a la mezcla rápida por lo menos 5 horas, esta dimensionado para que envase y en el mismo se prepare la solución de sulfato de aluminio conforme a las dosis medias adoptadas. En este tanque se ha emplazado un agitador eléctrico que permite preparar la solución para cuando se disponga el sulfato de aluminio granulado. Su utilidad es múltiple ya que permite preparar la solución al inicio de la operación (durante el llenado) y durante la operación mantendrá la suspensión homogénea.

Las características de este mezclador son:

- ✓ Motor eléctrico con ventilación externa
- ✓ Acoplamiento flexible
- ✓ Potencia 1. HP y rodamiento de esferas
- ✓ Retenedores y cojinetes de neopreno
- ✓ Eje primario de acero ABNT
- ✓ Eje secundario de acero inoxidable con hélice de 175 mm. de 4 paletas de acero inoxidable tipo AISI 304

El emplazamiento permite la carga por la parte superior sin transporte manual vertical y el fondo del mismo se localiza a una cota tal que permita el vaciado hacia la bomba de inyección para de éste pasar al tanque de llegada de agua cruda en donde se produce la mezcla mediante un agitador

Como se puede deducir, el tanque de solución no es suficiente por lo que la operación se vería dificultada ya que no se puede realizar la solución en forma continua, además, no existe una mezcla homogénea ni que produzca desestabilización y choque de partículas entre el agua cruda y la solución de sulfato de aluminio.

Se recomienda tener por lo menos dos tanques de solución para evitar paradas innecesarias en la dosificación de los coagulantes y, el de inyectar en un punto de mezcla que asegure la dispersión y choque de partículas por lo que se debe verificar que los gradientes de velocidad en este punto sean mayores a $> 500 \text{ s}^{-1}$

Se deberá preparar la solución de sulfato de aluminio previa a su aplicación por lo que se debe prever un sistema de regulación de caudal para la solución de tal forma que se garantice un caudal constante todo el

tiempo. Esto se lo puede lograr con un pequeño tanque de carga constante que se logra mediante la instalación de un flotador el cual regula la carga interna y un sistema de vaciado variable asociado directamente al área del orificio o al nivel de salida. La capacidad y el caudal máximo está en el orden de 1.4 l/s que corresponde a una dosis de 80 mg/l en solución al 10%.

Los tanques de solución necesitan una limpieza total, su tapa esta destruida y, los equipos electromecánicos prácticamente están inservibles

2.6.2 POLI ELECTROLITOS

Como parte del protocolo de tratamiento, la planta cuenta con instalaciones para la preparación de polímeros, especialmente para la remoción de color, habiéndose constatado los siguientes equipos y partes:

- ✓ Tanque de solución de 1 m³ de plástico revestido con una capa de polietileno intermedio que permite aislar el calor exterior con el interior
- ✓ Dosificador
- ✓ Mezclador

Al parecer durante la puesta en marcha, no se dieron indicaciones sobre la preparación y dosificación de los polímeros por lo que se adopta valores en base a experiencia de trabajos en plantas paralelas existentes con características de calidad semejantes a las del río Toachi.

Es necesario que el polímero sea diluido con una relación 1 g/l o 1 Kg/m³ para no tener inconvenientes de viscosidad durante la preparación ni en la conducción al punto de aplicación. Esta solución se preparará en el tanque de 1 m³ el cual cuenta con un agitador o mezclador eléctrico para luego esta mezcla pueda ser dosificada por una bomba con un inyector eléctrico Mc. Chem Tech con capacidad máxima de 4.4 l/s.

El caudal de agua de disolución esta previsto para que se lo regule en forma manual.

La forma de preparación del polímero, para los caudales de diseño, no es la mas apropiada ya que, se debe preparar una disolución madre de esta sustancia química, que, una vez que esté disuelta, se la debe mandar al tanque de dosificación en donde se diluye para disminuir su viscosidad y llegar a un punto de mayor operabilidad.

2.6.2.1. Dosificación

A continuación se presentan cálculos en base de:

Dosis óptima recomendada	=	0.20 mg/l
Dosis de cálculo	=	0.30 mg/l
Caudal de diseño total	=	300 l/s
Volumen máximo diario	=	7.776 m ³
Volumen/tanque = Volumen máximo/6	=	1.3 m ³

De acuerdo a lo calculado para tener un servicio continuo se debería contar con dos tanques de solución, si la planta funciona con 300 l/s.

La bomba de dosificación trabaja con carga positiva, tanto en la succión como en la impulsión; la descarga se ubica en el tanque de carga de las bombas que succionan el agua para el proceso de floculación en donde se tienen colocadas las instalaciones para un agitador que supuestamente se produzca la mezcla entre el polímero y el agua que entra a la Planta.

Este punto de mezcla no ofrece las condiciones hidráulicas de mezcla completa.

En lo referente al estado de los dosificadores de sulfato y polímero, estos se encuentran en estado de destrucción (inservibles).

2.7 DESINFECCIÓN

La PTTM tiene previsto pre y post cloración, razón por la cual se han construido dos mesas de hormigón armado para colocar los tableros e instrumentos de control de los dosificadores de cloro gas.

De los planos existentes se presume que el sistema de cloración a gas funcione con una tubería de alimentación de cloro gas equipada de una válvula con mando eléctrico que debería cerrar la válvula eléctrica del tanque vacío y luego proceder a abrir la válvula de los tanques para no producir ninguna interrupción en la dosificación y en el funcionamiento de la instalación, inmediatamente deberá reemplazarse el tanque vacío en la báscula por uno lleno.

Los clorómetros funcionan con el paso del cloro gas bajo la succión creada por el eyector de salida, ubicado en el cárcamo de bombas. El cloro pasa por esta válvula y luego por el rotámetro del clorador, siendo conducido a succión por una tubería de PVC hasta el eyector, desde donde entra en solución con el agua inyectada en este punto, y en esta forma es llevado hasta el difusor el cual se ubica al inicio de la cámara de contacto. La regulación de la dosificación de cloro se lo haría manualmente mediante el accionamiento de un botón regulador del dosificador.

Las instalaciones no presentan ningún tipo de equipamiento pudiéndose apreciar un hidroeyector que esta corroído. No existen los difusores para introducir la solución dentro del flujo principal que eventualmente podría estar construido en tubería de PVC de 63 mm de diámetro, un MPa, con perforaciones de 10 mm, espaciadas cada 10 cm de tal forma que trabaje como manifold.

En términos generales se puede decir que no hay sistema de cloración y, las mesas construidas en HA, no cuentan con los accesos para poder manipular los cilindros de 1 Ton. Igualmente no hay un sistema de rieles para el transporte y manipuleo de los cilindros llenos y vacíos particular que se puede observar en las fotografías del anexo.

2.7.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- ✓ El rango de los cloradores es de 200 ppd, para un aparato de 4Kg/h.
- ✓ El rango adoptado es de 1 a 2.5 mg/l y la necesidad de la planta será de 1 a 2.5 Kg/h.

La regulación del caudal se lo hace mediante la ubicación de un rotómetro el cual se accionará manualmente mediante una válvula de compuerta ubicada en la tubería de alimentación.

Estos valores han sido obtenidos para cuando la planta trabaje con 300 l/s y con las características del agua que ha servido de parámetro. En caso de haber variaciones sustanciales, estas afectaran en la dosificación por lo que el personal que opera la planta debe tener especial atención en esta función.

	Precloración	Postcloración
Dosis máxima	1 mg/l	2 mg/l
Caudal máximo	300 l/s	300 l/s
Caudal de solución	0.25 l/s	0.50 l/s

De la evaluación realizada, no existe el inyector, difusores y gabinetes de control y, los sistemas de interconexión se encuentran totalmente deteriorados.

3. INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS

Dentro de las instalaciones eléctricas para los equipos mecánicos considerados en los diseños originales se tienen:

Descripción	Cant.	Voltaje	Potencia	Conductor	Longitud
Computador Programable	8	110		2 No.16 TTU	33 m
Dosificador Cl	1	110	0.1	2 No.14 TTU	40 m
Agitador Solución Coagul.	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Agitador polímeros	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Dosificados Coagulante	1	110	0.33	2 No.14 TTU	70 m
Dosificador Polímeros	1	110	0.33	2 No.14 TTU	70 m
Dosificador Cl	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Bomba de lodos *	1	460	0.33	3 No.14 TTU	50 m
Motor Reductores	2	460	10 c/u	3 No.10 TTU	160 m
Bombas Centrífugas *	4	460	75 c/u	3 No.2 TTU	215 m

* Nota: considera el conjunto motor y bomba

Con la finalidad de dotar de servicio de energía a los equipos electromecánicos, se han instalado dos transformadores cuyas características principales son:

Descripción	Transformador 1	Transformador 2
Capacidad	100 KVA	400 KVA.
Fases	3	3
Frecuencia	60 Hz	60Hz
Tensión	13200 W	13200 W
Transformación	220/110 V	440/220 V

3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las características principales del equipamiento que se tiene en las instalaciones de la PTTM son:

3.1.1 BOMBEO AL TANQUE DE FLOCULACIÓN

Dos motores de 75 Hp acopladas a las bombas centrífugas Mc. Berkeley para bombeo al tanque de mezcla lenta y cuyas características principales son:

Modelo :	B10GRMBMS	H 2389
Capacidad;	218 l/s	
Potencia:	75 HP	
Impeller:	9.50 x 12.12	
Energía:	230/460 V, 60 hz, 89.5 A	
Eficiencia:	80%	
Ingreso:	300 mm de diámetro	
Salida:	250 mm de diámetro	
TDH:	15 m	
RPM	1190	

Durante la evaluación de las bombas se realizó giros manualmente al sistema de transmisión, hallándose rebanamientos en los ejes; deteriorados y resacas las empaquetaduras del sistema sellado; los rodamientos falta de lubricación.

Las válvulas de pie de las tuberías de succión deben limpiarse y desmontarse: asiento, muelle y eje ya que dentro de esta se ha impregnado flora.

El motor eléctrico; por estar expuesto a la intemperie requiere un mantenimiento general, como verificar aislamiento de bobinado, alimentación eléctrica, rodamientos, giro y limpieza total.

3.1.2 BOMBEO A LOS FILTROS A PRESIÓN

Dos motores de 75 Hp acopladas a las bombas centrífugas Mc. ITT para transferir el agua sedimentada hacia el sistema de filtración, sus características principales son:

Capacidad:	218 l/s
Potencia:	75 hp
Electricidad:	440V, 60 hz, 89.5 A
Eficiencia:	87%
Pérdidas de carga en los sistemas filtrantes:	20 mca
Ingreso:	250 mm de diámetro
Salida:	200 mm de diámetro
TDH:	45 m
Funcionamiento:	Continuo

Al igual que las bombas anteriores, estas presentan deterioros en sus empaques, oxidación interna, trabadura de los impulsores y, reseca de la empaquetadura del sistema de sellado.

En relación con el motor eléctrico, se aprecia exceso de humedad al interior de bobinados, oxidación en conexiones de la alimentación eléctrica, en resumen debe aplicarse un mantenimiento correctivo total.

En los anexos están las principales características obtenidas de bombas cuyos resultados se presentan a continuación:

Caudal =	159	l/s
Altura =	47.40	m
Potencia =	100	kw
n =	72	%

velocidad = 1780 rpm

De la curva de los sistemas de bombas se puede apreciar, que las bombas instaladas están sobredimensionadas y los rendimientos son menores al 75 % para la filtración y del 65% para la floculación

3.1.3 TANQUES FLOCULADORES

Dos Motores Reductores de 10 hp Mc. Baldor para la mezcla lenta mecánica y, cuyas características son:

Potencia:	10 hp
Electricidad:	230/460V, 60 hz, 14 A
RPM.	1750
Encendido:	Directo de tablero
Reductor 1:	Radio 20/1, eje 13/18
Reductor 2:	Radio 10/1, eje 11/16
Aleta de empuje:	2.35 x 2 m , 2" de diámetro del eje, área de impulsión 0.15 m

Estos motores prácticamente están en proceso de destrucción ya que no se los ha protegido contra la intemperie

3.1.4 EVACUACIÓN DE LODOS

Una bomba de evacuación de lodos Mc. Perless-Berkeley Mod 830 A (SS D453 TJ M 61)

Capacidad:	38 l/s
Potencia:	3 HP
Electricidad:	110V, 60 hz, 830 A
Ingreso:	100 mm de diámetro
Salida:	75 mm de diámetro
TDH:	1 neg
RPM	1730
Funcionamiento:	Alternativo

Esta bomba necesita de forma inmediata una lubricación de sus rodamientos y cambio de empaques

3.1.5 EQUIPOS DE DOSIFICACIÓN

- ✓ Dos bombas de presión para pre y post cloración

Capacidad:	3 l/s
Potencia:	1 hp
Energía:	110V, 60 hz,
Ingreso:	25 mm de diámetro
Salida:	56 mm de diámetro
Funcionamiento:	continuo

- ✓ Dos bombas de inyección de coagulante y polímeros Mc. Chem Tech

Capacidad:	100 GPD
Potencia:	1/3 hp
Energía:	110V, 60 hz, Ingreso: 25 mm de diámetro

Salida: 56 mm de diámetro

Funcionamiento: continuo

- ✓ Dos agitadores para inyección de sulfato y coagulante en el tanque de mezcla rápida y de succión Mc. Pulsafeeder

Potencia: 1 hp
Energía: 110 V, 60 hz
RPM: 1750

- ✓ Dos agitadores para preparación de solución de sulfato y coagulante Mc. Pulsafeeder

Potencia: 1/2 hp
Energía: 110 V, 60 hz
RPM: 1750

Estos equipos al no haber sido operados y por la falta de mantenimiento preventivo, se encuentran en proceso de corrosión por lo que, no podrán ser utilizados para el funcionamiento de la PTTM

- ✓ Luminarias para el alumbrado interior y exterior.

Los equipos antes mencionados y muchos otros han sido considerados para elaborar la demanda necesaria de energía eléctrica para el funcionamiento de la PTTM.

$$\text{Demanda (KVA)} = 210 \text{ KVA}$$

Para satisfacer la demanda indicada, esta se sirve del alimentador en alta tensión aérea que entra a la Planta de Tratamiento de Santo Domingo, trifásico y una torre de transformación.

La PTTM cuenta con un transformador trifásico de 100 KVA para 220/110 y otro de 400 KV para 440/220.

Los alimentadores en baja tensión se derivan a los tableros de distribución, trifásicos con conductores tipo TW en tubos metálicos EMT.

Los tableros de distribución y control es trifásico con conductores tipo TW en tubería metálica EMT instalados de forma sobrepuesta.

3.2 CIRCUITOS Y TABLEROS DE CONTROL.

Los circuitos se derivarán desde los dos tableros para control de las bombas 1 y 2 y, bombas 3 y 4 respectivamente e instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros. Desde estos tableros de control se derivan los circuitos de alimentación a los motores de 75 Hp, descritos y a los equipos de dosificación, los que se los realiza con conductores 3xN 250 mcm tipo TW para cada motor de 75 Hp, con conductores 2x N 12 TW para los motores menores a 3Hp.

Los elementos que componen el tablero son:

- ✓ Controlador de regeneración programable AQUAMATIC modelo 7000 A.
- ✓ Sistema de mando cierre / apertura de válvulas hidráulicas automáticas – STAGERS tipo 58 B.

Para el sistema de retrolavado de los filtros, se cuenta con un sistema temporizado eléctricamente y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

Para la batería de filtros No. 1, este tablero ha sido retirado, existiendo únicamente el cableado eléctrico.

El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

Detalles de las instalaciones se encuentra en el plano esquemático que se adjunta.

Los circuitos de iluminación son parte de la infraestructura eléctrica existente habiéndose empotrado en la losa y paredes tomacorrientes con conductores 2xN 12 AWG +N14 tipo TW en tubos de PVC tipo pesado de ½ pulgada de diámetro.

El alumbrado exterior cuenta con luminarias cerradas con lámparas de vapor de sodio de alta presión, de 70 w-220 instalados en postes de hormigón armado

La caída de tensión prevé que no sobrepase del 5 % desde el tablero de distribución principal hasta la última toma de salida de cada circuito.

3.3 PROTECCIONES

Para proteger los alimentadores y los circuitos se cuentan con interruptores termo magnéticos

Las protecciones para los motores están instaladas en los tableros de control y distribución de donde se deriva la alimentación al motor, formando parte de los arrancadores. Cada motor estará protegido completamente mediante la utilización de arrancadores estrella triángulo los mismos que tienen incorporadas las protecciones contra sobrecorriente, sobrecarga, pérdida de fase, etc.

Como parte de los trabajos realizados, se procedió a probar un tablero de control mediante simulación, verificándose la operación y rango de aplicación del equipo y por el tiempo que se halla parado requiere una reprogramación actual, de acuerdo a las condiciones del agua que se va a tratar, y las instrucciones técnicas pertinentes:

Por el tiempo que se hallan sin funcionar la PTTM, se requiere aplicar cada tablero (8 en total) una limpieza, revisión de cableado, programación nueva, y adicionalmente debe instalarse un sistema eléctrico que permita operar cada tablero en forma independiente.

Actualmente todos los tableros tienen control general del tablero de mando de la planta.

4. VALVULERÍA

Los flujos de los diversos procesos de filtración a presión son controlados por válvulas de diafragma que a su vez son controladas por el sistema computarizado SD 680 M programable, que cuenta con un sistema temporizado y secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros como se ha mencionado en los párrafos anteriores.

Las válvulas son:

- ✓ Una válvula mariposa tipo Waffer de 100 mm de diámetro, funciona como válvula de cierre para cada uno de los módulos de tratamiento.

- ✓ Filtro de Arena: Dos Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6” de diámetro Mc 429 para tres servicios; Dos Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6” de

diámetro Mc 429 para dos servicios. Estas válvulas son controladoras de flujo y de presiones y su apertura y cierre se las realiza mediante selenoides eléctricos. Caudal y presiones son controladas con los pilotos.

- ✓ Filtro de Carbón Activado: Tres Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6” de diámetro Mc 429 para tres servicios. Dos Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6” de diámetro Mc 429 para dos servicios
- ✓ Filtro de Resinas: Dos Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6” de diámetro Mc 429 para tres servicios, 3 AQUAMATIC de 3” para tres servicios.
- ✓ Una válvula de diafragma de 2” Mc 427 para la sal muera a ser utilizada para la regeneración de la resina

En el esquema adjunto se presenta un layout de las válvulas que nos permiten descifrar el funcionamiento de la batería de filtros y que se detalla a continuación:

Operación normal: Válvulas 1,2,3,4,5,6, trabajan completamente abiertas
Válvulas 7,8,9 cerradas
Válvulas 10,11,12 cerradas
Válvulas 13,14 cerradas para evitar el contraflujo

Lavado: Válvulas 1,2,3,4,5,6, cerradas
Válvulas 7,8,9 abiertas para permitir el agua de lavado
Válvulas 10, 11, 12 abiertas y permitir que las aguas de lavado se dispongan al desagüe mediante la tubería de desagüe de PVC de 160 mm de diámetro para los filtros de arenas y de carbón activado. El filtro de resinas desagua abriendo la válvula 12 mediante tubería de PVC de 100 mm de diámetro
Válvulas 4,5,6 se cierran para evitar el ingreso de agua de lavado al filtro de carbón activado y el de resinas
Válvulas 13, 14 cerradas para evitar el contraflujo y puedan entrar parte de las aguas de lavado hacia el filtro de carbón y resinas

Esta descripción se la puede conocer en el diagrama esquemático que se anexa a continuación en el plano 2-5.

Como parte del trabajo para verificar el estado de las válvulas, se procedió a desmontar cada uno de las válvulas hidráulicas con el objetivo de comprobar y verificar el estado interno; detectándose que hay oxidación y sedimentación en los diafragmas, además los ejes están fijos y remordidos, con residuos de agua y lodo razón por la cual se deben proceder a su limpieza y lubricación de ejes, diafragmas y en caso de ser necesario, cambiar los diafragmas en mal estado (corroídos).

Igualmente, se deben realizar el cambio de acoples y pernería que se encuentran corroídos.

Es necesario incluir en los filtros manómetros para inspección visual. Estos deben tener un rango de presiones de 0–70 PSI (0-50mca) para efectos de control de operación, en lo referente a mediciones de presión: en la entrada del agua cruda, en el proceso de filtración y a la salida para el consumo.

Los filtros no cuentan con válvulas de aire de simple acción para evitar la formación de bolsas de aire que tienden a aumentar la presión con el efecto perjudicial de asolvamiento y pérdidas de arena y carbón activado.

Como observación adicional en las mangueras plásticas de PVC tipos diámetro 3/8 y diámetro 1/4 de pulgada se observó que estas se encontraban conectadas en forma estrecha y con los accesorios de conexión en algunos casos faltantes.

Debido a informaciones de operadores se deberá cambiar o empaquetar el filtro de arena ya que debido a las presiones y lavados continuos hubo pérdida del material filtrante.

La entrada, salida y desagües de floculadores y sedimentadores se la realiza mediante el accionamiento manual de válvulas de compuerta las cuales necesitan una limpieza general y probar su estanqueidad ya que estas no han sido operadas. Todas deben ser lubricadas sus bujes y comprobar que los empaques estén bien colocados. Durante los trabajos de campo, se procedió a destrabar estas válvulas y limpiar a las mismas, sin embargo, se debe reempacar a las válvulas y ajustar los pernos.

Las tuberías de PVC al igual que las válvulas necesitan en su mayoría cambiar los acoples ya que en su mayoría la pega se ha cristalizado por acción solar y debido a que han estado expuestas, estas han perdido sus alineaciones originales.

5. CONCLUSIONES

- a.) La calidad de las aguas del río Toachi, justifican un tratamiento convencional, especialmente para las concentraciones altas de turbiedad, color y hierro razón por la cual se contemplo la construcción de una planta de tratamiento convencional.
- b.) Al parecer, no se realizaron pruebas de calidad y tratabilidad de las aguas para la implantación de la planta actualmente construida ya que, no se justifica los filtros de resinas e inclusive el de carbón activado.
- c.) No se justifica el filtro de carbón activado y el de resinas puesto que, el valor del pH conforme a las tratabilidades es de alrededor 7.20 y, el color con la pre oxidación prevista y la filtración es suficiente para remover el color cuyas concentraciones a la salida de los filtros son de concentraciones menores a 5 UC. Debe anotarse que el carbón activado tiene la propiedad absorbente, sirve para filtrado de partículas y para absorción de compuestos orgánicos con la finalidad de reducir concentraciones de color y sabor, las aguas del río Toachi no presentan sabores desagradables. El filtro de resinas se justifica para intercambio iónico para ablandar las aguas o, la remoción de calcio y magnesio y otros cationes polivalentes; en el presente caso, las concentraciones de Ca y Mg son bajas (9.6 mg/ y 3.9 mg/l respectivamente) por lo que no se justifica continuar con esta parte del proceso.
- d.) La estructura de entrada en la que funciona la mezcla rápida, no cumple con las condiciones hidráulicas para mezcla completa, homogenización y desestabilización del sulfato de aluminio y polímeros, El tanque de llegada conforme al análisis realizado en la memoria, no se ajusta a los gradientes mínimos de velocidad para una mezcla rápida debiéndose considerar una mezcla rápida mediante la formación de un resalto hidráulicos o mediante mezcladores estáticos.
- e.) El tanque floculador cuenta con un tiempo de residencia de 20 min. presentando dos zonas de floculación, la una hidrociclónica y otra mecánica, pero que al no estar definidas las áreas de acción, se estaría produciendo cortocircuitos que generan diferentes corrientes de densidad y desestabilización en la formación del flóculo, razón por la cual no se habría formado un flóculo que pueda sedimentarse en el siguiente proceso.
- f.) El tanque de sedimentación trabaja con tasas altas que se ve agravada por cuanto no existe una zona de entrada definida y debido a las velocidades altas existentes en la interconexión entre floculador y sedimentador permiten la desestabilización y rompimiento del flóculo razón por la cual, se habrían colocado micro tamices para retención de flóculos a la salida del tanque.

- g.) Los filtros trabajan con tasas por encima a las recomendadas por la literatura y fabricantes de este tipo de filtros a presión razón por la cual, durante la operación experimental sus carreras llegaron en ciertos momentos a ser de alrededor de 30 minutos. Las tasas y carreras de filtración adoptadas se asemejan a las utilizadas en los sistemas de recirculación de piscinas. Adicionalmente, las carreras bajas se deben presumiblemente a que tanto tanques floculadores como sedimentadores no estaban produciendo y reteniendo respectivamente flóculos conforme al diagnóstico realizado.
- h.) El sistema de distribución y recolección del agua filtrada, no cumplen con su función y de que puedan trabajar como manifold ya que han permitido que durante operación normal y retrolavado pase material filtrante a través de los mismos
- i.) Las obras civiles, en lo referente a las estructuras de hormigón al estar abandonadas, éstas se encuentran en deterioro y en sus alrededores se puede apreciar el crecimiento de vegetación, en el caso del tanque de entrada, el azulejo se encuentra en proceso de deterioro.
- j.) Las superficies de las estructuras metálicas están perdiendo su capa de pintura, haciéndose necesario protegerlo de la corrosión mediante la aplicación de una nueva capa de imprimante epóxico.
- k.) Los equipos de dosificación de químicos no contemplan unidades adicionales de tanques de preparación de solución, para evitar cortocircuitos en la alimentación de coagulante y polímeros. Los puntos de inyección no son los más óptimos
- l.) De los agitadores mecánicos únicamente se tiene un brazo, no existen las paletas pudiéndose decir que si se opta por la agitación mecánica, se tendrá que dimensionar y construir nuevos sistemas de agitación
- m.) Los motores de los tanques de floculación al estar a la intemperie, prácticamente están en proceso de destrucción.
- n.) No existe procesos de pre y post cloración, existiendo únicamente un eyector en mal estado y las mesas para colocar los cilindros de cloro.
- o.) Los tableros de control necesitan de mantenimiento y en lo referente al control automático deben ser preprogramados. Se hace necesario un cambio de terminales, botones e interruptores. Se hace notar que para la batería de filtros No.1, su tablero de control automático ha sido retirado.
- p.) Los motores eléctricos necesitan un mantenimiento general, se debe verificar antes de que entre en funcionamiento: el aislamiento de bobinado alimentación eléctrica, rodamientos, giro y limpieza total
- q.) Bombas y válvulas necesitan ser limpiadas para lo cual se deben cambiar empaques, sellos y lubricadas.
- r.) Uniones y acoples de tuberías de desagüe y de impulsión necesitan ser probadas y proceder a realizar los ajustes necesarios y reemplazar tramos cortos en PVC y Acero y válvulas de compuerta conforme a lo descrito en el diagnóstico.

6. RECOMENDACIONES

- a.) En base a la caracterización de las aguas y tratando de aprovechar las estructuras existentes, se hace necesario mantener un proceso de tratamiento convencional cuyos procesos contemplen; mezcla rápida, mezcla lenta, sedimentación, filtración y desinfección

- b.) Debido al alto costo de energía eléctrica por utilización de las bombas y equipos electromecánicos, se recomienda que los rediseños definitivos minimicen la utilización de equipos electromecánicos y permitir que los procesos se realicen a gravedad.
- c.) La inyección de coagulante y polímero debe realizarse con gradientes $> 500 \text{ s}^{-1}$, debiéndose rediseñar el tanque o tipo de mezcla
- d.) La dosificación de químicos debe prever tanques de solución adicionales para evitar cortocircuitos en la alimentación de sulfato y polímeros
- e.) La floculación puede utilizar el tanque existente ya que permite el tiempo de residencia. Esta puede permitir una mezcla lenta hidráulica ya sea de flujo horizontal o vertical y cuyos gradientes de velocidad deben ser de alrededor 50 s^{-1}
- f.) La sedimentación para mejorar su rendimiento, debe aumentar las tasas de trabajo, lo cual puede conseguirse mediante un sedimentador de flujo ascendente con placas o seditubos y, de esta manera obtener una tasa acelerada.
- g.) Como se mencionó en las conclusiones, no se justifican los filtros de carbón activado y resinas, razón por lo cual consideramos que estos deben eliminarse y permitir que el filtro de arena trabaje con tasas menores a los $280 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$, con lo cual se conseguiría tratar 100 l/s . Si se desea mantener la operación de la planta en los 300 l/s , es necesario diseñar y posteriormente construir baterías de filtro adicionales que deberían trabajar a gravedad por razones de operación y mantenimiento. Estos filtros deberán ser filtros rápidos de lechos mixtos (antracita + arena) y en lo posible de lavado mutuo y cuyas tasas de trabajo no sean mayores a los $260 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$.
- h.) Se debe prever un área cerrada para preparación de químicos (sulfato de aluminio, polímeros) y evitar que estos se realicen a la intemperie. Igualmente se justifica la cloración a gas por lo que su dimensionamiento deberá considerar la accesibilidad para transporte y descarga de los cilindros de 1 Ton y de las mediadas de protección industrial típicas para el manipuleo del Cloro gas.
- i.) Es conveniente que no se descuide del mantenimiento general de la planta y que a los equipos eléctricos y mecánicos se les de la protección debida para evitar su deterioro.
- j.) Se debe proceder de manera inmediata a la limpieza y reposición de partes dañadas de los equipos electromecánicos como son: empaques, baleros, pernos, uniones, varillas, sellos de aceite, etc.

CAPÍTULO II

ALTERNATIVAS Y FACTIBILIDAD

1. INTRODUCCIÓN

El Gobierno Municipal de Santo Domingo de los Colorados, dentro de su programa de desarrollo y suministro de agua potable para la ciudad, se encuentra empeñada en hacer funcionar la Planta Paquete del Proyecto Toachi Miravalle (PTTM).

Para el presente caso a la Planta de agua potable Toachi Miravalle se la denominara en el transcurso de la presente memoria con las siglas PTTM.

La PTTM, deberá garantizar la potabilización de las aguas mediante el cumplimiento de las normas INEN 1 104. Los requerimientos generales, funcionales y específicos son el aprovechamiento al máximo de la infraestructura existente y que su operación y mantenimiento, reflejen la realidad socioeconómica del Municipio y de sus usuarios.

2. FACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA

Antes de proceder con los rediseños definitivos de la PTTM, es necesario realizar el estudio de factibilidad técnica y económica, para lo cual se presenta a continuación alternativas de tratamiento las cuales se ajustan a los requerimientos básicos, funcionales y específicos enunciados y su dimensionamiento se ha realizado sobre bases generales de diseño hidráulico, sanitario y de la evaluación realizada en la etapa de diagnóstico.

Las alternativas a ser consideradas, tratan en lo posible de utilizar la infraestructura existente tanto de obras civiles como electromecánicas con el propósito fundamental de minimizar inversiones durante la puesta en marcha de la PTTM. Las alternativas a se analizadas consideran:

Alternativa 1. Planta paquete con modificaciones en la estructura de mezcla rápida y repartición de caudales, floculación hidráulica de flujo horizontal, sedimentación de alta tasa, filtración a presión y además de filtros rápidos de tasa declinante y lavado mutuo

Alternativa 2. Planta que trabaje a gravedad con mezclador estático y los procesos de filtración similares a la alternativa uno.

Alternativa 3. Planta que trabaje conforme al diseño original con las modificaciones previstas en los tanques de floculación y sedimentación y manteniendo la batería de filtros a presión de arenas y carbón activado.

2.1 ESTUDIOS BÁSICOS

Previo a los dimensionamientos de las alternativas enunciadas, se procedió a revisar y evaluar los equipos e instalaciones descritos en la memoria de diagnóstico.

La caracterización de la calidad del agua, elemento indispensable para determinar los procesos unitarios de tratamiento, se la realizo en base a los análisis y datos disponibles que proporcionan información sobre la calidad y caracterización de las aguas, así como a las pruebas de calidad y tratabilidad (pruebas de jarras) realizadas durante la ejecución del proyecto.

2.1.1 MECÁNICA DE SUELOS

Con el objetivo de obtener una adecuada identificación del comportamiento de los suelos en el área de la planta de tratamiento, se procedió ha realizar un sondeo a fin de obtener muestras que luego de los análisis correspondientes permitan definir sus principales características.

3. BASES DE DISEÑO

3.1 CAUDALES DE DISEÑO

De la información suministrada por la Municipalidad y de la capacidad de las bombas centrífugas instaladas, las cuales cuentan con una potencia de 600 hp, son capaces de deliberar 300 l/s para poder vencer los 104m de altura existente entre la captación (río Toachi) y la Planta de Tratamiento existente., valor que sirvió de base para considerar como caudal para el rediseño de la PTTM.

3.2 CALIDAD DEL AGUA

Previo al dimensionamiento de las alternativas y para el rediseño, se hizo necesario conocer la calidad del agua a ser tratada y, de esta manera poder determinar el grado y tipo de tratamiento (procesos unitarios de tratamiento), con el objetivo específico de que el agua después de que hayan pasado por los diversos procesos sean aptas para consumo humano conforme a las normas de calidad que para el efecto tiene el INEN

Para determinar los procesos de tratamiento no solamente se hace necesario conocer la calidad de las aguas aportantes al proyecto sino también su ocurrencia y de acuerdo a la misma identificar los posibles procesos que necesitarían sobre la base de tratamientos existentes y probados, para luego proceder a desarrollar la tratabilidad, la cual proporcionará los mecanismos hidráulicos / sanitarios de los procesos a cuantificarse así como tiempos de residencia y gradientes de velocidad, especialmente en lo que se refiere a la mezcla rápida y mezcla lenta, procesos básicos y necesarios en el redimensionamiento de la PTTM.

3.2.1 TRATABILIDAD DE LAS AGUAS

La tratabilidad de las aguas realizadas durante el desarrollo de estos estudios, se hizo imprescindible para tener un conocimiento de las características y evolución de las aguas a tratarse así como, para definir la línea de tratamiento mas adecuada a seguir y poder obtener un producto que cumpla con las normas existentes de calidad de agua apta para consumo humano.

A continuación se detallan el mecanismo seguido de la tratabilidad de las aguas así como, los resultados obtenidos en las denominadas pruebas de jarras.

Se procedió a la toma de muestras simples en bidones de 20 l., convenientemente cerrados, para su posterior conducción al laboratorio en donde se procedió a la mezcla respectiva para simulación de calidad de agua a tratarse. El tiempo entre recolección de las muestras y dilución de las mismas no fue mayor a las 12 horas.

3.2.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS AGUAS

En base al monitoreo de la calidad física química de las aguas realizada por la EMAPA-SD al río Toachi en la captación existente y considerado los resultados de los análisis realizados por la Empresa se llevaron a efecto los respectivos ajustes estadísticos de los mismos para los siguientes parámetros que en sí, caracterizan la calidad de las aguas a tratarse y fueron:

- ✓ Color
- ✓ Turbiedad
- ✓ Hierro Total

Las relaciones de correlación y rectas de ajuste que se obtuvieron para los diversos parámetros enunciados para obtener una mezcla representativa fueron:

Río	Parámetro	Probabilidad
		20% 80%

Toachi	Color(UC)	5.0	25.0
	Turbiedad(UT)	7.0	45.0
	Hierro Total	0.30	0.45

Como se puede deducir, únicamente las altas concentraciones de color, turbiedad y de hierro hacen que sea necesario que las aguas deban ser tratadas para que cumplan con las normas de calidad de aguas aptas para consumo humano, ya que los otros parámetros prácticamente no ofrecen ningún grado de dificultad.

Los valores extremos de los contenidos de sólidos totales, de la muestra obtenida el día 21 de mayo del 2003 se debe a que fue tomada directamente en el río pudiéndose apreciar con la muestra tomada el día 28 de junio en la cual se puede apreciar la eficiencia del sedimentador, la concentración de turbiedad es 7 NTU.

En lo que respecta al hierro este elemento al tener una variabilidad de 0.30 a 0.45 mg/l no representa mayor problema, ya que no se encuentra asociado con manganeso, y la forma en que se presenta es como Fe^{+3} fácilmente oxidable mediante una preoxidación y filtración

3.2.3 METODOLOGÍA SEGUIDA

Sobre la base de los resultados de calidad de las aguas muestreadas por EMAPA-SD y durante estos estudios y, con los porcentajes señalados anteriormente, se justifica una buena representatividad de la calidad del agua que llegará a la PTTM, se procedió a realizar una matriz de planificación para optimización de recursos.

Esta planificación experimental se la hizo para lograr una optimización de recursos y evitar ensayos repetitivos tomando como base la capacidad de los tanques de floculación y sedimentación existentes y puedan ser utilizados dentro de los rediseños.

Para este tipo de caracterización de aguas y en base de la planta convencional como es la construida con procesos (mezcla rápida + mezcla lenta + sedimentación + filtración), se procedió a determinar:

- ✓ Dosis óptima coagulante
- ✓ Gradientes vs. tiempo floc
- ✓ Dosis óptima más polímero
- ✓ Pruebas de sedimentación

Los ensayos se realizaron con productos comerciales de la zona y utilizados en las diversas plantas de tratamiento de la ciudad y entre los más importantes se tienen:

- ✓ Sulfato de aluminio sólido comercial tipo B (16% Alúmina), concentración 1%.
- ✓ Polímeros catiónico.

La metodología empleada consistió en:

Coagulación:	Mezcla rápida 100 rpm Tiempo de mezcla 1 minuto
Floculación:	Mezcla lenta 30 rpm y 20 rpm Tiempo de mezcla 15 minutos
Sedimentación:	Tiempos de sedimentación 60, 90, 120, 180, 240, 300, 480, 600 s.

La dosis óptima de coagulante se hizo para cada serie de muestras tomadas para lo cual, se hizo variar en cada jarra las concentraciones de coagulante ($Al_2(SO_4)_3$)

Durante las pruebas no se hizo necesario variar el pH ya que se pudo observar una buena formación de floculo y por cuanto el pH del agua cruda se encuentra dentro de las curvas de pH óptimo de las curvas tampón de Armitarjah¹⁶.

Se consideraron dos gradientes de velocidad para mezcla lenta y en estos se determinó el tiempo de formación de floculos para diversos intervalos de tiempo.

Para el seguimiento de la calidad del agua se tomaron muestras para su posterior análisis a diversos tiempos y de esta manera ver el tiempo de formación de floculo y de la tratabilidad para concentraciones de ph, color y turbiedad, haciendo variar los gradientes de velocidad en función del tiempo:

t = 0
t = 60 seg.
t = 90 seg.
t = 120 seg.
t = 180 seg.
t = 240 seg.
t = 300 seg.
t = 480 seg.
t = 600 seg.

Se utilizó polímero como ayudante de coagulación debido a que las aguas a tratarse tienen colores altos para lo cual, se hizo variar las dosis de polímero en base a las mejores concentraciones de coagulantes obtenidas en las pruebas de dosis óptima.

Para llevar a cabo la tratabilidad indicada y simular las condiciones, de mezclas de coagulación, floculación, sedimentación así como dosis de químicos, se empleó el modelo de "Pruebas de Jarras", cuyos datos fueron procesados e interpretados de una manera conservadora para que estos sirvan como bases de los rediseños de la planta ya que las condiciones de simulación que se dan en las pruebas son ideales y sin cortocircuitos.

El equipo mecánico en que se simuló las pruebas es el típico y normalizado para poder realizar estas pruebas que permiten simular las condiciones operacionales de una planta existente y en el caso particular determinó las condiciones de tratabilidad para la PTTM. Estas constan de un motor al cual están incorporadas seis paletas de eje vertical además se dispone de jarras con capacidad de 2.0 litros colocadas sobre la plataforma. Los agitadores pueden proporcionar un rango de velocidades angulares de 0 a 300 RPM.

La inyección de químicos se lo hizo mediante jeringuillas graduadas y en forma simultánea para todas las jarras. Con esto se lograba que las condiciones de dosificación sean semejantes para todas ellas y se asemejen a las condiciones que eventualmente se tendrá en el prototipo.

La determinación del color se hizo, en la mayoría de las pruebas, por comparación colorimétrica mediante la utilización de un Aqua Tester, y en las pruebas donde se requirió mayor precisión se utilizó un espectrofotómetro Hach DR 2000.

Para la determinación de la turbiedad se utilizó un nefelómetro Hach.

La medición de pH se hizo con medidor de pH de electrodos.

Los análisis de calidad de las aguas se hicieron siguiendo la metodología dada en los "Métodos Estándares de Calidad de Agua" de la AWWA, bajo la supervisión de los consultores. Los parámetros medidos fueron:

- ✓ Color, en unidades PtCo
- ✓ Turbiedad, en unidades NTU
- ✓ Temperatura, grados Centígrados

¹⁶ Snoyensky, Water Quemistry. Wiley&sons, 1982

- ✓ pH
- ✓ Alcalinidad, en mg/l como CaCO₃
- ✓ Hierro, en mg/l

Estos parámetros fueron medidos para agua cruda, agua sedimentada y agua filtrada.

3.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general las características obtenidas fueron:

Parámetro	Serie 1	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5
pH	7.72	-	8.2	7.9	7.07
Color aparente (PtCo)	35	40	80	60	30
Color verdadero (PtCo)	25	35	60	45	-
Turbiedad (NTU)	25.2	63.2	114	96	7.8
Alc. total (mg/l CaCO ₃)	90	84	78	76	85
Dureza (mg/l CaCO ₃)	78	-	-	-	94
Fe (mg/l)	-	-	-	0.44	0.45

De las tratabilidades realizadas por la Escuela Politécnica Nacional para EMAPA-SD y durante el presente trabajo, se puede deducir que se trabajó con colores de 30 UC a 80 UC y turbiedades de 7.8 UNT a 60 UNT, proporciona un espectro de probabilidades de la calidad de las aguas de río Toachi que llegará a la PTTM.

De la interpretación de los resultados se puede deducir que:

- ✓ Las aguas a tratarse tienen concentraciones altas en lo que se refiere al color, turbiedad y Fe en forma férrica y sin ocurrencia de manganeso, los demás parámetros como son: pH, alcalinidad, etc está dentro de los límites de aguas aptas para consumo, por lo que el redimensionamiento de la PTTM se tiene que realizar básicamente para remoción de color, Fe y turbiedad.
- ✓ De acuerdo a las tratabilidades cuyos informes se anexan, se establece que el esquema de tratamiento tiene que ser convencional, siendo sus procesos:
 - a.) Mezcla rápida en la cual se inyectará el coagulante
 - b.) Mezcla lenta o floculación
 - c.) Sedimentación
 - d.) Filtración
 - e.) Desinfección
- ✓ Las dosis óptimas de coagulante guarda una relación directa y aritmética entre dosis de coagulante y concentraciones de color llegándose a determinar que la dosis de coagulante en mg/l deberá ser entre 1.5 a 2 veces la concentración de color con la que llega el agua a la PTTM.
- ✓ Para tener una remoción efectiva se hace necesario el uso de coadyuvantes de coagulación como son polímeros y de los cuales se recomienda utilizar uno débilmente catiónico con concentraciones de 0.15 mg/l. La inyección de este se tiene que hacer posterior a la dosificación del coagulante.

Entre los condicionamientos hidráulicos - sanitarios para los diversos procesos de tratamiento obtenidos en las tratabilidades y que servirán como parámetros de diseño de los mismos, se tienen:

Mezcla rápida: se justifica una coagulación instantánea con gradientes de sobre los 500 s^{-1} que puede darse mediante la formación de un resalto hidráulico o mezcladores estáticos para inserción. Esta unidad deberá servir adicionalmente como unidad de macromedición de caudales.

El coagulante a ser utilizado puede darse en forma de sulfato de aluminio en forma granulada o líquida. Para mejor formación del floculo se debe añadir ayudante de coagulación como es el uso de polímeros débilmente catiónico.

Mezcla lenta: Los tiempos óptimos de mezcla lenta, se han ajustado al tanque de floculación existente, esto es de 17 min.

Los gradientes de velocidad estarían en el orden de 50 s^{-1} para el tiempo de retención indicado

Sedimentación: El tiempo de sedimentación óptimo está entre 5 y 10 min., por lo que se recomienda adoptar tasas de trabajo de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. El tanque metálico existente en función de su área superficial, eventualmente podría proporcionar una tasa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. Se debe considerar una sedimentación de alta rata como es la de placas o seditubos para poder llegar a la mencionada tasa de trabajo

Filtración: Para que los filtros trabajen se recomienda una tasa de trabajo no mayor a $280 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. Si se los hace trabajar a gravedad. Si se considera los filtros a presión estos pueden trabajar a tasas mas altas y eventualmente se pueden ajustar con los filtros existentes.

A gravedad, no se justifica los filtros de carbón activado y el de resina, por lo que en las alternativas a gravedad que se formulan, se aplicarán estas bases conceptuales. En la alternativa de filtros a presión, no se justifica el Filtro de resinas

Con estas premisas y partiendo de los parámetros definidos en los numerales anteriores, se procederá a formular las alternativas que se pueden aplicar para la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, utilizando parte de la infraestructura instalada, también como condición de diseño.

4. DIMENSIONAMIENTO

4.1 ALTERNATIVA 1

4.1.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA

Las estructuras de entrada tienen la nueva concepción para que entreguen el caudal requerido desde el bombeo (obras de toma) hasta el tanque de floculación y de esta manera evitar el primer bombeo. Esta configuración como se puede concluir, elimina el tanque de entrada existente. Es posible hacer esto ya que de acuerdo al análisis hidráulico de la línea de conducción se llega hasta este punto con una presión remanente de 10 metros de columna de agua, presión suficiente para implementar estas obras.

La adición de coagulante y polímero se lo realizaría en línea a través de mezcladores estáticos

La repartición de flujos a los dos módulos de sedimentación se controla con válvulas de mariposa y sus entradas serán simétricas. En esta estructura se insertarían mezcladores estáticos y, los instrumentos necesarios para medir, registrar y totalizar los caudales de agua cruda.

El control de caudales y su exceso se lo hará con una derivación de tubería de 250 mm de diámetro en PVC provisto de su respectiva válvula y las aguas se verterán al sistema general de desagüe de la Planta de Tratamiento.

4.1.1.1 Cálculo de la estructura

El agua que entra a la PTTM lo hace mediante una tubería a presión por lo que se construirá un tanque de acero con orificios en el fondo para disipar la energía remanente. La carga estará controlada por los tabiques colocados en los floculadores y su zona de salida por lo que, no existirán interferencias en la continuidad del flujo.

$$Q = 2/3 \cdot \sqrt{(2g)\mu \cdot b \cdot h^{3/2}}$$

en donde:

$$Q = 0.15 \text{ m}^3/\text{s} \text{ para cada unidad}$$

$$b = 1.0 \text{ m.}$$

$$Q = 1.82 \cdot b \cdot h^{3/2}$$

$$h = 0.0236 \text{ m.}$$

Conexión a módulos

Se realiza con la tubería existente de 300 mm de diámetro para cada módulo que entregará las aguas al tanque de disipación, mediante descarga directa. El vertedero permitirá una descarga parcialmente sumergida y en su sección de paso se colocarán las válvulas de compuertas existentes

Esta configuración permite flexibilizar el manejo de flujos y la facilidad de accionar libremente éstos para determinadas circunstancias tales como limpieza, mantenimiento y otras actividades que se determine y necesiten durante la operación.

Mezclador estático

Este consiste en colocar en la tubería principal placas que permitan la contracción de la vena líquida y produzca la mezcla. Esta inserción de placas generará pérdidas de carga por el orden de 1 mca, Este tipo de mezcladores proporcionan gradientes superiores a los 1000 s⁻¹ con lo que se estaría garantizando el choque y desestabilización de partículas entre el agua cruda y el sulfato de aluminio.

El punto de aplicación sería aguas arriba de la primera placa.

Transición y entrada al tanque de floculación

Se construirá una estructura en acero la que se soldará al tanque existente para permitir que las aguas disipen la energía y puedan entrar a la primera zona de floculación. Este sistema conseguirá una mejor repartición del flujo.

4.1.2 DISEÑO DE FLOCULADOR

Se adopta un floculador con funcionamiento hidráulico, de flujo horizontal y variación de gradientes de 50 s⁻¹ y tiempo de residencia de 17 min.

Tanto la forma como la ubicación se ha determinado considerando la forma circular del existente.

Los floculadores tendrán como función dar el movimiento adecuado en el tiempo indicado a la masa de agua que pasa por este de tal manera que se aglutinen los microflóculos y formen grumos del tamaño necesario para sedimentarlos en la siguiente unidad, los mismos que llevará adheridas las moléculas de ácido fúlvico y demás partículas causantes de la coloración y turbiedad del agua cruda.

Las características que tendrá el floculador son:

Tiempo residencia	17 min
Velocidad	0.10 m/s
Longitud	102 m
Área	1.50 m ²
Espaciamientos	0.50 m
Espaciamientos para giros	0.70 m
Pérdidas por fricción	0.30
Pérdidas localizadas	0.05
Potencia disipada g-cm/cm/s	0.037
Gradiente	60

4.1.3 TRANSICIONES

La entrada se la realiza mediante un canal que conduce el agua hacia el sedimentador, debe cumplir la condición que en la misma se tenga una velocidad de 0.10 m/s.

Aplicando Bernoulli entre la salida del floculador y entrada al sedimentador, se calcula la pérdida de carga para una velocidad de 0.10 m/s

$$H = v^2/2g$$

$$H = 0.06$$

$$\text{Pérdidas por entrada y salida} = 3 v^2/2g = 0.005$$

Se adopta una pérdida de carga de 0.07

$$\text{Ducto } Q = V \times A \quad 0.10 = 0.150 / A$$

$$A = 1.5 \text{ m}^2, \text{ constructivamente se adopta un cajón de } 1,25 \times 1.25 \text{ m}$$

4.1.4 SEDIMENTACIÓN

La sedimentación, servirá para retener los flóculos formados en los procesos anteriores y de esta manera remover del agua los coloides que dan el color y la turbiedad, los mismos que estarán fluidos en los flóculos indicados.

De acuerdo a los resultados observados en la tratabilidad, en la sedimentación deberá quedarse sobre el 90% de las partículas objetables. La dosis de sulfato de aluminio líquido o granulado esta en relación directa con la lectura de la concentración de color (UC Pt-Co) y cuyos valores a su vez son ordinariamente altos.

La generación de lodo en este caso, ha impedido utilizar la filtración directa.

Se utiliza la sedimentación laminar con seditubos a fin de disponer de estos elementos como los mas económicos para la consecución de este objetivo y a la vez conseguir la mejor relación e/d, razón por la cual se diseñará esta estructura para módulos de seditubos de PVC de 3.65 x 0.53 x 0.78 m que tendrán que disponerse radialmente en dos hileras

Igualmente se ha establecido aplicar una tasa de 200 m³/m²xd debido al área superficial existente. La tasa de trabajo garantizará una remoción mayor al 85%

La repartición del caudal se lo realiza por el fondo mediante orificios de 0.35 m de alto a todo lo largo de la estructura de llegada. Para la evacuación de lodos se tiene previsto instalar orificios de succión con funcionamiento hidráulico tipo manifold de tal manera que la succión sea lo más uniformemente repartida en su longitud.

La recolección de agua tratada se lo hará mediante tubos abiertos en su clave con lo que se logra una mejor distribución, la recolección en el área superficial se verá disminuida debido a la influencia de corrientes secundarias (internas) u ocasionadas por vientos, diferencias térmicas, espacios muertos, etc., con lo que se está garantizando uniformidad de flujo en el paso por las placas de sedimentación laminar.

Sistema de recolección de agua sedimentada:

8 hileras radiales de 4 m.

$Q / \text{hilera} = 0.150 / 8 = 0.01875 \text{ m}^3/\text{s}$
Se adopta tubos de 10" de diámetro

$H_c = 0.11 \text{ m}$
 $H_o = 0.175 \text{ m}$

Considerando un 20% de excesos:
 $H_c = 0.121 \text{ m}$
 $H_o = 0.191 \text{ m}$

Orificios de recolección

Se asume una carga de 0.05 m
Área total de orificios = 0.02524 m²

Se adopta que la corona de la tubería este abierta y pueda trabajar como vertederos laterales.

Pantallas prefabricadas: tipo seditubos con la finalidad de efectuar una construcción más rápida ya que estas pueden construirse fuera y en serie y únicamente colocarse en la estructura.

Configuración del fondo: dadas las condiciones existentes se ha visto como solución alternativa viable la conformación de un fondo tronco cónico del mismo material.

Para que las dimensiones del sedimentador sean válidas es necesario que se tenga un flujo laminar en las placas por lo que se deberá obtener Reynolds menores a 500.

Calculándose con la fórmula de David y White:

$NR = 2 * V_o * e / \mu$
 $V_o = 200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$
 $e = 5 \text{ cm.}$
 $\mu = 0.0124 \text{ cm}^2/\text{s} (12^\circ\text{C})$
Relación $L/e = 1.22/0.05 = 24.40$
El flujo laminar se desarrolla a una distancia X_L desde la entrada a las placas.
 $X_L = 0.013 NR \cdot e = 0.013 * 160 = 20 \text{ cm.}$
Por lo tanto se tendrá una carga superficial equivalente:
 $V_{sc} = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$

Las eficiencias estimadas serán:

$E = 1 - (V_{sc}/V_o) = 1 - (15/200) = 92 \%$

La eficiencia puede ser mayor ya que se ha verificado que la sedimentación laminar sobrepasa la eficiencia a los valores obtenidos en laboratorio (pruebas de jarras) por cuanto se tuvo un tiempo de 10 min. de sedimentación que para el prototipo se tendrá una relación:

$$T = L/V = 1.22/150/86400 = 11.7 \text{ min.}$$

4.1.4.1 Evacuación de lodos

La sedimentación generará una considerable cantidad de lodo, los mismos que se acumularán en la tolva de evacuación, variando su volumen en relación con la dosis de sulfato de aluminio y por consiguiente del grado de turbiedad, comprobándose durante el prototipo de tratabilidad que este valor oscilará entre 2 y 6 mg/l esperándose un valor medio de 4 mg/l.

$$\text{Caudal / hilera} = 0.15/8 = 0.01875 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Generación de lodos} = 4 \text{ mg/l}$$

$$\text{Volumen por hilera} = 0.01875 \times 4 \times 86.400 = 108 \text{ kg/día}$$

Este volumen será recogido en las tolvas, los lodos de color no son compactados y su permanencia podría dar origen a la formación de adherencias y bancos de lodos, por lo que se recomienda hacer purgas como medida de operación (1 a 2 purgas por día), ya que en las líneas de corriente se pueden sumar flujos de agua y por tanto se tendría que evacuar un mayor volumen.

4.1.4.2 Manifold de descarga con 200 mm.

Se consideró mantener la tubería de PVC de 200 mm de diámetro mediante el accionamiento de una válvula mariposa de $\varnothing = 200 \text{ mm}$. (8").

4.1.5 FILTROS

En el capítulo de diagnóstico se concluyó que el filtro a presión existente no debe trabajar a más de 240 $\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$, con lo que podrán tratar máximo 96 l/s esto es de que en la batería de 8 filtros de arena, cada uno de éstos tiene capacidad para tratar 12 l/s. El resto del caudal se propone tratarlo y filtrarlo mediante unidades de tasa declinante de lavado mutuo.

$$\text{Caudal total de ingreso} = 300 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal filtrado por cada unidad existente } 8 \times 12 = 96 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal a filtrarse en unidades a dimensionarse} = 204 \text{ l/s}$$

4.1.5.1 Filtros de lavado mutuo

Los filtros serán descendentes de alta tasa declinante escalonado con un manto filtrante mixto de antracita y arena con tasas promedios de 260 $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$

El dimensionamiento considerará un caudal máximo de 150 l/s por módulo, en caso de que sea necesario el mantenimiento de los filtros a presión

$$\text{Rata promedio de filtración: } 260 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$$

$$\text{Área neta de filtración:}$$

$$Q = 0.150 \times 86400/4 = 3240 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dimensionamiento:

$$A = 3240/260 = 13 \text{ m}^2$$

El largo total disponible de acuerdo con la disposición topográfica es de 22 m.

Usando: Paredes de 0.30 m.
canaletas de 0.50 m.
paredes de canaleta de 0.15 m.
queda un ancho disponible de:
 $22 - (4 \times 0.30 - 4 \times 0.50 - 4 \times 2 \times 0.15) = 17.60 \text{ m}$
Ancho útil de cada filtro = $17.60 / 4 = 4.40 \text{ m}$.
Puesto que el canal es central, a cada lado se tiene:
separación entre pared y canal = $4.40 / 2 = 2.20 \text{ m}$.
longitud del filtro = $17.60 / 4.40 = 4 \text{ m}$.
rata promedio real de filtración = $261.54 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \times \text{d}$

Tipo de lecho: Mixto constituido por antracita y arena con una relación:
d 90 (antracita / d10 (arena) ≈ 3
E (5) ≈ 1.0 a 1.2 E (c)
Velocidades de fluidificación $V_{mf} \approx 1.0$ a 1.2

Características del medio filtrante:

	ARENA	ANTRACITA
Gravedad específica	2.60-2.65	1.40-1.65
Tamaño efectivo mm	0.45-0.60	0.80-1.40
Coefficiente de uniformidad	1.4-1.7	1.20-1.7

Para el cálculo se adopta una arena con TE = 0.5 mm y C.U = 1.6
La expansión relativa del lecho filtrante es:

$$E = l_e / l_o - 1 = p_e - p_o / (1 - p_e)$$

Para el tamaño efectivo de la arena, con una velocidad de lavado de 70 cm/min

Arena, $d_i = 0.05 \text{ cm}$, $S_s = 2.65$, $p_o = 0.41$
 $G_a = 981(2.65-1) \times 0.05^3 / 0.0124^2 = 1316$
 $Re = 0.5321 \times 1316^{0.5554} = 28.7$
 $V_s = 0.0124 \times 28.7 / 0.05 = 7.13$
 $1/n = 0.1254 \times 28.7^{0.1947} = 0.241$
 $p_e = (70 / (60 \times 7.13))^{0.241} = 0.646$
 $E_s = (0.646 - 0.41) / (1 - 0.646) = 0.668$

Para el tamaño efectivo de la antracita:

Antracita; $d_i = 0.1 \text{ cm}$, $S_s = 1.55$, $p_o = 0.48$
 $G_a = 981(1.55-1) \times 0.1^3 / 0.0124^2 = 3509$
 $Re = 0.2723 \times 3509^{0.6133} = 40.7$
 $V_s = 0.0124 \times 40.7 / 0.1 = 5.04$
 $1/n = 0.1813 \times 40.7^{0.1015} = 0.264$
 $p_e = (70 / (60 \times 5.04))^{0.264} = 0.679$
 $E_c = (0.679 - 0.48) / (1 - 0.679) = 0.622$
 $E_s / E_c = 0.668 / 0.622 = 1.07$ satisface la condición de Richter

De las curvas granulométricas: d_{90} antracita = 2.0 mm
 $d_{90c} / d_{10s} = 2.0 / 0.5 = 4$ este valor cumple con las recomendaciones de J. Arboleda (CEPIS 13)

Espesor medio

$$\begin{aligned} \text{Espesor de la capa de arena, } l_s &= 0.30\text{m.} \\ \text{Espesor de capa de antracita, } l_c &= 0.45\text{m.} \\ d_e &= (1.0 \cdot 0.45 + 0.50 \cdot 0.3) / (0.45 + 0.30) = 0.80 \text{ mm} \end{aligned}$$

La expansión calculada para el d60s, resulta: $E_s = 0.314$ y, para la Antracita: $E_c = 0.294$

Falso fondo

Se consideran viguetas en **V** prefabricadas de hormigón armado, con tubos de PVC E/C de 20 mm de diámetro exterior y 17 mm de diámetro interior. Puesto que el ancho a cada lado del canal central es 2.00 m., se pondrán 10 tubos a cada lado de la vigueta separados a 20 cm de centro a centro.

$$\begin{aligned} \text{Número de nepllos por vigueta: } 10 \cdot 2 &= 20 \\ \text{Número de viguetas por filtro: } 2 \cdot 2 &= 20 \\ \text{Número de nepllos por filtro: } 20 \cdot 20 &= 400 \\ \text{Caudal de lavado: } 0.70 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 17.60 \text{ m}^2 / (60. \text{ s}/\text{min}) &= 0.205 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Caudal por neplo: } 0.205 / 400 &= 5.13\text{E-}4 \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Área transversal de cada neplo: } A &= \pi \cdot 0.017^2 / 4 = 2.27\text{E-}4 \text{ m}^2 \\ \text{La pérdida de carga viene dada por la relación: } h &= Q^2 / (2 \cdot C^2 \cdot A^2 \cdot g), \text{ en donde } C = 0.65 \end{aligned}$$

Manifold de repartición de agua de lavado y recolección de agua filtrada

El agua de lavado proveniente del tanque común de agua filtrada se reparte al plenun bajo del falso fondo de viguetas en **V** por medio de un canal cerrado con orificios laterales ubicado bajo el canal de agua de lavado, el cual funciona como un manifold.
Las dimensiones del manifold serán de 0.50 m. de ancho para coincidir con el del canal central de lavado y 1.00 m. de alto.

- Área transversal del manifold: $A = 0.50 \text{ m}^2$
- Para una equirepartición de caudales, según Miller, la suma de las áreas de los orificios laterales debe ser, en lo posible, menor a 0.5 A.
- Usando orificios conformados por tubos PVC, 0.80 MPa de 200 mm de diámetro exterior y 187.8 mm de diámetro interior, el área de cada lateral es:

$$A_L = \pi \cdot 0.1878^2 / 4 = 0.0277 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Con 10 orificios por lado:} \\ \Sigma A_L = 2 \cdot 10 \cdot 0.0277 &= 0.554 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Este valor cumple con la relación recomendada.

Puesto que las pérdidas por fricción son normalmente insignificantes comparadas con las pérdidas localizadas, la pérdida de carga total entre los ptos 1 y 2 se reduce a:

Perdida de carga durante el lavado

$$V = 70 \text{ cm}/\text{min} = 11.67 \text{ mm}/\text{s}$$

Durante el lavado la arena y la antracita están fluidizadas y las pérdidas de carga se calculan con la ecuación:

$$h = l \cdot (S_g - 1) \cdot (1 - \epsilon)$$

-En arena: $h = 0.30 \cdot (2.65 - 1) \cdot (1 - 0.41) = 0.292 \text{ m.}$

-En antracita: $h = 0.45 \cdot (1.55 - 1) \cdot (1 - 0.48) = 0.129 \text{ m.}$

-En la grava (utilizando Sanks, p.690) $h/l = 0.825 \rightarrow h = 0.825 \cdot 0.100 = 0.083 \text{ m.}$

El manto de grava tendrá una altura de 40 cm., desde los conductos de las viguetas (20 cm sobre el vértice superior de las viguetas), y estará conformado por cuatro capas de 10 cm cada uno según lo indicado en el cuadro "Granulometría del lecho filtrante y el manto de soporte".

-En las viguetas del falso fondo (Ver diseño de viguetas):

$$h = 0.296 \text{ m.}$$

-En el manifold (Ver catálogo del manifold)

$$h = 0.092 \text{ m.}$$

El agua de lavado llega al manifold, desde el tanque común, a través de una caja de interconexión, cuyas dimensiones en planta serán 1.40 x 1.30 m.

Carga sobre los bordes del canal central (vertederos)

La altura desde la superficie del lecho hasta los bordes del canal de recolección se adopta 0.60 m (recomendado: 0.40-0.75 m, CEPIS 13)

Sobre cada borde del canal actúa la mitad del caudal de lavado:

$$Q = 0.205/2 = 0.1025 \text{ M}^3/\text{S}$$

$$h = (Q/1.89 L)^{2/3} = 0.09 \text{ m}$$

El nivel del agua para efectuar el lavado estará sobre el borde del canal colector a una distancia:

$$\begin{array}{rcccl} \text{Pérdida de carga} & & \text{Carga vertedero} & & \\ 1.091 & + & 0.09 & = & 1.18\text{m} \end{array}$$

Canal de recolección

Las alturas de agua en el canal están reguladas por la válvula de salida

$$\text{Diámetro de la válvula} = 300 \text{ mm}$$

$$A = \Pi \cdot 0.3^2/4 = 0.0706 \text{ m}^2$$

$$Q = k A \sqrt{2gh}$$

Para orificios grandes ($D > 0.1 h$) $k = 0.65$ (Paskov, p 122)

$$h = 1.017 \text{ m sobre el eje de la válvula}$$

Por tanto el calado en el caudal, junto a la válvula, será:

$$h_e = 0.30/2 + 1.017 = 1.16 \text{ m}$$

El calado inicial es:

$$h_o = (h_e^2 + 2Q^2/gb^2h_e)^{1/2} = 1.08 \text{ m}$$

Vertedero de control

El nivel de este tanque esta controlado por un vertedero dividido en dos secciones de 1.0 m. de longitud y constituido por pantallas removibles para flexibilidad para la puesta en marcha.

El caudal de producción de módulo es:

$$Q = 150 \text{ l/s}$$

Durante el lavado del filtro se emplean:

$$Q^L = 205 \text{ l/s}$$

Los que son aportados por los tres filtros que no se lavan.

La diferencia entre el caudal producido y el utilizado en el lavado pasará sobre el vertedero de control.

$$Q = 0.205 - 0.150 = 0.055 \text{ m}^3/\text{s}$$

la carga sobre el vertedero para este caudal será:

$$h = (Q/(1.84*b))^{2/3} = 0.06 \text{ m.}$$

Cuando pasa todo el caudal se tiene: $h = 0.12 \text{ m.}$

Diferencia de altura entre los dos niveles:

$$h = 0.12 - 0.06 = 0.06 \text{ m.}$$

Pérdidas de carga durante la filtración

- Pérdida de carga a través del medio limpio: $h/l = k' * \mu/g * V*(1-\epsilon)^2/\epsilon^3*(6/\sigma)^2*\Sigma[xi/di^2]$

Donde:

h = pérdida de carga (m)

l = espesor del manto (m)

μ = viscosidad (mm^2/s)

k' = coeficiente = 5

g = aceleración de la gravedad (mm^2/s)

V = velocidad de filtración (mm/s)

ϵ = porosidad

Φ = esfericidad

xi = fracción entre tamices

di = diámetro medio de la fracción entre tamices

$\epsilon = 0.41,$ $\Phi = 0.75$

$h/l = 5 \cdot 1.24/9810 \cdot V \cdot 0.59^2/0.41^3 \cdot 36/0.75^2 \cdot 2.095 = 0.428V$

Para una rata de filtración de $261.54 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$

$h = 0.38 \text{ m.}$

Pérdida de carga en la antracita

$\epsilon = 0.40$ $\Phi = 0.70$

Espesor de la subcapa = 0.10 m.

$$h = 0.176 \cdot 0.10 = 0.016 \text{ m.}$$

Pérdida de carga en el falso fondo

Caudal por filtro: $150/4 = 37.50 \text{ l/s}$

$$h = 0.018 \text{ m.}$$

En la válvula de mariposa $\varphi = 300$ mm, calculándose como orificio sumergido

$$A = 0.0706 \text{ m}^2 \quad h = 0.09 \text{ (cambiar a 400 mm de diámetro para tener menores pérdidas)}$$

Lavado Superficial

El lavado superficial se lo hará mediante la utilización de mangueras de 1" aprovechando la presión del tanque elevado existente en la Planta de tratamiento.

4.2. ALTERNATIVA NO.2

La alternativa No.2, prácticamente mantiene el sistema construido introduciendo variaciones que permitan agilitar y optimizar el tratamiento.

Las modificaciones consisten en: el agua llega a un estanque que permite regularizar la energía y se consigue que mediante un vertedero se den las condiciones hidráulicas para la formación de un resalto hidráulico.

Las condiciones hidráulicas que se darán aprovechando el ancho de la estructura existente son:

$$\begin{aligned} B &= 4.50 \text{ m} \\ Q &= 0.300 \text{ m}^3/\text{s} \\ H &= 0.15 \text{ m} \end{aligned}$$

Para la formación del resalto se adopta una altura total de 0.80 m con lo que se obtiene:

$$\begin{aligned} H \text{ calado contraído} &= 0.016 \text{ m} \\ V &= 3.90 \\ Fr &= 9.4 \\ \text{Calado conjugado} &= 0.20 \\ \text{Longitud del resalto} &= 1.2 \text{ m} \end{aligned}$$

Con esto conseguimos mejorar las condiciones de la mezcla rápida.

Se mantiene las estaciones de bombeo para llevar el agua a los floculadores y sedimentadores con los cambios descritos en la alternativa No.1 para floculación hidráulica horizontal y sedimentación de alta rata con seditubos. Para la filtración también queda la estación de bombeo pero actuará con un caudal que permiten tratar este grupo de unidades existentes, tal como ya se describió para la otra alternativa.

Esta alternativa es una combinación del sistema existente con modificaciones del anterior planteamiento de solución.

4.3. ALTERNATIVA NO.3

Esta alternativa considera la posibilidad de que las aguas del río Lelia puedan ingresar y ser tratadas por la PTTM para lo cual, se parte de la hipótesis de que las aguas serán captadas de la estructura de llegada a la Planta de Tratamiento actual, razón por la cual se hace necesario que esta aguas deban ser conducidas hacia el la mezcla rápida que necesariamente se daría mediante la formación del resalto hidráulico y se mantendrían los dos bombeos hacia los tanques de floculación y al sistema de filtros a presión. Las modificaciones a la implantación existente se daría en la mezcla rápida y en el acondicionamiento de los tanques para que actúen como tanques de floculación hidráulica de flujo horizontal y el de sedimentación de tasa acelerada provisto con seditubos.

La utilización de las aguas del río Lelia, es una alternativa viable ya que la nueva conducción inaugurada por la Municipalidad tiene capacidad para transportar 700 l/s de los cuales, únicamente pueden ser tratados por la

planta de tratamiento existente un caudal máximo de 300 l/s. Esta factibilidad es conveniente para la Municipalidad ya que se evitaría la utilización de las bombas de 600 hp con los consiguientes ahorros en costos de energía.

Esta alternativa prevé la utilización de los filtros a presión de arenas y carbón activado, descartándose el filtro de resinas ya que no tiene objeto ya que su función conforme a la implantación actual es de un suavizador que se lleva a cabo haciendo pasar el agua a través de un lecho de resina aniónica (Tenax) y catiónica (100E), para intercambio iónico. Estas resinas, poseen gran afinidad por cationes divalentes (Ca, Mg) que en el presente caso no es necesario ya que las concentraciones de Ca y Mg son bajas y se ajustan a las normas INEN 1 104 razón por la cual las aguas no son duras.

Al desechar el filtro de resinas, no se hace necesario la regeneración de las resinas por lo que los tanques de solución de sal muera y equipos de regeneración no son necesario, optimizándose de esta manera la operación y sus costos.

Filtros de Arena

Los recipientes a presión cuentan con un diámetro de 2.35 m, lo que le permite tener una área de 4.30 m² lo que permite deducir que deberá trabajar con una tasa de 753 m³/m²-día.

De conformidad con filtros verticales a presión de casas manufactureras las tasas de filtración que éstas adoptan, se dan a continuación:

Firma	Tasas de trabajo (m³/m²-día)
Edospina ¹⁷	120 a 300
SURFLEX (Infilco) ¹⁸	250 a 300
PERMUTIT ¹⁹	180
Culligan ²⁰	390 a 420
BIRATE ²¹	240 a 480
Pont A Mousson ²²	600 a 840 (con lavado aire-agua)

Como se puede apreciar, las tasas a excepción de la Pont A Mousson son inferiores a las adoptadas por los filtros de la PTM lo que permite colegir que para poder trabajar con una tasa de 753 m³/m²-día, se conseguirán con mayores pérdidas de carga, el agua que entra (afluente) tendrá que hacer variar la presión hasta demostrarse un daño o detrimento en la calidad del agua filtrada.²³

De acuerdo a AWWA, los filtros a presión trabajan bajo los principios de arena rápidos a gravedad que se puede corroborar con las tasas de trabajo de los fabricantes cuyas tasas de trabajo son similares a los filtros rápidos de lecho mixto.

Con estos antecedentes y debido a que los filtros actuales, supuestamente trabajan bajo responsabilidad y tecnología de Potable Tech S.A., se asume la tasa de trabajo 753 m³/m²-día, sin embargo, se advierte que antes de llegar a la mencionada tasa, durante la operación experimental se tenga que variar las tasas desde 180 m³/m²-día, hasta que se vea un deterioro en la calidad del agua filtrada que puede ser cuando esta alcance turbiedades mayores a 7 UNT ò se detecte arena ò carbón mineral (cocke).

¹⁷ EDOSPINA, Manual de Ingeniería, Boletín Ing 3550/600, 31400, 37500, Bogota, COL, 1996

¹⁸ INFILCO, The Surfex Filter, Bulletin 1585-C, USA

¹⁹ PERMUTIT, Pressure Filters, Paramus, NJ

²⁰ Culligan, Sauvegarde, Sistemas de Clarificación-Filtración, 8183-35, USA

²¹ Biwater Filtration, Filtration Manual, DB6/2.86, England

²² Degremost, Manual Técnico del Agua,

²³ AWWA, Calidad y Tratamiento del Agua, McGraw-Hill, 2002

El mecanismo de filtración se lleva a cabo haciendo pasar el agua sedimentada hacia los filtros mediante una bomba centrífuga Mc. ITT cuyas características principales son:

Capacidad:	218 l/s
Potencia:	75 hp
Electricidad:	440V, 60 hz, 89.5 A
Eficiencia:	87%
Pérdidas de carga en los sistemas filtrantes:	20 mca
Ingreso:	250 mm de diámetro
Salida:	200 mm de diámetro
TDH:	45 m
Funcionamiento:	Continuo

De la fase de diagnóstico se determinó que para un módulo estas trabajarán con las siguientes características:

Caudal =	159	l/s
Altura =	47.40	m
Potencia =	100	kw
n =	72	%
velocidad =	1780	rpm

De la curva de los sistemas de bombas se puede apreciar, que las bombas instaladas están sobredimensionadas y los rendimientos son menores al 75 %.

La filtración se lleva a cabo en el medio poroso cuyas graduaciones se dan en la tabla adjunta. Tanto graduación como espesores escogidos por Potable Tech no deben permitir pérdidas altas de presión.

Las partículas atrapadas en el manto, se desalojan fácilmente invirtiendo el flujo a través de la unidad, permitiendo la expansión del manto filtrante, limpiándose por acción hidráulica y por fricción de un grano contra otro

Filtros de carbón activado

Este filtro funciona en serie y consiste en pasar el agua del filtro de arenas a través de un lecho de carbón activado técnicamente seleccionado por Potable Tech (20x50 , 12x40).

Las propiedades de este medio filtrante permiten que materia orgánica y las causantes de olores y sabores que se encuentran en el agua sean absorbidas en las superficies del medio filtrante y de esta manera se las elimina.

Los filtros para su funcionamiento utilizan elementos de control con son las válvulas de diafragma AQUAMATIC las cuales son controladas (apertura y cierre) para los diversos procesos (filtración, retrolavado, desagüe) mediante controladores instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros.

Los elementos que componen el tablero son:

- ✓ Controlador de regeneración programable AQUAMATIC modelo 7000 A.
- ✓ Sistema de mando cierre/apertura de válvulas hidráulicas automáticas – STAGERS tipo 58 B.

El sistema de retrolavado de los filtros, cuenta con un sistema temporizado eléctricamente y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

Las principales características que tienen estos filtros son²⁴:

	Filtro de arena y carbón	Filtro Carbón Activado
Diámetro	2.35 m	1.76 m
Alto	1.75 m	1.75 m
Espesor manto filtrante	0.20 m arena 0.8 a 1.2mm	0.40 m CA 12 x 40 0.30 m CA 20 x 60
	0.20 m arena 0.3 a 0.4 mm	
	0.20 m arena 0.1 a 0.2 mm	
	0.10 m carbón < 1.2 mm	
Sistema drenaje	Flauta	Flauta
Desagüe	Tubería PVC 6"	Tubería PVC 6"
Entrada	Chapa deflectora	Chapa deflectora

Los filtros están contruidos en acero tipo A36 de 6 mm de chapa, revestidos con pintura epóxica poliamida blanco

5. COMPARACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA

La comparación técnica-económica se la hace basándose en las dos alternativas descritas para lo cual se ha creído conveniente desarrollar una matriz económica en base a rubros generales que no son comunes en cada una de las alternativas y que pueden proporcionar un costo referencial en la obra civil, equipos, personal, etc.

- ✓ Valor de obras civiles
- ✓ Costos de consumo de energía
- ✓ Costos de personal
- ✓ Operación y mantenimiento

Previo al análisis comparativo se procede a elaborar una matriz en la que se podrá identificar de forma directa la información concerniente al dimensionamiento de la PTM, sus procesos de tratamiento los que están relacionados con:

- ✓ Posibles deficiencias en O y M
- ✓ Consideraciones de diseño y posibles conexiones.

5.1 COMPARACIÓN TECNICA

Las obras que se han previsto guardan relación con los siguientes trabajos:

- ✓ Obras preliminares de limpieza y reposición de equipos
- ✓ Obras civiles
- ✓ Estructuras
- ✓ Equipamiento

Alternativa 1:

²⁴ Municipio Santo Domingo, Planos Potable Tech, Planta Tratamiento Toachi Miravalle

Se aprovecha la carga remanente de los 10 mca para que las aguas ingresen directamente a los tanques floculadores. La mezcla rápida se realiza en un agitador estático y los siguientes procesos son similares a los de la alternativa 2 ya que adopta la misma configuración y bases de diseño.

Alternativa 2:

Se mantiene el sistema actual mediante la inclusión de un resalto hidráulico para mezcla rápida, colocación de tabiques que permitan una floculación hidráulica horizontal, cámara de interconexión de 1.40 x 1.40 m hacia los sedimentadores de alta rata provista con seditubos y filtración la cual utiliza únicamente los filtros de arena y la construcción de filtros descendentes de lavado mutuo. Esta configuración mantiene los sistemas de bombeo.

Alternativa 3:

Esta alternativa considera mantener el sistema de bombeos con las modificaciones a ser realizadas en el tanque de llegada para que se de la formación del resalto hidráulico y de las modificaciones a ser realizadas en los tanques cilíndricos de floculación y sedimentación. Como se mencionó en el análisis de la alternativa, esta considera la captación de las aguas del río Lelia para aprovechar la conducción recientemente inaugurada.

A continuación se presenta un diagrama de flujo correspondiente a los procesos de tratamiento y puntos de dosificación de químicos así como estructuras de control de caudales y calidad de las aguas.

5.2 COMPARACIÓN ECONÓMICA

El análisis económico de las dos alternativas tiene como objetivo primordial determinar a aquella que presente mayores beneficios para la EMAPA-SD en lo que se refiere a inversiones, consumo de energía, reposición de materiales y gastos de personal.

Para la determinación del presupuesto de los diferentes rubros, se han determinado en base a costos globales.

Rubro	Descripción	Alter 2	Alter. 1	Alter. 3
1	Cámara de entrada y mezcla rápida	2208.00	1827.00	2208.00
2	Mezclador estático para mezcla rápida	0.00	800.00	0.00
3	Granallado e imprimante Floculadores	1680.00	1680.00	1680.00
4	Colocación de pantallas	1140.00	1140.00	1140.00
5	Canal interconexión 1.4 x 1.4	2100.00	2100.00	2100.00
6	Granallado e imprimante Sedimentadores	1680.00	1680.00	1680.00
7	Seditubos y recolección	11058.00	11058.00	11058.00
8	Falso fondo rotura y reposición	14663.00	14663.00	14663.00
9	Sistema de desagües	4320.00	4320.00	4320.00
10	Batería de filtros lavado mutuo	52000.00	52000.00	0.00
11	Entrada y salida de los filtros	18000.00	18000.00	0.00
12	Reposición equipos eléctricos	15000.00	5000.00	20000.00
13	Reparación de V. AQUAMATIC	5600.00	3.600.00	8.600.00
14	Reparación válvulas compuerta	500.00	500.00	1000.00
15	Equipos de cloración	16000.00	16000.00	16000.00
16	Equipos de dosificación sulfato	1060.00	1060.00	1060.00
17	Equipos de dosificación polímeros	1900.00	1900.00	1900.00
Total Inversiones USD		148.909.00	137.328.00	74.409.00

Existen valores adicionales como son los indirectos, que se asumen como práctica general un valor equivalente al 30 por ciento de las inversiones con lo que se tiene:

Rubro	Descripción	Alter. 2	Alter. 1	Alter. 3
1	Costos indirectos 30 %	44.672.00	41.198.00	22.322.00
2	Suma parcial	193.581.00	178.526.00	96.731.00
3	Factor de ponderación	30%	30%	30%

Costos de operación y mantenimiento

Los gastos por operación y mantenimiento se realizan sobre la base de una estimación del personal de planta para cada una de las alternativas habiéndose establecido:

Descripción	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 3
Asistente de planta	600	600	600
Auxiliares	600	300	600
Electromecánico	500	200	500
Laboratorista	400	400	400
Total costo Personal	2100/mes	1500/mes	2100/mes

Costo por energía y reposición de equipos

La alternativa No. 2 y 3 considera la utilización de bombas, los cuales requieren de suministro de energía eléctrica para su funcionamiento y que de conformidad con los equipos instalados se tienen 4 bombas de 75 hp que en total no da una capacidad de 300 hp. Existen equipos considerados menores que funcionarían para una u otra alternativa por lo que se ha obviado incluirlos, tal el caso de agitadores, equipo de preparación de sulfatos, polímeros y otros. Estas no consideran la estación de bombeo de la captación del río Toachi ya que, se parte sobre la hipótesis de captar las aguas del río Lelia cuya nueva conducción es capaz de transportar 700 l/s.

Descripción	Alter. 2	Alter. 1	Alter. 3
Energía 300 hp (220 kw/h a USD 0.10/Kw	13.200.00		13.200.00
Total costo Energía / mes	13.200.00	1.000.00	13.200.00

Descripción	Alter. 2	Alter. 1	Alter. 3
Reposición de bombas y equipos	70.000.00	15.000.00	70.000.00
Pintado cada cinco años	1.000.00	1.000.00	1.000.00
Total costo reposición equipos / 10 años	72.000.00	16.000.00	72.000.00

A continuación presentamos un cuadro en el cual se puede observar los valores acumulados y prorrateados para un año de funcionamiento de cada una de las alternativas formuladas y con los costos que generan cada una de ellas lo cual nos permitirá hacer un análisis desde esta óptica de inversiones.

Descripción	Alter. 2	Alter. 1	Alter. 3
Obras civiles, equipos y administración	193581.00	178526.00	96731.00
Costos de operación y mantenimiento/año	25200.00	18000.00	25200.00
Costo de energía por cada año	158400.00	12000.00	158400.00
Reposición de bombas y equipos/año	7000.00	1500.00	7000.00
Pintado cada cinco años/año	200.00	200.00	200.00
Total costo de alternativas	384381.00	210226.00	287531.00

5.3 CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN

Vida útil de las estructuras, se considera que con un adecuado mantenimiento las estructuras metálicas tendrían una vida útil de 20 años.

Para los equipos electromecánicos se estima en 10 años razón por la cual las bombas tendrían que ser repuestas máximo para el año 2014 siempre y cuando se realice la revisión y reparación de bombas y motores conforme a lo descrito en la fase de diagnóstico.

5.4 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

La alternativa que presenta el menor valor por inversiones a ser realizadas es la **Alternativa No.3** razón por la cual, esta sería la alternativa óptima a ser considerada para los rediseños de la PTTM, según el costo ha ser realizado por inversiones para que la Planta, pueda entrar en funcionamiento.

5.5 MATRIZ DE COMPARACIÓN

A continuación se presenta una matriz de evaluación de las alternativas cuantificables, para proceder al análisis técnico-económico de las dos alternativas mencionadas y definir el tipo de tratamiento que se ajuste a la realidad social-económica de la EMAPA-SD y sus potenciales usuarios.

En esta matriz de planificación intervienen los siguientes condicionamientos propios de este tipo de estructuras de tratamiento como son:

- ✓ -Dimensionamiento general de la planta de tratamiento
- ✓ -Dimensionamiento hidráulico
- ✓ -Consideraciones mecánicas
- ✓ -Instrumentación / eléctrica / mecánica
- ✓ -Seguridad industrial
- ✓ -Condiciones ambientales
- ✓ -Vulnerabilidad
- ✓ -Requerimientos de personal.

La evaluación de esta matriz no es cuantitativa sino mas bien cualitativa para lo cual se asignaron cinco grados de dificultad y su gradación para cada uno se hizo basándose en elementos de consulta de proyectos similares. El valor más alto significa mayor grado de complejidad o de afectación. La actividad o rubro de captación con sus gastos y costos de operación, mantenimiento pago de energía, reposición de equipos y gastos adicionales no se ha contemplado por cuanto es similar para cada una de las alternativas, lo cual no le hace incidente; aun en el caso de que la EMAPA-SD decida hacer variaciones.

Descripción	Alter. 2	Alter. 1	Alter. 3	Mecanismos
Equipamiento	+4	+1	+4	Dimensionamiento General
Bombas	+4	0	+4	
Operación y Mant. equipos	+3	+1	+1	
Valvulería	+3	+1	+1	

Distribución hidráulica	+2	+3	+2	Dimensionamiento Hidráulico
Condiciones de limpieza	+2	+2	+2	
Desarrollo condiciones sépticas	+2	+1	+1	
Flexibilidad en los procesos	+1	+3	+1	

Equipamiento electromecánico	+4	+1	+4	Consideraciones electromecánicas
Conservación de energía	+4	+1	+4	
Problemas de operación	+3	+1	+3	
Circuitos que pueden causar interferencia.	+3	+1	+3	
Motores junto área de tratamiento	+3	0	+3	
Sistemas auxiliares	+2	+1	+2	
Sobre utilización motores	+3	+1	+3	

Áreas de dosificación y almacenam. Químicos	+1	+1	+1	Condiciones Ambientales
Disposición lodos	+2	+2	+2	
Seguridad personal	+3	+1	+3	

6. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Conforme al análisis económico y matriz de planificación se puede llegar a las siguientes conclusiones que gravitarán en la adopción de la alternativa más óptima y poder proceder con los rediseños definitivos.

- ✓ La alternativa de mínimo costo por inversiones a ser realizadas, está representada por la **Alternativa No.3** que justifica los filtros a presión sin embargo, tomando en cuenta los costos de energía y de reposición de equipos electromecánicos, la alternativa No.2 sería la mas viable como la de menor costo para el período de diseño
- ✓ La alternativa No.3 como la No.1, permite una mayor flexibilidad en los procesos pero requieren de mayores costos de operación.
- ✓ La alternativa No.2 permite un proceso sin variaciones como son los que ofrecen los filtros a presión. Durante la operación se tendrían que realizar ajustes diarios en el vertedero de carga de lavado mutuo.
- ✓ Referente a la hidráulica de los procesos se puede deducir que las alternativas analizadas ofrecen flexibilidad de tratamiento ya que se prevee el control de la entrada de flujo a los módulos mediante el accionamiento de válvulas de control.
- ✓ De acuerdo a las consideraciones mecánicas, el planteamiento **No. 1 y 2** ofrece un mayor grado de complejidad constructivo. Desde este punto de vista la alternativa es menos favorecida.

- ✓ La instrumentación y consideraciones eléctricas, la alternativa **No. 3** ofrece mayor equipamiento, operación y mantenimiento por sobre utilización de equipos, motores, sistemas auxiliares y eléctricos.
- ✓ Al hablar de potenciales problemas de seguridad industrial, se hace necesario considerarla con mayor grado de detalle para la alternativa 2 y 3 especialmente en lo referente a los cuartos de energía, control de ruidos, etc.
- ✓ Las consideraciones ambientales para los dos modelos, son semejantes en algunos de sus componentes y operación, la diferencia básica consiste en el empleo de energía de alto voltaje para hacer funcionar los equipos de bombeo lo cual introduce un grado de complejidad.
- ✓ De lo expuesto en los puntos anteriores se puede concluir que la **Alternativa 3** que corresponde a la reconstrucción de la PTTM con mezclador hidráulico, floculadores hidráulicos de flujo horizontal, sedimentadores de alta rata con seditubos y filtros rápidos a presión es la que convendría al Gobierno Municipal de Santo Domingo desde el punto de vista de inversiones a ser realizadas. Se debe anotar que esta alternativa, al contar con los sistemas de bombeo, esta le imparte cierta vulnerabilidad en su operación y mantenimiento, debiéndose prever durante su operación normal posibles paradas por falta de energía, falta de repuestos mecánicos, etc.

Por las razones expuestas, se opta por la alternativa **No. 3** como la más recomendable ya que de acuerdo a reuniones de trabajo con personeros de la Municipalidad, esta se adapta a la capacidad de inversiones a ser realizadas por el Gobierno Municipal ya que debido al déficit de agua tratada hace necesario contar con una planta que entre en funcionamiento al menor tiempo posible.

Las siguientes recomendaciones tomadas del estudio de factibilidad se deberán considerar para el redimensionamiento definitivo de la PTTM.

- ✓ El dimensionamiento de los floculadores fueron prediseñados de tal forma que en condiciones de trabajo tengan un gradiente de velocidad (50 s^{-1}) con lo que se logra la formación del flóculo.
- ✓ Una vez en funcionamiento la PTTM, se hace necesario implementar un programa de monitoreo de calidad de agua con la idea básica de mantener las condiciones de calidad que se tienen en la actualidad.
- ✓ Paralelamente se sugiere implementar un programa de tratabilidad de las aguas que son utilizadas en el proyecto y el cual deberá incluir:
- ✓ Probabilidad de ocurrencia de calidad de las aguas que llegan a la PTTM y determinar:
 - Dosis óptima de coagulantes
 - PH óptimo de tratamiento
 - Determinación de gradientes de floculación óptimos
 - Dosis óptima de coagulantes y coadyuvantes de coagulación

CAPÍTULO III

REDISEÑOS DEFINITIVOS

1. INTRODUCCIÓN

Presentada la fase de diagnóstico y de factibilidad técnica y, sobre la base de las reuniones de trabajo con personeros y técnicos del Gobierno Municipal de Santo Domingo se estableció de que la alternativa de mantener los equipos de bombeo como la óptima desde el punto de vista de las inversiones a ser realizadas para la puesta en marcha de la Planta de agua potable Toachi Miravalle (PTTM) y, de esta manera poder cumplir con su programa de reducir el déficit de agua apta para consumo humano de la ciudad.

La PTTM en si, además de garantizar la potabilización de las aguas, La PTTM, aprovechando al máximo la infraestructura existente para minimizar costos de inversión.

La PTTM deberá cumplir con ciertos requerimientos generales, funcionales y específicos en su operación y mantenimiento, los cuales deberán reflejar la realidad socioeconómica de los usuarios del sistema y de la I. Municipalidad.

Dentro de los requerimientos generales y funcionales, se ha tomado en cuenta los procesos y equipos electromecánicos originales y descritos en la fase de diagnóstico, los cuales deberán recibir el mantenimiento y cambio de partes descritos en la mencionada memoria para su puesta en marcha.

Dentro de los requerimientos específicos la PTTM será capaz de proporcionar un producto final que cumpla con las normas de calidad físico-química-bacteriológica que para el efecto cuenta la norma INEN 1 104.

2. ESTUDIOS BÁSICOS

Previo a los dimensionamientos de las alternativas enunciadas, se procedió a revisar y evaluar los equipos e instalaciones descritos en la memoria de diagnóstico.

La caracterización de la calidad del agua, elemento indispensable para determinar los procesos unitarios de tratamiento, se la realizó en base a los análisis y datos disponibles que proporcionan información sobre la calidad y caracterización de las aguas, así como a las pruebas de calidad y tratabilidad (pruebas de jarras) realizadas durante la ejecución del proyecto.

2.1 MECÁNICA DE SUELOS

En la fase de diagnóstico, se procedió a realizar un sondeo para poder identificar el comportamiento de los suelos en el área del proyecto, ubicado al ingreso de la ciudad, en la vía que viene desde Quito, en las instalaciones de la existente planta de tratamiento de agua que abastece a Santo Domingo.

Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los diferentes tipos de suelos encontrados han permitido coleccionar que son:

- ✓ Suelos homogéneos limo arenoso de mediana plasticidad (ML), con características ácidas (pH 5.60)
- ✓ Capacidad portante de 0.80 a 1.20 kg/cm²
- ✓ Angulo de fricción es de 18°

Con estas características y de acuerdo al anexo presentado en la fase de diagnósticos se recomienda que pilotes para la implantación de estructuras como son casetas o edificaciones a ser ejecutadas, deberán ser asentadas sobre una capa de 0.60 m de cambio de suelo granular grueso (piedra bola), sobre lo cual debe ir una capa de 5 cm de replantillo en hormigón de 180 kg/cm²

La resistencia del suelo, al ser variable, se recomienda que durante los cálculos estructurales se utilice un esfuerzo de diseño admisible de 1.00 kg/cm² (10.00 Ton/m²).

A fin de evitar que el agua lluvia o el de limpieza de la planta, ingrese directamente al área de influencia de las estructuras, evitando las infiltraciones; se recomienda que todas las estructuras tengan una vereda perimetral de un metro de ancho, un bordillo bajo y que las calzadas tengan el declive necesario para que exista escurrimiento superficial hacia los pozos de revisión del alcantarillado.

Existe al lado Nor-Este del área de la planta de tratamiento, una quebrada s/n, se recomienda que ninguna estructura esta cerca de ella hasta por lo menos 10 metros, de no ser posible esta acción, se deberá diseñar un muro de contención en el área de afectación directa.

A continuación se presenta el análisis de carga por asentamiento en función de “N”

Prof. (m)	N(spt) tn/m ²	N(corr) tn/m ²	Q(teng) tn/m ²	Q(teng) tn/m ²	Q(mey)	Q(mey)	Promedio
			1.20	1.50	1.20	1.50	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.00	19.00	19.00	21.47	19.76	29.07	26.03	23.10
2.00	16.00	16.00	18.00	16.60	24.50	21.90	19.40
3.00	23.00	23.00	26.91	24.60	36.10	33.35	28.80
4.00	28.00	28.00	54.30	50.00	66.60	61.50	55.00
5.00	33.00	33.00	78.65	72.60	95.00	87.70	79.00

Características:

De 0.00 A 1.00 M	ML	Limo arenoso de baja plasticidad
De 1.00 a 2.00 M	ML	Limo de mediana plasticidad
De 2.00 a 3.00 M	ML	Limo arenoso de mediana plasticidad color café amarillento
De 3.00 a 5.00 M	ML	Idéntico al anterior; contenido de humedad 105.7 %

La granulometría del material es común a los materiales ML es decir pasa el 100 % por el tamiz No. 10: por el tamiz No. 40 el porcentaje pasado es en promedio de 97 %; por el tamiz No. 200 el porcentaje pasado es más variable y su media es de alrededor el 67 %

Conforme se avanzó en la excavación (perforación), se incremento el contenido de humedad en la muestra, pero nivel freático no se detectó

2.2 BASES DE DISEÑO

2.2.1 CAUDALES DE DISEÑO

La Planta en lo que se refiere a las estructuras de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación se dimensionarán para el caudal de diseño original de 300 l/s. Referente a la filtración a presión. Como se indica en la memoria de factibilidad, durante la operación experimental, las tasas se ajustarán hasta poder procesar el caudal de diseño.

2.2.2 CALIDAD DEL AGUA

Previo al redimensionamiento se procedió a determinar la calidad y tratabilidad de las aguas del río Toachi que permitió establecer el protocolo de tratamiento y los parámetros de diseño como son gradientes de velocidad y tasas de trabajo.

La calidad y tratabilidad de las aguas realizadas por EMAPA-SD y durante estos estudios determinaron que las aguas necesitan tratamiento para remover Color, Turbiedad y hierro total cuyas concentraciones para un rango de probabilidades se presentan a continuación.

Parámetro	Serie 1 ²⁵	Serie 2	Serie 3	Serie 4	Serie 5 ²⁶
pH	7.72	-	8.2	7.9	7.07
Color aparente (PtCo)	35	40	80	60	30
Color verdadero (PtCo)	25	35	60	45	-
Turbiedad (NTU)	25.2	63.2	114	96	7.8
Alc. total (mg/l CaCO ₃)	90	84	78	76	85
Dureza (mg/l CaCO ₃)	78	-	-	-	94
Fe (mg/l)	-	-	-	0.44	0.45

Río	Parámetro	Probabilidad	
		20%	80%
Toachi	Color(UC)	5.0	25.0
	Turbiedad(UT)	7.0	45.0
	Hierro Total	0.30	0.45

²⁵ Datos proporcionados por la Municipalidad

²⁶ Muestras realizadas a pedido de Fiscalización

Referente a la concentración de hierro con una variabilidad de 0.30 a 0.45 mg/l, esta no representa mayor problema, ya que se presenta es como Fe^{+3} , fácilmente oxidable mediante una pre oxidación y filtración

La tratabilidad llevada a cabo se la realizó en base a los tiempos de residencia de los tanques construidos y de plantas convencionales, recomendada para plantas de tratamiento que toman aguas superficiales tal es el caso del río Toachi ó el río Lelia, llegándose a determinar:

- ✓ Dosis óptima coagulante
- ✓ Gradientes vs. tiempo floc
- ✓ Dosis óptima más polímero
- ✓ Pruebas de sedimentación

Los ensayos se realizaron con productos comerciales como son:

- ✓ Sulfato de aluminio sólido comercial tipo B (16% Alúmina), concentración 1%.
- ✓ Polímeros catiónico.

La metodología empleada consistió en:

Coagulación:	Mezcla rápida 100 rpm Tiempo de mezcla 1 minuto
Floculación:	Mezcla lenta 30 rpm y 20 rpm Tiempo de mezcla 15 minutos
Sedimentación:	Tiempos de sedimentación 60, 90, 120, 180, 240, 300, 480, 600 s.

No se hizo necesario variar el pH ya que se pudo observar una buena formación de flóculo y por cuanto el pH del agua cruda se encuentra dentro de las curvas de pH óptimo de las curvas tampón de Armitarjah²⁷.

Se consideraron dos gradientes de velocidad para mezcla lenta y en estos se determinó el tiempo de formación de flóculos para diversos intervalos de tiempo.

El polímero como ayudante de coagulación, se utilizó debido a que, las aguas a tratarse tienen colores altos para lo cual, se hizo variar las dosis de polímero en base a las mejores concentraciones de coagulantes obtenidas en las pruebas de dosis óptima.

La determinación del color se hizo, en la mayoría de las pruebas, por comparación calorimétrica mediante la utilización de un Aqua Tester, y en las pruebas donde se requirió mayor precisión se utilizó un espectrofotómetro Hach DR 2000.

Para la determinación de la turbiedad se utilizó un nefelómetro Hach.

La medición de pH se hizo con medidor de pH de electrodos.

2.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En general de los análisis realizados tanto por la EMAPA-SD como del consultor, se puede deducir que las aguas tienen colores de entre 30 UC a 80 UC y turbiedades de 7.8 UNT a 60 UNT. Estos valores son similares a los del río Lelia por lo que se puede deducir que los dos ríos tienen:

²⁷ Snoyensky, Water Quemistry. Wiley&sons, 1982

- ✓ Concentraciones altas en lo que se refiere al color, turbiedad y Fe en forma férrica sin ocurrencia de manganeso, los demás parámetros como son: pH, alcalinidad, etc se encuentran dentro de los límites de aguas aptas para consumo.
- ✓ Conforme a las tratabilidades, es necesario la Planta de Tratamiento convencional con inyección de coagulantes cuyas dosis estimativamente serán entre 1.5 a 2 veces la concentración de color con la que llega el agua a la PTTM y, de polímero débilmente catiónico con concentraciones de 0.15 mg/l. La inyección de este se tiene que hacer posterior a la dosificación del coagulante.

Entre los condicionamientos hidráulicos - sanitarios para los diversos procesos de tratamiento obtenidos en las tratabilidades y que servirán como parámetros de diseño de los mismos, se tienen:

Mezcla rápida: se justifica una coagulación instantánea con gradientes de sobre los 500 s^{-1} que se dará mediante la formación de un resalto hidráulico. El coagulante a ser utilizado puede darse en forma de sulfato de aluminio en forma granulada o líquida. Para mejor formación del floculo se debe añadir ayudante de coagulación como es el uso de polímeros débilmente catiónico.

Mezcla lenta: Los tiempos óptimos de mezcla lenta, se han ajustado al tanque de floculación existente, esto es de 17 min. Los gradientes de velocidad estarían en el orden de 50 s^{-1} para el tiempo de retención indicado

Sedimentación: El tiempo de sedimentación óptimo está entre 5 y 10 min., por lo que se recomienda adoptar tasas de trabajo de $180 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. El tanque metálico existente en función de su área superficial, eventualmente podría proporcionar una tasa de $200 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. Se debe considerar una sedimentación de alta rata como es la de placas o seditubos para poder llegar a la mencionada tasa de trabajo

Filtración: al utilizar los filtros a presión existente, el consultor hace referencia a las tasas adoptadas por Potable Tech²⁸ ya que son tecnología exclusiva de dicha firma. Se recomienda en la prueba experimental empezar a trabajar los filtros con tasas convencionales que pueden empezar con una de $280 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$. No se justifica los filtros de resina.

Con estas premisas y partiendo de los parámetros definidos en los numerales anteriores, se procederá con los rediseños de la PTTM.

3.- DISEÑO HIDRÁULICO SANITARIO

3.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y MEZCLA RAPIDA

Las estructuras de entrada prevé la entrega del agua del río Lelia y consta de un estanque que permite regularizar la energía. El agua tiene un flujo ascendente y es controlado por un vertedero frontal que permite se den las condiciones hidráulicas para la formación de un resalto hidráulico que se dará en la canaleta a construirse sobre el relleno del estanque actual que eventualmente fue construido para la mezcla rápida pero que, no permitía el choque y desestabilización de partículas entre el coagulante y el agua.

Con la formación del resalto hidráulico, se evita la utilización de los mezcladores instalados originalmente..

Las condiciones hidráulicas que se darán aprovechando el ancho de la estructura existente son:

$$\begin{aligned} B &= 4.50 \text{ m} \\ Q &= 0.300 \text{ m}^3/\text{s} \\ H &= 0.15 \text{ m} \end{aligned}$$

²⁸ Potable Tech., Planos y documentos relacionados con los diseños y construcción Planta Tratamiento Toachi-Miravalle, Municipio de Santo Domingo

Para la formación del resalto se adopta una altura total de 0.80 m con lo que se obtiene:

$$H \text{ calado contraído} = 0.016 \text{ m}$$

$$V = 3.90$$

$$Fr = 9.0$$

$$\text{Calado conjugado} = 0.20$$

$$\text{Longitud del resalto} = 1.2 \text{ m}$$

Con los valores obtenidos se tendrá un resalto estable, condición para obtener la mezcla rápida.²⁹

El punto de inyección del coagulante como sulfato de aluminio se lo realizará en el calado contraído del resalto mediante una tubería perforada de 1 pulg. de diámetro provista de orificios, tipo flauta

Las aguas, verterán al tanque de succión, el cual no sufre modificaciones en su geometría.

El polímero se lo aplicará antes de que el agua entre a la cámara de entrada al proceso de floculación.

Conexión a módulos

La interconexión entre la mezcla rápida y la mezcla lenta se la realiza con la tubería existente de 300 mm de diámetro para cada módulo que entregará las aguas al tanque de disipación, mediante descarga directa. El vertedero permitirá una descarga parcialmente sumergida.

Bombeo al tanque de Floculación

Se mantiene el sistema de bombeo (2), las cuales deliberarán 150 l/s para cada uno de los módulos de tratamiento. Tanto bombas como tuberías y equipos de control (valvulería) deben darse los respectivos mantenimientos descritos en la fase de diagnóstico.

Entre las características técnicas se tienen:

- ✓ Motores de 75 Hp acopladas a las bombas centrífugas de eje horizontal Mc. Berkeley
- ✓ Características de las bombas centrífugas

Modelo :	B10GRMBMS	H 2389
Capacidad;	218 l/s	
Potencia:	75 HP	
Impeller:	9.50 x 12.12	
Energía:	230/460 V, 60 hz, 89.5 A	
Eficiencia:	80%	
Ingreso:	300 mm de diámetro	
Salida:	250 mm de diámetro	
TDH:	15 m	
RPM	1190	

De conformidad con curvas de operación de bombas similares se puede apreciar que para el caudal de diseño (150 l/s), las bombas pueden deliberar una carga de 45 m, con una eficiencia del 75%³⁰. Como se puede apreciar, debido a esta carga, es necesario dispar la energía para entregar el agua hacia los floculadores.

Para que el sistema de bombeo funcione se hace necesario ejecutar acciones que tiendan a poner en

²⁹ Arboleda, Teoría y Práctica de la Purificación del agua, McGrawHill-Acodal, 2000

³⁰ PUMPEX GMBH, catalogo, Sweden

óptimo estado de funcionamiento razón por la cual se debe realizar:

- ✓ Desmontaje integral de los sistemas y limpieza de sus partes ya que, durante la evaluación de las bombas se realizó giros manualmente al sistema de transmisión, hallándose rebanamientos en los ejes; deteriorados y reseca las empaquetaduras del sistema sellado; los rodamientos falta de lubricación
- ✓ Chequeo de los alineamientos y posible desgaste del eje
- ✓ Revisión de los impulsores y anillos de fricción
- ✓ Ajuste y cambio de la prensa estopa.
- ✓ Comprobar los niveles de aceite de lubricación
- ✓ Durante su operación debe controlarse la estabilidad de su funcionamiento debiéndose evitar vibraciones
- ✓ Control de válvulas de entrada, salida, check, se deben cambiar especialmente sus empaques
- ✓ Cambio de empaquetaduras de válvulas
- ✓ Limpieza general de las válvulas de pie de las tuberías de succión deben limpiarse y desmontarse: asiento, muelle y eje ya que dentro de esta se ha impregnado flora.
- ✓ El motor eléctrico; por estar expuesto a la intemperie requiere un mantenimiento general, como verificar aislamiento de bobinado, alimentación eléctrica, rodamientos, giro y limpieza total

Transición y entrada al tanque de floculación

Se construirá una estructura en acero la que se soldará al tanque existente para permitir que las aguas disipen la energía y puedan entrar a la primera zona de floculación. Este sistema conseguirá una mejor repartición del flujo.

Las dimensiones del tanque serán de 1.50m x 1m x 2 de profundidad. La entrada y estructura de control al floculados está dada por un vertedero frontal cuya carga será:

$$Q = Mbh^{3/2}$$
$$0.150 = 1.80 \times 1 \times h^{3/2}$$
$$h = 0.19 \text{ m}$$

Para disipar la energía se ha previsto una pantalla perforada localizada a 0.60 m del tanque. Los orificios se calculan para una pérdida de carga de 0.05 m entre los dos tanques:

$$Q = Cd A (2gh)^{1/2}$$
$$A = 0.19 \text{ m}^2$$

Se adoptan 25 orificios de 0.10 m (4plg.)

3.2 DISEÑO FLOCULADOR

Se adopta un floculador de flujo horizontal con gradientes de velocidad de 50 s⁻¹ y tiempo de residencia de 17 min.

Tanto la forma como la ubicación se ha determinado considerando la forma circular del existente.

Los floculadores tendrán como función dar el movimiento adecuado en el tiempo indicado a la masa de agua que pasa por este de tal manera que se aglutinen los micro flóculos y formen grumos del tamaño necesario para sedimentarlos en la siguiente unidad, los mismos que llevará adheridas las moléculas de ácido fúlvico y demás partículas causantes de la coloración y turbiedad del agua cruda.

Las características de funcionamiento que tendrá el floculador siguiendo la metodología de Arboleda ³¹son:

³¹ Arboleda, Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, ACODAL

Tiempo residencia	17 min
Velocidad	0.10 m/s
Longitud	102 m
Área	1.50 m ²
Espaciamientos	0.50 m
Espaciamientos para giros	0.70 m
Pérdidas por fricción	0.30
Pérdidas localizadas	0.05
Potencia disipada g-cm/cm/s	0.037
Gradiente	60

Limpieza y Evacuación de flóculos depositados en el tanque

Las labores de limpieza y posible desalojo de flóculos que se depositan en el fondo de los canales se ha creído conveniente colocar tres drenajes consistentes de tubería de PVC de 200 mm de diámetro controlado con sus respectivas válvulas de compuerta.

La ubicación de las mismas se la realiza en el tercio final ya que la acumulación de partículas floculentas generalmente se presentan en la mencionada zona.

Interconexión Floculador - Sedimentador

La interconexión entre el floculador y sedimentador se la realiza mediante una tubería de 1500 mm de diámetro que permite que se mantenga la velocidad de 0.10 m/s que se tiene en los floculadores razón por la cual no se producirá desestabilización del flóculo formado.

Aplicando Bernoulli entre la salida del floculador y entrada al sedimentador, se calcula la pérdida de carga para una velocidad de 0.10 m/s

$$H = v^2/2g$$

$$H = 0.06$$

$$\text{Pérdidas por entrada y salida} = 3 v^2/2g = 0.005$$

Se adopta una pérdida de carga de 0.07

$$\text{Ducto } Q = V \times A \quad 0.10 = 0.150 / A$$

$$A = 1.5 \text{ m}^2, \text{ Se adopta una tubería de acero de 1.50 m de diámetro}$$

3.3 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO (COAGULANTE) Y POLÍMEROS

Los químicos a ser utilizados como coagulante y ayudantes de coagulación de conformidad con las tratabilidades y de la operación normal que tiene la Planta de Tratamiento existente son:

- ✓ Sulfato de Aluminio, como coagulante
- ✓ Polielectrolito débilmente ácido, como ayudante de coagulación

Estos productos serán almacenados y dosificados en las áreas previstas y construidas y que tienen un área de 50 m² ubicados junto al tanque de llegada.

3.3.1 SULFATO DE ALUMINIO

El coagulante previsto y que esta siendo utilizado en la Planta existente es el Sulfato de Aluminio tipo granulado grado B.

Debido a que los sistemas de dosificación y eyectores se encuentran deteriorados, se dimensionan dos tanques para la preparación de la solución para lo cual será necesario la compra de otro tanque de 5 m³ de plástico.

Para que la solución se entregue a gravedad, los mencionados tanques se colocarán sobre las mesas existentes en las cuales estaba previsto colocar los cilindros de cloro gas de 1 Ton

La preparación de la solución se lo hará por vaciado directo (granular) en el tanque de solución para lo cual se ha previsto un punto de alimentación de agua suministrado por el sistema interno de agua potable de la Planta de tratamiento.

La solución será de 0.25 l/s con lo que se logra un llenado del tanque en 5 horas. Este tanque funcionaría de acuerdo con las tasas, que para el presente caso deberían estar en el rango de 25 a 70 mg/l de sulfato.

La regulación de la dosis se lo hará volumétricamente mediante un tanque dosificador a gravedad y, de esta manera se evitará la compra de un inyector eléctrico

La dosificación deberá ser determinada en las pruebas de jarra a ser conducidas en forma rutinaria por el personal encargado de la operación de la PTTM.

3.3.1.1 Características del sulfato

El sulfato de aluminio es un producto de reacción entre el ácido sulfhídrico y bauxita, debe ser seco, limpio y libre de impurezas. Es una solución casi saturada de sulfato de aluminio. Su tamaño deberá pasar el 100% a través de un cedazo de 3" y por lo menos un 75% deberá ser retenido en un cedazo de 1½".

3.3.1.2 Dimensionamiento

Caudal:	300 l/s (2 módulos funcionando)
Dosificación máxima:	70 mg/l
Dosificación media:	40 mg/l
Peso diario:	1036 Kg/día (20 sacos de 50Kg/día)
Relación peso / volumen:	1/10
Llenado de tanque y dosificación:	2.80 l/s.

3.3.1.3 Componentes para la preparación

Se preparará por vaciado directo en dos tanques de solución de 10 m³ c/u provisto de mezcladores y capaces de alimentar la mezcla rápida por lo menos para un turno de 8 horas. La dosificación es de carga constante provisto de flotador y estructura de repartición para cada uno de los módulos.

a. Tanques de solución (2)

Los tanques cuentan con un volumen suficiente para alimentar a la mezcla rápida por lo menos 5 horas Se recomienda tener por lo menos los dos tanques de solución para evitar paradas innecesarias en la dosificación de los coagulantes. Estos tanques tienen la capacidad suficiente para que se prepare la solución de sulfato de aluminio conforme a las dosis medias adoptadas. En este tanque está provisto de un agitador eléctrico que permite preparar la solución para cuando se disponga el sulfato de aluminio granulado. Su utilidad es múltiple ya que permite preparar la solución al inicio de la operación (durante el llenado) y durante la operación mantendrá la suspensión homogénea.

Debido a que existe un agitador se hará necesario la compra de otro agitador que cumpla las mismas especificaciones del existente y que son:

- ✓ Motor eléctrico con ventilación externa
- ✓ Acoplamiento flexible
- ✓ Potencia 1. HP y rodamiento de esferas
- ✓ Retenedores y cojinetes de neopreno
- ✓ Eje primario de acero ABNT
- ✓ Eje secundario de acero inoxidable con hélice de 175 mm. de 4 paletas de acero inoxidable tipo AISI 304

La ubicación sobre las mesas de la estructura de precoloración existente permitirá que la carga para la preparación de la solución se la realice por la parte superior y pueda transportarse a gravedad hacia el tanque dosificador ya que el fondo de los mismos se localiza a una cota tal que permita el vaciado hacia el mencionado tanque y de este se transporta a gravedad hacia el punto de inyección del sulfato de aluminio.

b. Tanque de dosificación

La regulación de la dosis como se ha mencionado anteriormente se lo hará volumétricamente mediante un tanque dosificador a gravedad y, de esta manera se evitará la compra de un inyector eléctrico Este tanque dosificador consistente de un tanque de nivel constante a donde llega la solución y en el cual se tienen dos tubos concéntricos, provistos de orificios en su parte inferior. El caudal a dosificar se controla mediante la rotación de la manilla de un tornillo sin fin debidamente graduado lo que permite una regulación manual.

c. Punto de aplicación

El punto de aplicación se lo realiza en el calado contraído del resalto hidráulico y se lo realiza mediante una canaleta construida en PVC (media sección de tubería de PVC de 300 mm de diámetro) cuya longitud es de 4.65 m cubriendo de esta manera todo el ancho del canal de mezcla rápida. Para que la mezcla sea homogénea y tenga una distribución espacial, la canaleta esta provista de orificios de 1 plg, espaciadas cada 0.10m de sus ejes.

d. Ficha técnica Sulfato de aluminio granulado

Tipo: Sulfato de Aluminio en forma granulado

Características: El sulfato de aluminio (reacción entre el ácido sulfhídrico y bauxita) en estado sólido; debe estar seco, limpio y libre de impurezas y, deberá pasar el 100% a través de un cedazo de 3" y por lo menos un 75% ser retenido en un cedazo de 1½", en solución líquida debe estar casi saturado, ser claro de tal forma que permita su medición sin dificultad y tener al menos 9% de aluminio o 17% de óxido de aluminio, deberá contener en el agua aluminio soluble no menor al 4.23% como aluminio o 8.0% como óxido de aluminio.

3.3.2 POLIELECTROLITOS

La PTM cuenta con instalaciones para la preparación consistentes en:

- ✓ Tanque de solución de 1 m³ de plástico revestido con una capa de polietileno intermedio que permite aislar el calor exterior con el interior para preparar una dilución con relación de 1 g/l o 1 Kg/m³ para no tener inconvenientes de viscosidad en la conducción, hasta el punto de aplicación. Esta cuenta con un agitador o mezclador eléctrico para luego esta mezcla pueda ser dosificada por una bomba con un inyector eléctrico Mc. Chem Tech con capacidad máxima de 4.4 l/s.

- ✓ Dosificador
- ✓ Mezclador

El caudal de agua de disolución esta previsto para que se lo regule en forma manual.

Los rediseños prevén la construcción de un tanque para preparación de la disolución madre de esta sustancia química, que, una vez que esté disuelta, se la mandará al tanque de dosificación en donde se diluye para disminuir su viscosidad y llegar a un punto de mayor operabilidad.

a. Dosificación

A continuación se presentan cálculos en base de:

Dosis óptima recomendada =	0.20 mg/l
Dosis de cálculo =	0.30 mg/l
Caudal de diseño total =	300 l/s
Volumen máximo diario =	7.776 m ³
Volumen/tanque = Volumen máximo/6 =	1.3 m ³

De acuerdo a lo calculado para tener un servicio continuo se debería contar con dos tanques de solución, si la planta funciona con 300 l/s.

La bomba de dosificación trabaja con carga positiva, tanto en la succión como en la impulsión; la descarga se ubica en el tanque de carga de las bombas que succionan el agua para el proceso de floculación en donde se tienen colocadas las instalaciones para un agitador que supuestamente se produzca la mezcla entre el polímero y el agua que entra a la Planta.

b. Punto de Inyección

La inyección del polímero se la realiza directamente a la tubería de 200 mm de diámetro que, en conjunto con el tanque disipador de energía adjunto al tanque floculador, se dará las condiciones de mezcla entre el polímero y el agua

c. Ficha técnica Polielectrolitos

Tipo: Polielectrolito ligeramente catiónico del grupo acrilamida

Características:

Peso molecular:	1 a 30E6
Viscosidad:	0.5 % en peso a 2500 mPas y/o 0.1 % en peso a 300 mPas
pH de aplicación:	7 a 8 (rango efectivo de pH: 3 a 13)
Densidad:	600 a 750 g/l

3.4 SEDIMENTACIÓN

El proceso de sedimentación permite retener los flóculos formados y de esta manera remover del agua los coloides que dan el color y la turbiedad, los mismos que estarán fluidos en los flóculos indicados.

De acuerdo a los resultados observados en la tratabilidad, en la sedimentación deberá quedarse sobre el 90% de las partículas objetables.

La generación de lodo en este caso y las turbiedades del agua, no permiten una filtración directa.

Se utiliza la sedimentación laminar con seditubos a fin de disponer de estos elementos como los mas económicos para la consecución de este objetivo y a la vez conseguir la mejor relación e/d , razón por la

cual se diseñará esta estructura para módulos de seditubos de PVC de 3.65 x 0.53 x 0.78 m que tendrán que disponerse radialmente en dos hileras

Igualmente se adopta una tasa de 200 m^3/m^2 -d debido al área superficial existente. La tasa de trabajo garantizará una remoción mayor al 85%

La repartición del caudal se lo realiza por el fondo mediante orificios de 0.35 m de alto a todo lo largo de la estructura de llegada. Para la evacuación de lodos se tiene previsto instalar orificios de succión con funcionamiento hidráulico tipo manifold de tal manera que la succión sea lo más uniformemente repartida en su longitud.

La recolección de agua tratada se lo hará mediante tubos abiertos en su clave con lo que se logra una mejor distribución, la recolección en el área superficial se verá disminuida debido a la influencia de corrientes secundarias (internas) u ocasionadas por vientos, diferencias térmicas, espacios muertos, etc., con lo que se está garantizando uniformidad de flujo en el paso por las placas de sedimentación laminar.

Sistema de recolección de agua sedimentada:

8 hileras radiales de 4 m.
 $Q / \text{hilera} = 0.150 / 8 = 0.01875 \text{ m}^3/\text{s}$
Se adopta tubos de 10" de diámetro
 $H_c = 0.11 \text{ m}$
 $H_o = 0.175 \text{ m}$
Considerando un 20% de excesos:
 $H_c = 0.121 \text{ m}$
 $H_o = 0.191 \text{ m}$

Orificios de recolección

Se asume una carga de 0.05 m
Área total de orificios = 0.02524 m^2

Se adopta que la corona de la tubería este abierta y pueda trabajar como vertederos laterales.

Pantallas prefabricadas: tipo seditubos con la finalidad de efectuar una construcción más rápida ya que estas pueden construirse fuera y en serie y únicamente colocarse en la estructura.

Configuración del fondo: dadas las condiciones existentes se ha visto como solución la conformación de un fondo tronco cónico del mismo material.

Para que las dimensiones del sedimentador sean válidas es necesario que se tenga un flujo laminar en las placas por lo que se deberá obtener Reynolds menores a 500.

Calculándose con la fórmula de David y White:

$$NR = 2 * V_o * e / \mu$$
$$V_o = 200 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ día}$$
$$e = 5 \text{ cm.}$$
$$\mu = 0.0124 \text{ cm}^2 / \text{s} (12^\circ \text{C})$$

$$\text{Relación } L/e = 1.22/0.05 = 24.40$$

El flujo laminar se desarrolla a una distancia X_L desde la entrada a las placas.

$$X_L = 0.013 NR \cdot e = 0.013 * 160 = 20 \text{ cm.}$$

Por lo tanto se tendrá una carga superficial equivalente:

$$V_{sc} = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{día}$$

Las eficiencias estimadas serán:

$$E = 1 - (V_{sc}/V_0) = 1 - (15/200) = 92 \%$$

La eficiencia puede ser mayor ya que se ha verificado que la sedimentación laminar sobrepasa la eficiencia a los valores obtenidos en laboratorio (pruebas de jarras) por cuanto se tuvo un tiempo de 10 min. de sedimentación que para el prototipo se tendrá una relación:

$$T = L/V = 1.22/150/86400 = 11.7 \text{ min.}$$

3.4.1 EVACUACIÓN DE LODOS

La sedimentación generará una considerable cantidad de lodo, los mismos que se acumularán en la tolva de evacuación, variando su volumen en relación con la dosis de sulfato de aluminio y por consiguiente del grado de turbiedad, comprobándose durante el prototipo de tratabilidad que este valor oscilará entre 2 y 6 mg/l esperándose un valor medio de 4 mg/l.

$$\text{Caudal / hilera} = 0.15/8 = 0.01875 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Generación de lodos} = 4 \text{ mg/l}$$

$$\text{Volumen por hilera} = 0.01875 * 4 * 86.400 = 108 \text{ kg/día}$$

Este volumen será recogido en las tolvas, los lodos de color no son compactados y su permanencia podría dar origen a la formación de adherencias y bancos de lodos, por lo que se recomienda hacer purgas como medida de operación (1 a 2 purgas por día), ya que en las líneas de corriente se pueden sumar flujos de agua y por tanto se tendría que evacuar un mayor volumen.

3.4.1.1 Manifold de descarga con 200 mm.

Se consideró mantener la tubería de PVC de 200 mm de diámetro mediante el accionamiento de una válvula mariposa de $\varnothing = 200 \text{ mm. (8")}$.

3.5 FILTRACIÓN

Como se ha mencionado a lo largo de esta memoria los rediseños mantienen los sistemas de filtros a presión de arenas y carbón activado.

Se elimina el filtro de resinas ya que no tiene objeto ya que su función conforme a la implantación actual es de un suavizador que se lleva a cabo haciendo pasar el agua a través de un lecho de resina aniónica (Tenax) y catiónica (100E), para intercambio iónico. Estas resinas, poseen gran afinidad por cationes divalentes (Ca, Mg) que en él presenta caso no es necesario ya que las concentraciones de Ca y Mg son bajas y se ajustan a las normas INEN 1 104 razón por la cual las aguas no son duras.

Al desechar el filtro de resinas, no se hace necesario la regeneración de las resinas por lo que los tanques de solución de sal muera y equipos de regeneración no son necesarios, optimizándose de esta manera la operación y sus costos.

3.5.1 FILTROS DE ARENA

Los recipientes circulares a presión construidos con tecnología Potable Tech, con un diámetro de 2.35 m, con un área de 4.30 m² permite deducir que estos deberían trabajar con una tasa de 753 m³/m²-día sin embargo, del análisis bibliográfico de filtros verticales a presión de construidos por firmas especializadas en este tipo de plantas con filtros a presión se puede apreciar las siguientes tasas:

Firma	Tasas de trabajo (m ³ /m ² -día)
Edospina ³²	120 a 300
SURFLEX (Infilco) ³³	250 a 300
PERMUTIT ³⁴	180
Culligan ³⁵	390 a 420
BIRATE ³⁶	240 a 480
Pont A Mousson ³⁷	600 a 840 (con lavado aire-agua)

Como se puede apreciar, las tasas a excepción de la Pont A Mousson son inferiores a las adoptadas por los filtros de la PTM, permitiendo colegir que para poder trabajar con una tasa de 753 m³/m²-día, los filtros existentes trabajarán con mayores pérdidas de carga y, en la práctica (operación experimental) se tendrá que comprobar la variación de presión en el agua que entra (afluente), hasta demostrarse un daño o detrimento en la calidad del agua filtrada.³⁸

De acuerdo a AWWA, los filtros a presión trabajan bajo los principios de arena rápidos a gravedad que se puede corroborar con las tasas de trabajo de los fabricantes cuyas tasas de trabajo son similares a los filtros rápidos de lecho mixto.

Con estos antecedentes y debido a que los filtros actuales, trabajan bajo responsabilidad y tecnología de Potable Tech S.A., se asume la tasa de trabajo 753 m³/m²-día, sin embargo, se advierte que antes de llegar a la mencionada tasa, durante la operación experimental se tenga que variar las tasas desde 180 m³/m²-día, hasta que se vea un deterioro en la calidad del agua filtrada que puede ser cuando esta alcance turbiedades mayores a 7 UNT ò se detecte arena ò carbón mineral (cocke).

El mecanismo de filtración se lleva a cabo haciendo pasar el agua sedimentada hacia los filtros mediante una bomba centrífuga Mc. ITT cuyas características principales son:

Capacidad:	218 l/s
Potencia:	75 hp
Electricidad:	440V, 60 hz, 89.5 A
Eficiencia:	87%
Pérdidas de carga en los sistemas filtrantes:	20 mca

³² EDOSPINA, Manual de Ingeniería, Boletín Ing 3550/600, 31400, 37500, Bogota, COL, 1996

³³ INFILCO, The Surfex Filter, Bulletin 1585-C, USA

³⁴ PERMUTIT, Pressure Filters, Paramus, NJ

³⁵ Culligan, Sauvegarde, Sistemas de Clarificación-Filtración, 8183-35, USA

³⁶ Bewater Filtration, Filtration Manual, DB6/2.86, England

³⁷ Degremost, Manual Técnico del Agua,

³⁸ AWWA, Calidad y Tratamiento del Agua, McGraw-Hill, 2002

Ingreso:	250 mm de diámetro
Salida:	200 mm de diámetro
TDH:	45 m
Funcionamiento:	Continuo

De la fase de diagnóstico se determinó que para un módulo estas trabajarán con las siguientes características:

Caudal =	159	l/s
Altura =	47.40	m
Potencia =	100	kw
n =	72	%
velocidad =	1780	rpm

De la curva de los sistemas de bombas se puede apreciar, que las bombas instaladas están sobredimensionadas y los rendimientos son menores al 75 %.

La filtración se lleva a cabo en el medio poroso cuyas graduaciones se dan en la tabla adjunta. Tanto graduación como espesores escogidos por Potable Tech no deben permitir pérdidas altas de presión.

Las partículas atrapadas en el manto, se desalojan fácilmente invirtiendo el flujo a través de la unidad, permitiendo la expansión del manto filtrante, limpiándose por acción hidráulica y por fricción de un grano contra otro.

3.5.2 FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO

Este filtro funciona en serie y consiste en pasar el agua del filtro de arenas a través de un lecho de carbón activado técnicamente seleccionado por Potable Tech (20x50, 12x40).

Las propiedades de este medio filtrante permiten que materia orgánica y las causantes de olores y sabores que se encuentran en el agua sean absorbidas en las superficies del medio filtrante y de esta manera se las elimina.

Los filtros para su funcionamiento utilizan elementos de control con son las válvulas de diafragma AQUAMATIC las cuales son controladas (apertura y cierre) para los diversos procesos (filtración, retrolavado, desagüe) mediante controladores instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros.

Los elementos que componen el tablero son:

- ✓ Controlador de regeneración programable AQUAMATIC modelo 7000 A.
- ✓ Sistema de mando cierre / apertura de válvulas hidráulicas automáticas – STAGERS tipo 58 B.

El sistema de retrolavado de los filtros, cuenta con un sistema temporizado eléctricamente y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

Las principales características que tienen estos filtros son³⁹:

	Filtro de arena y carbón	Filtro Carbón Activado
Diámetro	2.35 m	1.76 m

³⁹ Municipio Santo Domingo, Planos Potable Tech, Planta Tratamiento Toachi Miravalle

Alto	1.75 m	1.75 m
Espesor manto filtrante	0.20 m arena 0.8 a 1.2mm	
	0.20 m arena 0.3 a 0.4 mm	0.40 m CA 12 x 40
	0.20 m arena 0.1 a 0.2 mm	0.30 m CA 20 x 60
	0.10 m carbón < 1.2 mm	
Sistema drenaje	Flauta	Flauta
Desagüe	Tubería PVC 6"	Tubería PVC 6"
Entrada	Chapa deflectora	Chapa deflectora

Los filtros están contruidos en acero tipo A36 de 6 mm de chapa, revestidos con pintura epóxica poliamida blanco

3.5.3 OPERACIÓN DE FILTROS A PRESIÓN

Los flujos de los diversos procesos de filtración a presión son controlados por válvulas de diafragma que son controladas por el sistema computarizado SD 680 M programable, que cuenta con un sistema temporizado y secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros como se ha mencionado en el capítulo de operación de los filtros..

Las válvulas son:

Una válvula mariposa tipo Waffer de 150 mm de diámetro, funciona como válvula de cierre para cada uno de los módulos de tratamiento.

Filtro a presión: Ocho Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6" de diámetro Mc 429 para tres servicios; Dos Válvulas de diafragma de hierro Mc. AQUAMATIC de 6" de diámetro Mc 429 para dos servicios. Estas válvulas son controladoras de flujo y de presiones y su apertura y cierre se las realiza mediante selenoides eléctricos. Caudal y presiones son controladas con los pilotos.

Durante la operación normal se tendrán:

- ✓ Válvulas 1,2,4,5, trabajan completamente abiertas
- ✓ Válvulas 7,8, cerradas
- ✓ Válvulas 10,11, cerradas
- ✓ Válvulas 13, cerrada para evitar el contraflujo

Durante Operación de Lavado:

- ✓ Válvulas 1,2,,4,5, cerradas
- ✓ Válvulas 7,8, abiertas para permitir el agua de lavado
- ✓ Válvulas 10. 11, abiertas y permitir que las aguas de lavado se dispongan al desagüe mediante la tubería de desagüe de PVC de 160 mm de diámetro para los filtros de arenas y de carbón activado.
- ✓ Válvulas 13, cerradas para evitar el contraflujo y puedan entrar parte de las aguas de lavado hacia el filtro de carbón y resinas

Esta descripción se la puede conocer en el diagrama esquemático que se anexa.

Para la rehabilitación de la PTIM, se debe proceder a la limpieza y lubricación de ejes, diafragmas y en caso de ser necesario, cambiar los diafragmas en mal estado (corroídos) de las válvulas AQUAMATIC. Igualmente, se deben realizar el cambio de acoples y pernería que se encuentran corroídos.

Es necesario incluir en los filtros manómetros para inspección visual. Estos deben tener un rango de presiones de 0–70 PSI (0-50mca) para efectos de control de operación, en lo referente a mediciones de presión: en la entrada del agua cruda, en el proceso de filtración y a la salida para el consumo.

Los filtros no cuentan con válvulas de aire de simple acción para evitar la formación de bolsas de aire que tienden a aumentar la presión con el efecto perjudicial de asolvamiento y pérdidas de arena y carbón activado.

Como observación adicional en las mangueras plásticas de PVC tipos diámetro 3/8 y diámetro 1/4 de pulgada se observó que estas se encontraban conectadas en forma estrecha y con los accesorios de conexión en algunos casos faltantes.

Debido a informaciones de operadores se deberá cambiar o empaquetar el filtro de arena ya que debido a las presiones y lavados continuos hubo pérdida del material filtrante.

3.5.4 LAVADO DE FILTROS

El sistema de retrolavado de los filtros, cuenta con un sistema temporizado eléctricamente y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

Para la batería de filtros No. 1, este tablero ha sido retirado, existiendo únicamente el cableado eléctrico. El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

3.6 DESINFECCIÓN

La desinfección tiene como objetivo el de oxidar todo tipo de elemento patógeno que no haya sido retenido en el proceso de filtración y para cumplir con las normas sanitarias en lo referente a la concentración mínima del cloro libre residual PTTM.

Los rediseños contemplan la colocación de un sistema de cloración nuevo ya que, solamente existen partes de válvulas y eyector que no podrán acoplarse al nuevo sistema de cloración.

La cloración se la realizará mediante la inyección de cloro gas para lo cual se construirá una caseta de cloración de 16 m² con riel y polipasto para poder manejar los cilindros de cloro y, en la cual además de los cilindros de gas, se tendrán las conexiones de dosificación.

Al utilizarse cloro gas en solución se ha previsto disminuir potenciales pérdidas de este elemento mediante la aplicación inmediata del mismo inmediatamente después del proceso de la filtración. El sitio más adecuado para alcanzar este propósito se determinó, que está en la cámara de contacto a construirse, en donde se ha instalado una flauta transversal en el fondo la cual cumple con las características técnicas de las casas manufactureras de equipos de cloración.

Se dispondrá de dos cilindros de cloro de 1 Ton. La tubería de alimentación de cloro gas estará equipada de una válvula con mando eléctrico que deberá cerrar la válvula eléctrica del tanque vacío y luego proceder a abrir la válvula del tanque lleno, de esta manera no se producirá ninguna interrupción en la dosificación y en el funcionamiento de la instalación. Inmediatamente deberá reemplazarse el tanque vacío en la báscula por uno lleno.

Se instalará un manómetro de contacto ubicado en la tubería para cloro el cual indicará una baja de presión cuando los tanques estén vacíos y permitirá la puesta en marcha de la válvula eléctrica para el cambio de fila de tanques de servicio.

3.6.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS CLORÓMETROS⁴⁰

Estos funcionarán con el paso del cloro gas bajo la succión creada por el eyector de salida, ubicado en el cárcamo de bombas. En este punto se inyectará el agua que proporcionará el tanque elevado previsto el cual suministra una presión de 20 m.c.a., suficiente para crear la succión en el aparato, provocando la apertura de la válvula reductora de presión ubicada entre el cilindro y el dosificador.

El cloro pasa por esta válvula y luego por el rotámetro del clorador, siendo conducido a succión por una tubería de PVC hasta el eyector, desde donde entra en solución con el agua inyectada en este punto, y en esta forma es llevado hasta el difusor el cual se ubica al inicio de la cámara de contacto con capacidad de 30 m³ prevista para que la acción del cloro sea efectiva.

La regulación de la dosificación de cloro se lo hará manualmente mediante el accionamiento de un botón regulador del dosificador.

La lectura del consumo se lo hará directamente en g/h en el rotámetro.

La válvula reguladora de vacío asegurará un vacío igual ya sea aguas arriba o aguas abajo del rotámetro, por lo tanto permitirá obtener una gran precisión en la dosificación.

La válvula reguladora de presión y cheque se hará con tubería de acero sin costura clase 80. Esta válvula es la que divide el cloro a presión del cloro al vacío y por tanto se la a colocado fuera de la sala de los cloradores a fin de que dentro de ella haya solamente cloro al vacío. Desde esta válvula hasta los cloradores se han colocado tuberías de PVC clase 40. Los cloradores no llevan el eyector incluido dentro del gabinete, sino que éste, como se ha mencionado anteriormente se lo ha ubicado cerca del punto de aplicación o sea en el cárcamo de las bombas.

El hidroeyector asegura una mezcla perfecta del cloro con el agua motriz, la solución de agua clorada así obtenida es transportada al punto de inyección.

Cuando se para la cloración, una clapeta de anti retorno en el hidro eyector, impide la subida de agua en el aparato, al mismo tiempo, la válvula de escape y de suspensión se cierra.

La adición del difusor para introducir la solución dentro del flujo principal, previene que este se ponga en contacto con cualquier material que pueda ser corroído.

El difusor será construido en tubería de PVC de 63 mm de diámetro, un MPa, con perforaciones de 10 mm, espaciadas cada 10 cm de tal forma que trabaje como manifold.

Para facilitar la remoción del inyector en caso de mantenimiento, una válvula tipo diafragma con anillos de cauchos será instalada entre el inyector y el difusor.

3.6.1.1 Características técnicas

El rango de los cloradores es de 200 PPD, para un aparato de 40 Kg/h con diámetro de tubería de 1".

El rango adoptado es de 1 a 2.5 mg/l

3.6.1.2 Seguridad industrial

El cloro al ser un gas sumamente peligroso, puede causar enfisema pulmonar cuando se le inhala en altas concentraciones aún por un tiempo corto, y en casos severos puede ocasionar asfixia y muerte.

⁴⁰ CAPITOL CONTROLS, catálogos

También ataca a la piel cuando existen cantidades elevadas de cloro en el aire. Tomando en cuenta las consideraciones enunciadas, se han previsto que la caseta sea completamente ventilada.

Datos técnicos

- ✓ Dosis máxima : 2 g/m³
- ✓ Caudal máx: 0.3 m³/s.
- ✓ Consumo cloro: 2.10 Kg/h = 51 Kg/d.
- ✓ Almacenamiento: 30 días
- ✓ Volumen a almacenar: 1530 Kg se adopta 2 tanques de 907 kg.
- ✓ Selección: Alimentadores de gas de baja capacidad y sobre los 2000 PPD
- ✓ Instalación: Tubería en acero grado B (ASTM-106).
- ✓ Líneas de vaciado en tubería de PVC con uniones de teflón, válvula reductora de presión deberá ser localizada lo mas cerca posible a la descarga del gas para asegurar una apropiada operación.
- ✓ El cloro deberá ser empaquetado en forma de gas licuado bajo presión y los envases cumplirán con las siguientes especificaciones:

Tipo: cilindro: Capacidad neta: 1000 Kg. (1Ton)
Peso contenedor vacío: 748 Kg
Diámetro externo: 0.762 m.
Longitud: 2.070 m.

Punto de aplicación

El punto de aplicación se la realiza en la cámara de contacto mediante un difusor (flauta transversal) localizado en el fondo y al inicio para que se produzca una mezcla completa.

Ficha técnica: Desinfección

Tipo: Cloro gas
Características:

Punto de ebullición:	-34.05 °C
Densidad:	3.209 g/l
Solubilidad en el agua:	0.5% a 37.8°C
Peso molecular:	71 g/mol

4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y DE CONTROL

4.1 GENERALIDADES

La PTTM se sirve del alimentador en alta tensión aérea que entra a la Planta de Tratamiento de Santo Domingo, trifásico y una torre de transformación, cuenta con un transformador trifásico de 100 KVA para 220/110 y otro de 400 KV para 440/220. Los alimentadores en baja tensión se derivan a los tableros de distribución, trifásicos con conductores tipo TW en tubos metálicos EMT.

Debido a que se mantienen los equipos de bombeo y la filtración a presión, el esquema eléctrico original se mantiene y cuyas características se resumen en el cuadro siguiente:

<i>Descripción</i>	<i>Cant.</i>	<i>Voltaje</i>	<i>Potencia</i>	<i>Conductor</i>	<i>Longitud</i>
--------------------	--------------	----------------	-----------------	------------------	-----------------

Computador Programable	8 ⁴¹	110		2 No.16 TTU	33 m
Dosificador Cl	1	110	0.1	2 No.14 TTU	40 m
Agitador Solución Coagul.	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Agitador polímeros	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Dosificados Coagulante	1	110	0.33	2 No.14 TTU	70 m
Dosificador Polímeros	1	110	0.33	2 No.14 TTU	70 m
Dosificador Cl	1	110	0.1	2 No.14 TTU	70 m
Bomba de lodos *	1	460	0.33	3 No.14 TTU	50 m
Motor Reductores	2	460	10 c/u	3 No.10 TTU	160 m
Bombas Centrífugas *	4	460	75 c/u	3 No.2 TTU	215 m

* Considera el conjunto motor y bomba

Se hace notar que en los rediseños no será necesario los agitadores para solución de coagulante así como la bomba de lodos y los moto reductores instalados en los floculadores.

En la caseta de transformación se tiene dos transformadores cuyas características principales son:

Descripción	Transformador 1	Transformador 2
Capacidad	100 KVA	400 KVA.
Fases	3	3
Frecuencia	60 Hz	60Hz
Tensión	13200 W	13200 W
Transformación	220/110 V	440/220 V

Los equipos electromecánicos y sus capacidades son:

- ✓ Cuatro motores de 75 Hp acopladas a las bombas centrífugas que utilizan energía de 230/460 V, 60 hz, 89.5 A
- ✓ Una bomba de presión para cloración de 1hp,110V, 60 hz,
- ✓ Una bomba de inyección de polímeros Mc. Chem Tech de 1/3 hp, 110V, 60 hz.
- ✓ Dos agitadores para preparación de solución de sulfato de 1/2 hp, 110 V, 60 hz
- ✓ Luminarias para el alumbrado interior y exterior.

Los equipos antes mencionados y muchos otros han sido considerados para elaborar la demanda necesaria para el funcionamiento de la PTTM estimadas en 210 KVA

4.2 CIRCUITOS Y TABLEROS DE CONTROL.

Los circuitos se derivarán desde los dos tableros para control de las bombas 1 y 2 y, bombas 3 y 4 respectivamente e instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros. Desde estos tableros de control se

⁴¹ Se debe colocar un tablero para la columna de filtración 1 ya que según los funcionarios de EMAPA-SD, fueron retirados

derivan los circuitos de alimentación a los motores de 75 Hp, descritos y a los equipos de dosificación, los que se los realiza con conductores 3xN 250 mcm tipo TW para cada motor de 75 Hp, con conductores 2x N 12 TW para los motores menores a 3Hp.

Los elementos que componen el tablero son:

- ✓ Controlador de regeneración programable AQUAMATIC modelo 7000 A.
- ✓ Sistema de mando cierre/apertura de válvulas hidráulicas automáticas – STAGERS tipo 58 B.

Para el sistema de retrolavado de los filtros, se cuenta con un sistema temporizado eléctrico y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente. El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

Detalles de las instalaciones se encuentra en el plano esquemático que se adjunta.

Los circuitos de iluminación son parte de la infraestructura eléctrica existente habiéndose empotrado en la losa y paredes tomacorrientes con conductores 2xN 12 AWG +N14 tipo TW en tubos de PVC tipo pesado de 1/2 pulgada de diámetro.

El alumbrado exterior cuenta con luminarias cerradas con lámparas de vapor de sodio de alta presión, de 70 w-220 instalados en postes de hormigón armado

La caída de tensión prevé que no sobrepase del 5 % desde el tablero de distribución principal hasta la última toma de salida de cada circuito.

4.3 PROTECCIONES

Las instalaciones cuentan con interruptores termo magnéticos, los motores cuentan con tableros de control y distribución de donde se deriva la alimentación al motor, formando parte de los arrancadores. Cada motor estará protegido completamente mediante la utilización de arrancadores estrella triángulo los mismos que tienen incorporadas las protecciones contra sobre corriente, sobrecarga, pérdida de fase, etc.

Por el tiempo que se hallan sin funcionar la PTTM, se requiere de los tableros (8 en total) una limpieza, revisión de cableado, programación nueva, y adicionalmente debe instalarse un sistema eléctrico que permita operar en forma individual cada tablero en forma independiente. Actualmente todos los tableros tienen control general del tablero de mando de la planta.

5. DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de las instalaciones contempladas en los rediseños como son: cámara de contacto, caseta de cloración, mezcla rápida, anclajes, entre otras, se la realiza en base al Código ACI con el enfoque que sigue el Código Ecuatoriano de la Construcción.

La cámara de contacto por tratarse de una estructura hidráulica, considera el método de esfuerzos elásticos de tal manera que el esfuerzo de tensión en el concreto se mantenga por debajo del módulo de rotura, logrando que no se desarrollen grietas de tensión. Este enfoque de diseño llamado en Europa y con alguna frecuencia en Estados Unidos, diseño para estados límites, es la base principal del Código ACI de 1989 y el enfoque que se sigue para el cálculo.

5.1 CONSIDERACIONES DE CÁLCULO

Sección 9.2 del CEC.- La resistencia requerida U, que debe resistir la carga muerta D y la carga viva L. Deberá ser por lo menos:

$$U = 1.4D + 1.7L$$

Sección 9.2.4 del CEC.- Si se va a incluir en el diseño la resistencia al empuje lateral del terreno, H, la resistencia requerida U debe ser por lo menos:

$$U = 1.4D + 1.7L + 1.7H$$

Deflexiones máximas permisibles calculadas para pisos y techo que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños por grandes deflexiones = $l/480$ (l en cm).

Altura mínima de losas en una dirección h (mm) = $l/24$ (l en mm) con un extremo continuo. Simplemente apoyados h (mm) = $l/20$ (l en mm)

5.2 PROCESO

Se ha seleccionado secciones típicas de las estructuras y se calcula la cantidad de acero requerido conforme a los esfuerzos que soportan los elementos estructurales para los cuales se asume los cálculos. Además se comprueba para el acero mínimo requerido. El programa utilizado es el denominado SAP2000 ® como programa de análisis estructural versión 7.20. La cuantía de acero y el área requerida del mismo se obtiene mediante las formulas de cálculo de elementos sometidos a flexión con la ayuda de la Hoja electrónica EXCEL.

Se comprueba que las deflexiones calculadas no superen los valores recomendados por el CEC, es decir que $l/480$, los mismos que pueden ser verificados en la columna "UX" de los resultados de la corrida del programa mencionado, por lo que se asegura de esta manera que las dimensiones de prediseño son las adecuadas y se controlan la formación de fisuras para las condiciones de carga planteadas para la estructura en cuestión.

La armadura resultante de este análisis de diseño se indica en los planos correspondientes a la parte estructural.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL, MEDIDAS DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO

1. INTRODUCCIÓN

El Estudio de Impacto Ambiental, medidas de prevención, mitigación y, compensación ambiental de la PTTM, tienen un enfoque interdisciplinario, toman como base los rediseños efectuados y los parámetros ambientales dentro del área de influencia directa, para de esta manera seleccionar medidas que puedan ser sustentadas desde el punto de vista técnico, ambiental y económico, y que a su vez pueden ser incorporadas en las respectivas tablas de cantidades y rubros de los precios unitarios del Proyecto.

Estas medidas, coadyuvarán a lograr los objetivos del proyecto como son: el suministro de agua potable en cantidad y calidad para la ciudad de Santo Domingo.

2. MARCO LEGAL PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Entre las leyes y reglamentos aplicables al Estudio de Impacto Ambiental de la PTTM de la ciudad de Santo Domingo, están:

El Código de la Salud, en el Capítulo II, "Del Abastecimiento de Agua Potable para uso humano", establece normas específicas aplicables al proyecto de la PTTM de Santo Domingo, en relación con la preservación de las fuentes de agua, cuencas hidrográficas y sobre la calidad del agua que se suministra al usuario.

La Ley de Aguas en su Título IV, "De los usos de aguas y prelación", dicta normas que regulan el aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos superficiales.

El Reglamento de la Ley de Aguas, en su Título VIII, "De la conservación y contaminación de las aguas", establece normas específicas para el control de la contaminación de los cursos de agua, lagos y reservorios. El Art. 86, se aplica a la protección y conservación de las micro cuencas hidrográficas de aporte a las fuentes de abastecimiento.

La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus reglamentos, dicta normas para la prevención y control de la contaminación de los recursos: aire, agua, suelo y para la preservación, mejoramiento y restauración del ambiente.

La Ley de Régimen Municipal, en la Sección Segunda, "De las funciones", en su párrafo 1º: "Planeamiento y Urbanismo", párrafo 2º: "Obras Públicas" y párrafo 3º: "Servicios Públicos", establece normas sobre la obligatoriedad que tienen las entidades municipales en: planificar, construir y administrar los servicios públicos urbanos y rurales de su jurisdicción, para un adecuado desenvolvimiento de sus habitantes, dentro de los cuales se enmarca el suministro de agua potable.

La Resolución N° 741 del Consejo Superior del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, que expide el "Reglamento General del Seguro de Riesgos de Trabajo", publicado en el Registro Oficial N° 579, del 10 de diciembre de 1990, tiene aplicación en las Etapas de Construcción, Operación y Mantenimiento del Proyecto de ampliación del sistema de Agua para la ciudad de Santo Domingo.

3. CONDICIONES EXISTENTES

3.1. FORMACIONES ECOLÓGICAS

La PTTM situada en la entrada sur de la ciudad, conforme a la clasificación bioclimática de Holdridge se encuentra en la zona:

Bosque muy húmedo Pre- Montano (bmh –PMb).

Las precipitaciones promedian entre 2000 y 4000 mm anuales. La alta pluviosidad es la consecuencia de una superposición de lluvias de origen convencional de las partes altas adyacentes y de lluvias de tipo orográfico originadas por vientos que son obligados a ascender por estas vertientes y serranías.

Las estaciones corresponden a un clima monzónico de 10 meses de lluvia y dos meses de verano. El período seco se restringe a los meses de julio y agosto. Este sobrante de lluvias está acompañado de una alta humedad relativa, debido a una alta nubosidad

3.2 SUELOS Y VEGETACIÓN

Debido a que el terreno está ocupado por la Planta de Tratamiento de la ciudad, en su área existe poca vegetación natural pero en la periferia se puede hallar fincas con palmas (pambil, Iriarte corneto, palma real), árboles de menor tamaño como Matisia coloradum, uva, peine de mono, bejucos y epifitas apareciendo como una vegetación densa y tupida.

3.3. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El proyecto, tiene como principal objetivo de paliar el déficit actual de agua potable de la ciudad de Santo Domingo.

La actividad económica es la agropecuaria, comercial y de pequeñas industrias especialmente metalmecánicas.

La población ocupada por ramas de actividad, señala que están dedicada al sector primario de la economía con el 16 % en actividades agrícolas, industria manufacturera 36 %, actividades de construcción 4.7 %, comercio 25 %, transporte 1.5 %, servicios 4.7 % y otros 3.8 %. La población desocupada alcanza el 8 %.

El área del proyecto se comunica con la ciudad de Santo Domingo a través de vía asfaltada de 8 metros de ancho, asfaltada.

4. DESCRIPCIÓN DE LA PTTM

La PTTM con capacidad para tratar 300 l/s cuenta con los siguientes procesos:

- ✓ Mezcla rápida mediante la formación de un resalto hidráulico
- ✓ Inyección de coagulante (sulfato de aluminio) y ayudante de coagulación (polímero)
- ✓ Flocculación hidráulica de flujo horizontal
- ✓ Sedimentación de tasa acelerada provista de seditubos
- ✓ Filtración a Presión (Filtro de arenas y de carbón activado)
- ✓ Desinfección con cloro gas.

5. RESUMEN DE EFECTOS AMBIENTALES

A continuación se resumen los principales efectos ambientales identificados por esta consultoría, y que serán producto de las acciones o actividades a desarrollarse para poner en marcha el funcionamiento de la PTTM.

El resumen, ha adoptado la siguiente simbología:

IPAS	Impacto Potencial Adverso significativo
IPANS	Impacto potencial adverso no significativo
IC	Impacto circunstancial
ICAS	Impacto Circunstancial adverso significativo
ICANS	Impacto circunstancial adverso no significativo
IPBS	Impacto Potencial benéfico significativo
IPBNS	Impacto potencial benéfico no significativo
NSI	No se detecto impacto
II	Impacto incierto

I. Impactos Potenciales

COMPONENTE AMBIENTAL	TIPO DE IMPACTO
Afectación a recurso agua por captación y modificación de drenajes	ICNS
Movimiento de tierras, Migración sedimentos	IPANS
Fuentes de Trabajo	IPBNS
Desarrollo económico de la población	IPBS
Accidentes	IPANS

Acciones que generan Impactos	Tipo de Impacto
Construcción del Proyecto	IPANS
Patios de maniobras	IPANS
Movilización y Equipos	ICANS
Disposición de residuos sólidos y líquidos	IPANS
Adopción medidas de seguridad	ICBS
Instalación de equipos	IPANS
Generación de escombros	ICANS

II. Impactos en la Etapa de Operación y Mantenimiento

Fallas operacionales	II
Servicios (agua potable)	IPBS
Seguimiento O&M preventivo y correctivo	IPBS
Fallas de estructuras	ICAS
Fallas operacionales	II
Servicios (agua potable)	IPBS
Seguimiento O-M preventivo y correctivo	IPBS
Fallas estructurales	ICAS

Los principales efectos se describen a continuación:

5.1 PRODUCCIÓN DE RUIDOS, VIBRACIONES Y EMISIÓN DE POLVO

En la etapa de construcción, se producirá un aumento en los niveles de ruido y de vibraciones por la operación de la maquinaria, equipos, la presencia de patios de maniobra. Sus efectos no serán significativos.

En cuanto tiene que ver con la calidad del aire prácticamente el tipo de obras a ejecutarse como son pequeñas excavaciones, rellenos, montaje no producirán polvo o partículas que pueden causar efectos detrimentales de baja intensidad.

5.2 ASPECTOS SOCIO ECONÓMICOS

El proyecto brindará un servicio importantísimo a los usuarios del sistema de agua potable de la ciudad de Santo Domingo, lo que en sí, justifica el proyecto.

En el aspecto institucional, se puede apreciar la capacidad y voluntad técnica y administrativa de la Municipalidad del Cantón Santo Domingo y de la EMAPA-SD para implementar este tipo de proyecto sustentado sobre aspectos técnicos y ambientales.

Durante la etapa constructiva, se generarán fuentes de trabajo a nivel técnico y mano de obra, lo cual contribuirá al mejoramiento económico temporal del personal utilizado, generado un aporte adicional en sus conocimientos técnicos.

El proyecto, como cualquier otra obra pública, generará aumentos netos (por un valor igual a la inversión total) en la actividad económica de la construcción, en los servicios de intermediación financiera y en los servicios a las empresas, así como en el comercio y servicios en la población.

Debido a la utilización de maquinaria, explosivos, utilización de elementos constructivos, apertura de frentes de trabajo, el personal estará expuesto a riesgos propios de este tipo de obras. Para minimizar accidentes de trabajo se deberá implementar las respectivas medidas de seguridad industrial.

5.3 GENERACIÓN DE ESCOMBROS

La construcción de la PTTM, generará escombros que no afectan a cauces de ríos y que podrán ser fácilmente dispuestos en la escombrera de la ciudad.

6. DISEÑO MEDIDAS DE MITIGACIÓN

A continuación se presentan los diseños de las medidas de mitigación, las mismas que se encuentran en íntima relación con los efectos e impactos ambientales registrados en los capítulos anteriores.

Al ejecutarse estas medidas, se atenderán a las acciones seleccionadas para asegurar el desarrollo del proyecto desde el punto de vista ambiental y se contribuirá a la optimización de las obras civiles y los procedimientos de operación y mantenimiento.

Estas medidas tienen dos componentes de gran importancia y utilidad para su ejecución.

- a. Actividades de control y fiscalización que aseguren la aplicación de las medidas propuestas en las fases de construcción, operación y mantenimiento.
- b. Actividades de organización, difusión, promoción y educación ambiental de las medidas correctivas, dirigidas al personal involucrado en la construcción del proyecto.

Estos componentes deberán programarse y ejecutarse en paralelo con las obras civiles; algunos incluso, se deberán ejecutar antes del inicio de construcción del Proyecto. Estas actividades tendrán que ser controladas y administradas por la sección especializada en medio ambiente del Municipio o la EMAPA-SD.

Medida 1 Recuperación de terraplenes usados para áreas de trabajo, bodegas y patios de maniobras.

El contratista establecerá sus áreas de trabajo dentro de los terrenos en la que se circunscribe la PTM, ocupando provisionalmente áreas adyacentes para el emplazamiento de la caseta de cloración y, de áreas para acopio de materiales de construcción.

Ante esta situación se propone los siguientes:

- ✓ Sitios de bodegaje de materiales y equipos electromecánicos, deberán ser seleccionado conjuntamente con la fiscalización, recomendándose que el contratista pida la respectiva autorización para poder utilizar los terrenos y bodegas que cuenta la EMAPA-SD.
- ✓ Los patios de maniobras será responsabilidad del contratista y, deberá utilizar dimensiones mínimas necesarias para las diferentes actividades y poner estos a consideración de la fiscalización para su aprobación.

Una vez concluidos los trabajos, el contratista deberá proceder oportunamente a dismantelar las estructuras y obras civiles provisionales, y disponer todos los elementos no recuperables en la escombrera del Gobierno Municipal, de tal manera que las áreas utilizadas puedan recuperarse, limpiarse y recuperar las condiciones actuales.

Medida 2 Diseño de descargas para aguas de lavado de los procesos

Debido a que las aguas de lavado (floculador, sedimentadores y filtros) se descargarán directamente al sistema de alcantarillado y esta descarga a la quebrada s/n se hace necesario reforzar la entrega mediante muros de ala y gaviones para evitar la socavación del cauce y de sus paredes.

Medida 3 Accesos y caminos.

El acceso a la caseta de cloración debe construirse para que este sea permanente ya que permitirá la carga y descarga de los cilindros de cloro de 1 Ton así como labores normales de operación de los cloradores y de la PTM en general.

Medida 4 Escombreras

Todos los materiales obtenidos en las excavaciones, dismantelamientos, y basuras inertes que no se vayan a utilizar en el Proyecto ó afirmaciones de las rodaduras u otros componentes del proyecto, deberán disponerse solamente en las áreas que actualmente dispone el Municipio (botadero).

Todos los materiales medianos y finos que conformen estas escombreras deberán ser colocados por capas oblicuas o planas, las cuales se compactarán y estabilizarán automáticamente con el paso de la maquinaria.

Una vez concluida la disposición del material, en el área designada para este efecto, se deberá limpiar y cubrir su superficie conforme a las condiciones originales.

Medida 5 Revegetación

Esta actividad se ejecutará para todas las áreas descubiertas y mas bien tiene la intencionalidad paisajista y de ofrecer áreas verdes que se integren a la PTM.

El suelo restituído constituirá conjuntamente con la humedad del sector, la materia prima esencial en el proceso de recuperación de la cobertura vegetal.

Luego de colocado el suelo orgánico, se iniciarán las actividades de siembra de especies nativas.

Este rubro se pagará por área de recuperación de cobertura..

Medida 6 Rotulación ambiental

La regulación de las normas y reglamentos para la circulación y comportamiento en el área de influencia, requiere de una buena señalización y un mecanismo de difusión de lo que es prohibido. Esta deberá incluir un diagrama esquemático del proyecto

Será elaborado preferiblemente de madera tratada, o de hierro o tool y reforzados con hierro. Serán colocados sobre un tubo y sobre un pedestal y ser pintados con pintura epóxica fluorescente.

Los rótulos se pagarán por unidad.

Medida 7 Salud ocupacional

Esta medida se aplicará para atender de manera digna y adecuada a todo el personal ocupado en los diferentes frentes de trabajo, considerando en cada caso los riesgos potenciales y la prevención de accidentes de trabajo.

El contratista tendrá la obligación de explicar en su oferta técnica el procedimiento y metodología que adoptará para mantener una adecuada salud ocupacional de todo su personal, para lo cual será necesario que conozca el sitio, las condiciones ambientales de la zona, la necesidad de dar prioridad en la contratación al personal de la zona, así como el conocimiento de las leyes laborales del país.

En los frentes de trabajo, el contratista deberá establecer la metodología mas adecuada que permita minimizar los riesgos de trabajo, deberá proveer de la vestimenta básica de trabajo como cascos protectores, botas, mascarillas de polvo y demás implementos recomendados para cada situación.

Los costos generados por todos estos servicios deberán ser incluidos y prorrateados dentro de los indirectos de todos los rubros en los cuales se incluya la participación de este personal, y la fiscalización tendrá la obligación de revisar constantemente el cumplimiento que debe mantener el contratista en la aplicación de esta medida.

Medida 8 Plan de difusión y educación ambiental

Este plan contempla talleres de educación y protección ambiental, emisión de afiches informativos y de cuñas radiales, enfocados a prevenir y corregir acciones impactantes ya que se ha determinado que una buena información y difusión de los proyectos constituyen medidas eficaces de prevención. El plan será dirigido al personal y población que directa o indirectamente se involucre en la ejecución y operación del sistema, y ayudará a la gestión administrativa ambiental del proyecto.

La implementación a ser desarrollado por la Municipalidad y/o la EMAPA-SDS, para lo cual se sugiere el siguiente esquema:

Fase de Preconstrucción, deberá darse y proporcionar los mecanismos necesarios para que exista una participación activa de los grupos poblacionales, propietarios, y grupos interesados en el desarrollo de la ciudad a través de un compromiso pleno de participación de éstos.

Los elementos de difusión y educación previstos en esta fase son:

- ✓ Difusión de componentes y medidas ambientales del proyecto
- ✓ Servidumbres de paso

Fase de construcción, participación de las entidades ejecutoras del proyecto, trabajadores, ciudadanía, debiéndose incluir los siguientes elementos:

- ✓ Cumplimiento de las especificaciones ambientales del proyecto
- ✓ Talleres sobre técnicas apropiadas para la construcción y conceptualización de los diseños de las medidas de prevención y mitigación bajo la óptica de interacción de los componentes ambientales.

Fase de operación, en esta fase deberá intervenir el Municipio, EMAPA-SD, ciudadanía instituciones interesadas en el manejo de la PTM. Los programas estarán encaminados a al buen uso del agua potable.

Ejecución: Para llevar a cabo el plan de difusión y educación en las diversas fases del proyecto, la Municipalidad y la EMAPA-SD asumirán la responsabilidad, por lo que serán los responsables de la ejecución del plan, de aplicar todas las estrategias y medidas necesarias, a fin de que las recomendaciones establecidas por este estudio, tengan un efecto positivo. De creer conveniente, en la fase de construcción, la EMAPA-SD podrá delegar a las constructoras la ejecución de ciertos talleres ambientales especialmente dirigidos al personal que laborará en las diversas fases del proyecto. Igualmente la EMAPA-SD, podrá contratar con ONG's o Centros especializados en educación ambiental la organización de talleres que contemplen los programas de control, agropecuarios y conservación.

7. MEDIDAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y PLAN DE MANEJO

7.1 OBJETIVOS Y METAS

Las medidas a adoptarse para el buen funcionamiento del Proyecto, deberán circunscribirse en la aplicación y cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación descritas, cumplimiento de los manuales de operación y mantenimiento de las obras civiles, para inducir o aplicar nuevas medidas tendientes a la estabilización de los componentes ambientales.

El Plan de Manejo, tiende a proporcionar políticas básicas a ser desarrolladas e implementadas por la EMAPA-SD que permitan que el proyecto, tenga un desarrollo sustentable técnico y ambiental, alcanzando los objetivos de los rediseños de protección de sus componentes, fomentando la gestión sobre usos del agua y contribuyendo a desarrollar una estructura institucional dentro de la EMAPA-SD, que fomente el uso racional del agua.

Los objetivos del Plan son:

- ✓ Mejorar la gestión del recurso agua para aumentar la eficiencia en sus usos, entre sus usuarios.
- ✓ Implementar el programa de difusión y educación ambiental del proyecto.
- ✓ Presentar la base para organizar un sistema de manejo del Proyecto, capaz de controlar y monitorear su buen uso que incluya:
 - a. Vigilar el cumplimiento de la propuesta de acciones correctivas por parte de los constructores.
 - b. Aprobar las auditorías y evaluaciones ambientales que se efectuarán al proyecto.
 - c. Proponer, realizar o supervisar los controles sobre las estructuras que componen el proyecto y modificar, en caso necesario, los lineamientos del Plan de ejecución de obras, siempre que esto no implique riesgos en el área.

d. Establecer un programa de monitoreo con los siguientes objetivos:

- ✓ Proporcionar información para la verificación de impactos que resulten de una acción propuesta, y compararlos con los que se formulan en el estudio.
- ✓ Advertir a los entes involucrados sobre los impactos adversos no anticipados en el presente estudio o de cambios bruscos en las tendencias de los impactos previamente evaluados.
- ✓ Proporcionar información para determinar la localización, nivel y tiempo en que se presenten los impactos relacionados con el proyecto.

En este contexto, el Plan de Manejo, guarda íntima relación con la puesta en marcha de las medidas de prevención, mitigación y control de calidad, tomando en consideración las etapas de diseño, construcción y operación del proyecto.

El monitoreo ambiental es una herramienta importante en todo Plan de Manejo y en cualquier programa de evaluación y control, pues permite vigilar el cumplimiento de las medidas de prevención y mitigación y, posibilita formular correctivos y acciones necesarias en concordancia con los resultados que se obtengan.

Para efectos del monitoreo ambiental, se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Los datos, en lo posible, deberán obtenerse en forma de registros recolectados en forma rutinaria por la EMAPA-SD, agencias gubernamentales y ONG's que hayan realizado estudios en la zona. Los datos recogidos podrían ser utilizados una vez que éstos sean compilados e interpretados.
- ✓ Debido a la superposición de responsabilidades de organismos gubernamentales, resulta necesario coordinar la planificación del programa de monitoreo.
- ✓ Organizar a las comunidades inmersas en el área, apoyen y cumplan con los requerimientos del plan de prevención y mitigación de impactos ambientales, mediante la educación ambiental a las comunidades y entrenamiento del personal que laborará en la operación y mantenimiento del proyecto.

7.2 OPORTUNIDADES

El proyecto, generará oportunidades en el hecho de que se incrementará la producción de agua potable y de esta manera tratar de cubrir el déficit existente.

7.3 REQUERIMIENTOS INSTITUCIONALES Y LEGALES RELACIONADAS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS

Para establecer una estrategia, es necesario identificar las instituciones que tendrán una participación o interés en el resultado de las propuestas, evaluar sus capacidades en relación a las actividades de implementación y determinar cual será la más eficaz en proporcionar los servicios requeridos.

Como se ha mencionado anteriormente, la implementación de las medidas de control y prevención señaladas en el punto anterior, requiere de la gestión de la EMAPA-SD, a través de una sección especializada en los asuntos ambientales.

En el plan de acción propuesto se destaca la importancia de la labor de profesionales como promotores sociales y educadores que deberán ser capacitados con miras a que los beneficios obtenidos del proyecto a ejecutarse sean los máximos posibles.

Para alcanzar los objetivos del Plan de Manejo, se requieren el cumplimiento y seguimiento de las siguientes recomendaciones:

- a. Campañas de Información sobre las ventajas del proyecto, mediante un mecanismo ágil de comunicación que se puede dar a través de talleres a los grupos más representativos de las poblaciones.
- b. Un programa masivo de micro medición y el establecimiento de una estructura tarifaria que tiendan cubrir por lo menos los costos de operación del sistema

Las alternativas presentadas, traen sin duda necesidades extras de recursos económicos, que podrían financiarse gracias al mejoramiento de la capacidad de gestión de la EMAPA-SD, la ejecución del proyecto con fondos propios de la Municipalidad y la generación de nuevas rentas por efecto de la recaudación de uso de agua potable.

7.4 PROPUESTAS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA EJECUCIÓN Y MANEJO DEL PLAN

El estudio de efectos ambientales, plan de mitigación y ordenamiento de los procesos de ocupación del espacio, en el área de influencia del proyecto, conlleva la necesidad de su puesta en práctica. Para este efecto, es de esencial importancia la creación del mecanismo administrativo adecuado con el objeto de que toda la información obtenida durante las distintas fases del estudio sea debidamente aplicada y permita posteriormente el seguimiento necesario y de conformidad con las respectivas recomendaciones.

La estructura administrativa que se establezca deberá asumir como función principal, en la primera etapa, la aplicación de medidas de mitigación que recomienda el estudio y dentro de una segunda fase un proceso de seguimiento para la aplicación de todas las estrategias y medidas necesarias para que las recomendaciones establecidas por el estudio tengan un efecto positivo a largo plazo.

Las limitaciones que podrían ocurrir, son las siguientes:

- a.) Falta de coordinación entre instituciones que manejan el recurso agua, que tienen diferentes competencias.
- b.) La poca o escasa participación de la ciudadanía en los procesos de fijación de directrices, expedición de normas, defensa de recursos naturales y ambientales, control sobre el usos del agua y, aplicación de las normas ambientales.
- c.) Los organismos responsables de una o varias funciones de conservación y protección del ambiente presentan las siguientes fallas: defectuosas estructuras administrativas; escasez de personal idóneo para labores ambientales especializadas; cobertura excesiva de responsabilidades ya sea de asuntos de competencia o de jurisdicción; centralización o concentración de funciones; limitación de recursos presupuestarios; limitación de equipo en relación con las funciones que deben desempeñar; carencia de honradez administrativa; ineficiente desempeño de las funciones administrativas y técnicas y, defectos en gerencia, dirección y supervisión de las organizaciones en todos los niveles de la misma.

Con estos antecedentes, se recomienda la formación de un Comité Interinstitucional para la puesta en marcha del Plan de Manejo para la gestión administrativa ambiental.

Comité interinstitucional:

Miembros.- EMAPA-SD, Municipalidad.

Instrumentos Jurídicos de Creación.- Decreto Ejecutivo.

Delegados.- Alcalde de la ciudad de Santo Domingo, Gerente de la EMAPA-SD

Entidad Coordinadora.- La EMAPA-SD quien ejercerá la Secretaría Ejecutiva.

7.4.1 OBJETIVOS GENERALES DE GESTIÓN ADMINISTRATIVA AMBIENTAL

Todos los mecanismos de gestión administrativa ambiental propuestos deberán perseguir los siguientes objetivos:

- ✓ Manejo integral y sostenido de los recursos naturales renovables.
- ✓ Control del uso del agua.
- ✓ Exigencia de la aplicación de las medidas de prevención y mitigación ambiental.

Los componentes básicos de cada una de las propuestas serían:

- ✓ Dirección, seguimiento y evacuación por medio de estudios y otras actividades como recolección de datos, seguimiento y planeamiento de expansión del manejo del área.
- ✓ Fortalecimiento de la capacidad técnica institucional de la EMAPA-SD.
- ✓ Fortalecimiento e incentivo de la educación ambiental a nivel formal y no formal.

7.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Todas las propuestas de gestión administrativa ambiental que se han mencionado son viables, sin embargo, de acuerdo con las experiencias que se tienen en el desempeño de organismos interinstitucionales, éstas han tenido poca o ninguna eficiencia en cuanto al establecimiento de acciones determinadas, unas veces por problemas de falta de personalidad jurídica y otras veces por problemas de falta de asistencia de los distintos delegados o miembros de los organismos interinstitucionales. Se recomienda utilizar mecanismos más sencillos y concretos en cuanto a la conformación de sus miembros. Estos mecanismos podrían referirse a un Convenio Interinstitucional para el manejo del Plan.

La eficiencia en cuanto a la ejecución de medidas recomendadas por el Plan de Manejo por parte de cualquiera de los mecanismos administrativos que se creen para el efecto, dependerá directamente de la existencia de suficientes recursos económicos.

La ejecución de las medidas que establezca el organismo administrativo que se cree para el manejo del Plan deberá, en cualquier caso, aplicar medidas inmediatas de mitigación dentro de una primera etapa, para luego establecer medidas de seguimiento a largo plazo. En este aspecto, la propuesta del Comité Interinstitucional podría estar relacionada con un mecanismo administrativo provisional, que sería el Comité mismo, con un mecanismo administrativo permanente, que podría relacionarse con la inclusión y seguimiento de las recomendaciones de mitigación y desarrollo en los planes de entidades regionales. En todos los casos se recomienda que, como estrategia inicial, se discuta la posibilidad de incluir las medidas dentro de los planes de las Instituciones de Desarrollo señaladas.

Finalmente, se debe anotar que un limitante adicional al funcionamiento adecuado de estos mecanismos es la temporalidad de sus funcionarios que interrumpen la continuación de las políticas que debe establecer la institución ejecutora. En consecuencia, es importante enfatizar la necesidad de los siguientes ingredientes básicos para un funcionamiento aceptable de cualquiera de las alternativas planteadas, dada la presencia de un limitante de conflicto permanente cual es aquel relacionado con la poca coordinación existente entre las entidades públicas involucradas.

Es importante realizar el programa de difusión y educación del Proyecto, y al mismo tiempo empezar un programa de fortalecimiento y desarrollo para las organizaciones comunitarias dentro del área de influencia.

Una vez que se establezca el Organismo para la ejecución del Plan de Manejo, el primer trabajo a realizarse será la preparación de un cronograma de actividades detallado para la implementación del Plan y para la compilación de la información detallada requerida para la ejecución de sus componentes.

El proceso de compilación de la base de datos incluirá dos niveles básicos: recopilación de la información existente disponible, y la preparación de nuevos datos primarios que serán requeridos para la debida implementación del plan.

Recopilación de los Datos Existentes: hay una gran cantidad de datos técnicos del proyecto disponible en la EMAPA-SD y que tratan sobre temas relacionados con este estudio sin embargo, hay varios "vacíos de datos" o áreas de información que actualmente no están disponibles y que deberán ser resueltas para poder afinar y ejecutar debidamente el Plan. Algunos de los requisitos que actualmente faltan son los siguientes:

- ✓ Recopilación y procesamiento de información técnica de los proyectos
- ✓ Plan de control de calidad del agua a nivel de fuente, planta y redes de distribución.
- ✓ Plan de educación ambiental sobre el buen uso de agua

CAPÍTULO V

MANUAL OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El presente manual de Operación y Mantenimiento (O&M), tiene como objetivo el de instruir al personal de la EMAPA-SD sobre el funcionamiento de la Planta de Tratamiento Toachi Miravalle (PTTM) y trata de cubrir aspectos técnicos y prácticos de los componentes hidráulicos, mecánicos, eléctricos instalados para que, el personal a cargo de su funcionamiento, puedan ejecutar las tareas de Operación y Mantenimiento (O&M) de una manera sistemática y eficiente que, tienda a eliminar y/o reducir potenciales problemas en los diversos procesos de tratamiento que, eventualmente puedan incidir en el normal funcionamiento afectando a la calidad de las aguas.

2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

2.1 DEFINICIONES GENERALES

Operación (O) se entiende la revisión de las instalaciones de obras civiles y equipos existentes para alcanzar una condición óptima y de seguridad del funcionamiento de la PTTM. Igualmente comprende el conjunto de acciones y actividades que se efectúan con determinada oportunidad y frecuencia para poner en funcionamiento las unidades y equipos y detectar posibles fallas y daños que tiendan a la ejecución de trabajos de reparación de los mismos.

Se hace notar que una operación descuidada o mal realizado resulta en la degradación de la calidad del agua tratada. Esto incluye un control inadecuado de usos de químicos, mal funcionamiento hidráulico, mala ejecución de los programas de supervisión en la calidad del agua y de limpieza, poca vigilancia de los equipos instalados y obras civiles, una inadecuada desinfección, etc.

Mantenimiento (M), se la debe entender como los procedimientos y conjunto de acciones que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para mantenerlos en adecuado estado de funcionamiento y de conservación. Existen dos clases de mantenimiento - preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo se realiza antes que existe algún tipo de deterioro, el mantenimiento correctivo o la reparación es necesario cuando el problema ya existe.

El mantenimiento de los diversos equipos instalados en la PTTM, se deberá ajustar a las recomendaciones e indicaciones dadas por los fabricantes y señalados en sus respectivos manuales de instalación, operación y mantenimiento de los fabricantes de cada uno de los equipos instalados y, que corresponden al mantenimiento preventivo.

Previo al funcionamiento del sistema, es necesario que el personal a cargo por parte de la EMAPA-SD para operar el sistema, tengan la debida capacitación y entrenamiento en el funcionamiento de la PTTM, puesta en marcha, operación y mantenimiento preventivo de los equipos.

Para llevar a cabo las labores de O&M es necesario definir las responsabilidades y actividades mínimas a ser llevadas por lo operadores las cuales serán:

- ✓ Supervisión del funcionamiento hidráulico y control de calidad de la PTTM para que se tenga un agua tratada que cumpla con norma INEN 1 104
- ✓ Responsable del personal para lo cual preparará los organigramas del personal y funciones de de la PTTM (operadores y auxiliares) y su capacitación.
- ✓ Control de costos.
- ✓ Familiarizarse y actualizar los planos del sistema
- ✓ Probar, limpiar y desinfectar los tanques de floculación, sedimentación y obras civiles y electromecánicas en general.
- ✓ Operar, mantener y monitorear el buen funcionamiento de los procesos de tratamiento
- ✓ Recoger y transportar muestras de agua desde el floculador, agua sedimentada, filtrada y de salida a las redes para determinar la calidad de agua.
- ✓ Realizar pruebas de eficiencia de los equipos instalados.
- ✓ Operar y mantener valvulería, equipos de cloración y estaciones de bombeo.

- ✓ Observar los motores de bombas para detectar sonidos y vibraciones inusuales, o excesivo calentamiento.
- ✓ Ajustar y limpiar los sellos de las bombas y las prensaestopas y también limpiar los sellos mecánicos.
- ✓ Reparar y reacondicionar las bombas, motores, cloradores y válvulas de control.
- ✓ Detectar pequeños problemas eléctricos y mecánicos en los equipos y corregirlos.
- ✓ Cargar y descargar cuidadosamente los cilindros de cloro.
- ✓ Llevar registros y preparar informes.
- ✓ Colocar barreras, letreros, alrededor de los lugares de trabajo para proteger a los operadores y al público.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PTTM

La PTTM se ha redimensionado para tratar 300 l/s y cuyo protocolo de tratamiento que consiste en:

- ✓ Mezcla rápida mediante la formación de un resalto hidráulico
- ✓ Inyección de coagulante (sulfato de aluminio) y ayudante de coagulación (polímero)
- ✓ Floculación hidráulica de flujo horizontal
- ✓ Sedimentación de tasa acelerada provista de seditubos
- ✓ Filtración a Presión (Filtro de arenas y de carbón activado)
- ✓ Desinfección con cloro gas.

Mezcla rápida:

previo a la mezcla rápida se tiene un tanque de llegada para romper la presión del agua cruda y estabilizar, el agua se vierte a través de un vertedero de control en el cual se ha previsto colocar un controlador de niveles para determinar el caudal a tratarse. Este vertedero permite la carga para que se pueda formar un resalto hidráulico estable con gradientes de velocidad $> a 1000 s^{-1}$

Inyección de coagulante y polímero:

se utilizará sulfato de aluminio como coagulante para lo cual se cuenta con dos tanques de solución de 5 m³ y un dosificador de carga constante para ser inyectada mediante una canaleta provista con orificios en el calado contraído del resalto; el polímero a ser utilizado será catiónico y cuenta con un tanque para preparar la solución madre, tanque de solución y bomba de desplazamiento positivo para transportar el polímero a su punto de inyección localizado en la tubería que entrega las aguas al tanque de entrada a los floculadores.

Mezcla lenta:

la floculación se da en el tanque de acero existente, al cual se han colocado tabiques con espaciamentos de 0.50 m que permiten un flujo hidráulico tipo horizontal permitiendo velocidad de 0.10 m/s y gradientes de alrededor 60 s⁻¹. Los tiempos óptimos de mezcla lenta, se han ajustado al tanque de floculación existente, esto es de 17 min.

Sedimentación:

se realiza en el tanque metálico cuya área superficial, puede proporcionar una tasa de 200 m³/m² x día. La sedimentación que se tiene es de alta tas y se ha provisto de seditubos; el agua decantada se recolecta mediante tubería perforada

Filtración:

Los filtros a presión existente han adoptado las tasas originales del constructor y responsable del funcionamientos de los mismos (Potable Tech⁴²) ya que son tecnología exclusiva de dicha firma.

⁴² Potable Tech., Planos y documentos relacionados con los diseños y construcción Planta Tratamiento Toachi-Miravalle, Municipio de Santo Domingo

Dentro de los equipos electromecánicos se tienen las bombas que entregan las aguas a los floculadores y del agua decantada hacia los filtros a presión los cuales cuentan con un respectivamente tableros de control desde los cuales se derivan los circuitos de alimentación a los motores (4) de 75 Hp: para el sistema de retrolavado de los filtros, se cuenta con un sistema temporizado eléctrico de 18 funciones y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros independientemente.

4. OBRAS CIVILES Y EXTERIORES

4.1 OPERACIÓN

Previo a la operación, se deberá verificar que bombas, motores, válvulas, medidores de caudal estén acoplados perfectamente conforme a los planos de instalación y las recomendaciones dadas por los fabricantes. Todos los equipos deben ser inspeccionados en busca de muestra de daño.

Se comprobarán las conexiones eléctricas y observará las obras civiles para cuantificar en caso de existir, posibles deformaciones, esfuerzos, filtraciones alrededor de las láminas de acero y paredes de hormigón, apertura de las juntas de construcción, buen funcionamiento de los drenes y, se advertirá sobre posibles cambios de las características físico-mecánicas de los suelos de las construcciones.

Se asegurará que no existan escombros flotando sobre el espejo de aguas de los tanques, pájaros o roedores muertos.

Previo a la Operación Asistida de la Planta, las estructuras y tanques que conforman los procesos de tratamiento, deben ser sometidos a una limpieza y una inspección completa que permitan asegurar la tratabilidad de las aguas.

Cada año y/o cuando se justifique, se deben drenar o vaciar los tanques de acero para proceder a su limpieza manual, lavado del fondo y lavado de paredes interiores con solución de cloro. Para el lavado de los tanques se procederá a abrir la respectivas válvulas de desagüe y apagar los sistemas de bombeo. Se recomienda la limpieza con un chorro de arena. Cuando exista un deterioro mínimo se puede usar una limpieza ligera. Cuando existe un gran deterioro, se recomienda una limpieza a fondo. Recoja la arena y limpie con agua el interior del tanque para remover las partículas de arena que queden. Las tuberías al igual que los tanques también tienen que ser desinfectadas.

En los tanques se debe rociar el interior una solución de cloro. La aplicación se puede llevar a cabo usando una manguera de jardín con pulverizador y la presión necesaria puede provenir de una bomba que funcione con gasolina. (Asegúrese de colocar la bomba de gasolina fuera del tanque para prevenir que se acumulen vapores peligrosos del escape). Una concentración de 200mg/L puede ser incómoda para trabajar dentro de los mismos.

ADVERTENCIA

ANTES de intentar rociar el interior de un tanque, asegúrese de que existe suficiente ventilación.

SIEMPRE debe usar ropa protectora cuando rocíe el interior de un tanque. Esta consiste en un traje de caucho, botas, guantes y gorra de caucho y un protector para el rostro.

NADIE debe entrar a un tanque independiente de las razones que tenga o bajo ninguna circunstancia sin tener a al menos una persona que le acompañen para propósitos de rescate.

Después de que el tanque ha sido rociado con la solución de hipoclorito, se debe dejar que pasen 30 minutos antes de llenarlo. Llene el tanque con agua del sistema de distribución que ha sido tratada con cloro para proveer un cloro residual de 3 mg/L.

Después de que los tanques hayan sido desinfectado, se debe vaciar apropiadamente la mezcla residual de cloro y agua. Cualquier agua con un cloro residual de 2 mg/L o más debe ser diluida con más agua o el cloro debe ser adecuadamente neutralizado antes de ser vaciado. Los químicos que neutralizan al cloro incluyen el dióxido de sulfuro (SO₂), el bisulfito de sodio (NaHSO₃), el sulfito de sodio (Na₂SO₃) o el tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃·5H₂O).

El agua que está altamente clorinada puede ser vaciada a una alcantarilla siempre y cuando no exista posibilidad de un contraflujo o de un contra sifonaje entre el sistema de recolección de aguas servidas y el tanque de almacenamiento de agua.

Con la limpieza se debe proceder a la desinfección de las paredes y fondo de los estanques, rociándoles con una solución de cloro con una concentración de 50 mg/l.

Los alrededores a las instalaciones deben mantenerse limpias y con los jardines bien mantenidos ya que estos no son solamente un atributo estético, sino que da la impresión a todos de una operación bien llevada

Dependiendo del estado de las obras civiles y equipos se procederá a pintar las fachadas, pasamanos

Operación normal

Se deberá controlar el caudal que entra a la planta

Se deberá comprobar volumétricamente la curva de caudales en el vertedero de entrada a la PTTM para poder registrar los caudales.

No se debe permitir la acumulación de sedimentos dentro de la cámara de desagüe. Esta actividad se la realizará visualmente y se procederá a informar inmediatamente al Jefe de Planta.

Para la operación de limpieza y/o reparación de uno de los tanques (floculador + sedimentador), se lo realizará previo a la cuantificación de sedimentos acumulados, turbiedad, y/o daños estructurales de las unidades. La unidad a lavarse y/o repararse tendrán los motores de las bombas apagados para evitar la entrada de agua a los tanques de floculación y sedimentación y abrir manualmente las compuertas de desagüe para cada uno de los tanques. Estas deberán estar completamente abierta para permitir que las aguas se dirijan al sistema general de desagüe (canaleta).

Se debe asegurarse que en las paredes de los tanques no se tengan focos de contaminación por productos de materiales sueltos, escombros de construcción y/o contaminación especialmente biológica y bacteriana que generalmente se depositan en los tanques y en especial de los sedimentadores que están en la línea de producción. Por esta razón, se debe neutralizar los focos de contaminación mediante el lavado de las paredes de los procesos indicados mediante chorros a presión y restregado con escobillas y esponjas para lo cual se deberá utilizar como agente desinfectante una solución de hipoclorito de calcio con una concentración de alrededor de 50 mg/l. Esta solución deberá ser mezclada de 10 a 15 minutos para permitir que materiales extraños se sedimenten.

Comprobar que todos los terminales eléctricos estén apretados y con las conexiones a tierra.

La operación de los sedimentadores (2) es comprobar que su tasa de trabajo no pase de 180m³/m²xd.

En operación normal de los filtros, la válvula de ingreso a los mismos deberá estar completamente abiertas y las compuertas de desagüe manuales deben permanecer cerradas

Se debe observar que la operación de los sedimentadores no sobrepase la tasa de diseño.

Evitar la formación de corrientes de densidad y disturbios al paso uniforme y lineal del agua a lo largo de todo el sedimentador

La operación de limpieza se lo hará cerrando la válvula de entrada de agua sedimentada a los filtros y, abriendo la válvula de fondo para vaciar la unidad. Se impulsará los lodos con chorros de agua y palas. Si la parada es mayor de 24 horas se debe mantener un residual de por lo menos 5 mg/l, o vaciar la unidad para evitar la fermentación de lodos

La recolección de agua tratada mediante los tubos perforados en su clave y transversalmente al sedimentador se controlará que estén nivelados.

Mantenimiento

Cada año o cuando lo necesite se deberá realizar una inspección de la pintura epóxica y de ser necesario, se tendrán que descabezonar los tanques y proceder a la limpieza y pintada de las paredes

Paredes de hormigón y mampostería al igual que los tanques de acero tendrán que pintarse

4.2 EQUIPOS DE BOMBEO

La PTTM cuenta básicamente con dos bombes que son::

- ✓ Bombeo a los tanques de floculación y,
- ✓ Bombeo a los filtros a presión.

Las características de las bombas y sus motores son:

Características	Bom. Floculadores	Bomb. Filtros
Tipo	Bombas centrífugas de eje horizontal func. continuo	Bombas centrífugas de eje horizontal, func. continuo
Cantidad	2	2
Marca	Berkeley	ITT
Modelo	B10GRMBMS	
Motores	75 hp	75hp

Capacidad	218 l/s	218 l/s
Impeller	9.50 x 12.12	440V, 60 hz, 89.5 A
Energía	230/460 V, 60 hz, 89.5 A	
Eficiencia	80%	87 %
Tubería Ingreso PVC 1 Mpa.	300 mm	250 mm
Tubería salida PVC 1 Mpa.	250 mm	200 mm
TDH	15 m	45
RPM	1190	1170

Cada bomba en operación normal debe deliberar 150 l/s, capacidad de cada módulos de tratamiento. Se deberá comprobar para el caudal de diseño la eficiencia efectiva ya que durante los estudios, haciendo el corrimiento de programas de fabricantes estas trabajarían con una eficiencia del 75%⁴³.

Previo a la puesta en servicio del sistema ó partes del sistema, se deberá contar con los planos “as build” y de montaje de los equipos, así como las obras civiles y de montaje de equipos como son:

- ✓ Características hidráulicas de funcionamiento y esfuerzos a la que esta sujeta la tubería
- ✓ Hermeticidad de las líneas.
- ✓ Apoyos y anclajes.
- ✓ Valvulería debiéndose verificar de que puedan accionarse libremente y se encuentren en las posiciones indicadas en los planos de montaje.

Operación

Las bombas centrífugas en general no se pueden operar al menos que el impulsor esté sumergido en el agua; nunca intente prender una bomba centrífuga hasta que este seguro que la bomba esta adecuadamente cebada. El aire de la carcasa de la bomba puede ser sacado usando una bomba de vacío eléctrica o manual la cual hace que el agua circule por la tubería de succión y la carcasa de la bomba.

- ✓ Cuando se prenda una bomba centrífuga, se debe seguir el siguiente procedimiento:
- ✓ Revisar la lubricación,
- ✓ Cebas la bomba y asegurarse de que la bomba y la tubería de succión estén libres de aire,
- ✓ Abrir la válvula de descarga lentamente tan pronto como la bomba empieza a funcionar,
- ✓ Inspeccionar las prensaestopas para ver si los sellos de agua están funcionando correctamente y,
- ✓ Medir el amperaje e investigar cualquier demanda anormal o los cambios en las lecturas usuales.

Las bombas deben ser revisadas con regularidad, debe observarse y registrar la succión de la bomba y las presiones de descarga, el flujo de salida y la demanda de energía eléctrica.

Se debe revisar si existen sonidos excesivos o anormales, vibraciones, calor u olores. Si las prensaestopas tienen fugas excesivas, deben ser ajustadas de tal manera que la fuga sea muy pequeña. Estas pequeñas fugas ayudan a que el eje de la bomba se enfríe y a que se reduzca el desgaste prematuro de los empaques y a que no se rayen las camisas del eje. No se debe ajustar mucho para no incrementar la temperatura y/o causar daños a la bomba.

Dentro de la operación de bombas se pueden detectar los siguientes problemas:

Problema	Causa Posible
La bomba no suministra agua	1-4, 6, 11, 14, 16, 17, 22, 23, 48
La capacidad suministrada es insuficiente	2-11, 14, 17, 20, 22, 23, 29-31
La presión que se desarrolla es insuficiente	5, 14, 16, 17, 20, 22, 29-31

⁴³ PUMPEX GMBH, catalogo, Sweden

La bomba pierde la cebadura después de prenderse	2, 3, 5-8, 11-13
Las bombas necesitan demasiada energía	15-20, 23, 24, 26, 27, 29, 33, 34, 37
La caja de empaquetadura tiene fugas excesivas	1, 24, 26, 32-36, 38-40
La empaquetadura tiene una vida corta	12, 13, 24, 26, 28, 32-40
La bomba vibra o hace demasiado ruido	2-4, 9-11, 21, 23-28, 30, 35, 36, 41-47
Los cojinetes tienen una vida corta	24, 26-28, 35, 36, 41-47
La bomba se recalienta y se para	1, 4, 21, 22, 24, 27, 28, 35, 36, 41

1. La bomba no ha sido cebada.
2. La bomba o la tubería de succión no está completamente llena.
3. La subida de la succión es demasiado alta.
4. El margen entre la presión de la succión y la presión del vapor es insuficiente.
5. Excesiva cantidad de aire o gas en el líquido.
6. Una cavidad de aire en la tubería de succión.
7. El aire se fuga hacia la tubería de succión.
8. El aire se fuga hacia la bomba a través de la caja de empaquetadura.
9. La válvula de pie es muy pequeña.
10. La válvula de pie está parcialmente taponada.
11. La entrada de la tubería de succión no está sumergida lo suficiente.
12. El sello de agua de la tubería está tapado.
13. La caja de los sellos está mal ubicada dentro de la caja de empaquetadura, evitando que el fluido para sellar entre al espacio para formar un sello.
14. La velocidad está muy lenta.
15. La velocidad está muy rápida.
16. La dirección de la rotación es la equivocada.
17. La altura total del sistema es más alta que la altura del diseño de la bomba.
18. La altura total del sistema es por debajo de la altura del diseño de la bomba.
19. La altura total del sistema es más baja que la altura del diseño de la bomba.
20. La viscosidad del líquido es diferente a las especificaciones.
21. La operación está a una capacidad muy baja.
22. La operación paralela de las bombas es inapropiada para dicha operación.
23. Alguna materia foránea en el propulsor.
24. Mala alineación.
25. Los cimientos no son rígidos.
26. El eje está torcido.
- 27.** La parte que rota está rozándose con la parte estacionaria.
- 28.** Los cojinetes están desgastados.
29. Los anillos desgastables han tenido mucho uso.
30. El propulsor está dañado.
31. La carcasa de la empaquetadura tiene defectos, permitiendo fugas internas.
32. El eje o la camisa del eje está desgastado o rayado en la empaquetadura.
33. La empaquetadura ha sido mal instalada.
34. El tipo incorrecto de empaquetadura para las condiciones de operación.
35. El eje corre descentrado porque los cojinetes están desgastados o mal alineados.
36. El rotor no está balanceado, lo cual resulta en vibración.
37. El casquillo del prensaestopas está muy ajustado, como resultado no fluye el líquido para lubricar la empaquetadura.
38. Existe una falla para suministrar el líquido de enfriamiento hacia las cajas de empaquetadura que se enfrían con agua.
39. Excesivo espacio en el fondo del eje de la empaquetadura y de la carcasa, ocasionando que la empaquetadura sea forzada al interior de la bomba.
40. Suciedad o arena en el líquido sellador, ocasionando que el eje o la camisa del eje se raye.
41. Un excesivo empuje ocasionado por una falla mecánica en la bomba o por una falla del aparato hidráulico para balanceo, si lo hay.

42. Grasa o aceite excesivo en la envoltura de los cojinetes antifricción o la falta de enfriamiento, lo cual ocasiona excesiva temperatura en los cojinetes.
43. Falta de lubricación.
44. Instalación incorrecta de los cojinetes antifricción (daños durante el ensamblaje, un ensamblaje incorrecto de cojinetes apilados, el uso de cojinetes desiguales como pares).
45. Suciedad que entra a los cojinetes.
46. Herrumbre en los cojinetes debido al agua en la envoltura.
47. Excesivo enfriamiento de los cojinetes enfriados con agua, lo cual ocasiona condensación en la envoltura de los cojinetes.

Entre los accesorios que se tienen las estaciones de bombeo están las válvulas check, colocadas en la tubería de impulsión, son de fabricación normal y se deberá mantener cerrada al poner en marcha las bombas, hasta que esta desarrolle una cierta presión de trabajo, entonces se empieza a abrir lentamente. Cuando la bomba adquiriera su régimen, la válvula debe estar completamente abierta.

Durante una parada de la línea de impulsión, la válvula se empezará a cerrar lentamente, y cuando esta cerrada en un 95%, accionará el interruptor que desconecta el motor de la bomba por lo que los ritmos de apertura y cierre se pueden modificar in-situ.

En caso de corte en el suministro de energía eléctrica, la válvula de retención se cerrará lentamente para minimizar un posible golpe de ariete. Al pararse la bomba, la válvula ya debe estar cerrada en por lo menos un 90 a 95 %.

La válvula se puede ajustar dentro de una gama de presiones al actuar con un tornillo exterior de ajuste. El cierre de la válvula se garantizara que sea de forma gradual amortiguada para no producir sobre presiones. Las válvulas globo colocadas en la tubería de impulsión, son para regular y o cerrar completamente el paso de agua a través de la tubería. Su objetivo es el de poder reparar la válvula check sin vaciar toda la columna de agua de la tubería de impulsión. Esta válvula trabajara normalmente abierta, y se deberá cerrar cuando se requiera reparar la bomba o la válvula check, en consecuencia su funcionamiento será eventual y deberá trabajar libre de problemas de cavitación, vibración y ruido.

Previo al funcionamiento, se verificará el acoplamiento y alineación de las tuberías, el nivel de lubricación y sellos del eje. Previo al encendido y arranque. Se deberá cebarse y comprobar la dirección de la flecha de la bomba.

El consumo de energía deberá compararse con los datos señalados en las placas indicadoras y se verificará la carga de succión máxima permisible para efectuar un control sobre la eficiencia de la bomba de tal manera que se pueda prevenir posibles desgastes interiores.

Cuando se prendan las bombas centrífugas, se aconseja el siguiente procedimiento:

1. Revise la lubricación,
2. Ceba la bomba y asegúrese de que la bomba y la tubería de succión estén libres de aire,
3. Reduzca la corriente eléctrica y la sobrepresión del agua en el arranque prendiendo la bomba con la válvula de descarga cerrada o estrangulada
4. Abra la válvula de descarga lentamente tan pronto como la bomba empiece a funcionar,
5. Inspeccione las prensaestopas para ver si los sellos de agua están funcionando correctamente, y
6. Mida el amperaje e investigue cualquier demanda anormal o los cambios en las lecturas usuales.

Las bombas deben ser revisadas con regularidad. Esta inspección debe incluir el observar y el registrar la succión de la bomba y las presiones de descarga, el flujo de salida y la demanda de energía eléctrica. También se debe revisar si existen sonidos excesivos o anormales, vibraciones, calor u olores. Si las prensaestopas tienen fugas excesivas, deben ser ajustadas de tal manera que la fuga sea muy pequeña. Estas pequeñas fugas ayudan a que el eje de la bomba se enfríe y a que se reduzca el desgaste prematuro de los empaques y a que no se rayen las camisas del eje. No se debe ajustar mucho para no incrementar la temperatura y/o causar daños a la bomba.

Mantenimiento

Cada mes las bombas deberán hacerse las revisiones de temperatura de los impellers y cojinetes

Cada año se revisará y controlará el buen funcionamiento de las válvulas de entrada, salida, check y se procederán a realizar las reparaciones necesarias si ese fuera el caso.

Se revisarán las condiciones técnicas de trabajo de los equipos con relación al caudal de deliberación.

Cada seis meses se procederá a controlar el alineamiento de la unidad bomba-motor y reajuste de los pernos de anclaje.

Cada seis meses, se revisará las prensa-estopa y cambio de empaquetaduras en caso de que sea necesario.

Cada año se realizará la comprobación eléctrica de las bobinas, limpieza exterior con aire comprimido y solvente industrial y recubrimiento dieléctrico si fuere necesario.

Cada año se hará el desmontaje integral de bombas para proceder con:

- ✓ Limpieza de todas sus partes.
- ✓ Inspección de todos los elementos de fricción con el eje, y del eje en la columna y en la bomba y, cambio de las partes defectuosas.
- ✓ Cambio de los sellos de aceite
- ✓ Revisión de impulsores y anillos de fricción y cambio partes dañadas
- ✓ Limpieza del colador ó cernidera de succión
- ✓ Control de las válvulas de entrada, salida, check y reparaciones si fuera necesario
- ✓ Chequeo de las condiciones técnicas de trabajo de los equipos en relación con su diseño y características

Cada seis meses se procederá a:

- ✓ Cambio de grasa de los cojinetes ó baleros si estos son lubricados con grasa, sin desmontaje, expulsando por presión de un engrasador tipo pistola toda la grasa antigua
- ✓ Cambio de aceite de los cojinetes si fueren lubricados por aceite, drenando el aceite usado y llenándolo nuevamente.
- ✓ Alineamiento de la unidad bomba-motor y reajuste de los pernos de anclaje.
- ✓ Chequeo de prensa-estopas y cambio de empaquetaduras si fuere necesario

4.3 FILTRACION

Los filtros a presión han sido construidos en acero tipo A36 de 6 mm de chapa, revestidos con pintura epóxica poliamida blanco, éstos descargan al mismo tanque de aguas claras. El mecanismo de filtración se lleva a cabo haciendo pasar el agua sedimentada hacia los filtros mediante una bomba centrífuga Mc. ITT cuyas características principales son:

Capacidad:	218 l/s
Potencia:	75 hp
Electricidad:	440V, 60 hz, 89.5 A
Eficiencia:	87%
Pérdidas de carga en los sistemas filtrantes:	20 mca
Ingreso:	250 mm de diámetro
Salida:	200 mm de diámetro
TDH:	45 m
Funcionamiento:	Continuo

De la curva de los sistemas de bombas se puede apreciar, que las bombas instaladas están sobredimensionadas y los rendimientos son menores al 75 %.

Filtros de Arena. Los recipientes a presión cuentan con un diámetro de 2.35 m, permitiendo una tasa de trabajo de 753 m³/m²-día.

Estos filtros a presión trabajan bajo los principios de los filtros de arena rápidos a gravedad. Con este antecedentes y debido a que los filtros actuales, supuestamente trabajan bajo responsabilidad y tecnología de Potable Tech S.A., se asume la tasa de trabajo 753 m³/m²-día, sin embargo, se advierte que antes de llegar a la mencionada tasa, durante la operación experimental se tenga que variar las tasas desde 180 m³/m²-día, hasta que se vea un deterioro en la calidad del agua filtrada que puede ser cuando esta alcance turbiedades mayores a 7 UNT ò se detecte arena ò carbón mineral (cocke).

Filtros de carbón activado, este filtro funciona en serie y consiste en pasar el agua del filtro de arenas a través de un lecho de carbón activado técnicamente seleccionado por Potable Tech (20x50 , 12x40).

Las propiedades de este medio filtrante permiten que materia orgánica y las causantes de olores y sabores que se encuentran en el agua sean absorbidas en las superficies del medio filtrante y de esta manera se las elimina.

Los filtros para su funcionamiento utilizan elementos de control con son las válvulas de diafragma AQUAMATIC las cuales son controladas (apertura y cierre) para los diversos procesos (filtración, retrolavado, desagüe) mediante controladores instalados en la caseta adjunta a la batería de filtros.

Previo al funcionamiento se debe comprobar que se hayan colocado las capas de arena y de carbón activado conforme a la tabla y los planos de rediseño, cuyas graduaciones y especificaciones generales tomadas de Potable Tech,, firma que diseño y construyó son:

	Filtro de arena y carbón	Filtro Carbón Activado
Diámetro	2.35 m	1.76 m
Alto	1.75 m	1.75 m
Espesor manto filtrante	0.20 m arena 0.8 a 1.2mm	
	0.20 m arena 0.3 a 0.4 mm	0.40 m CA 12 x 40
	0.20 m arena 0.1 a 0.2 mm	0.30 m CA 20 x 60
	0.10 m carbón < 1.2 mm	
Sistema drenaje	Flauta	Flauta
Desagüe	Tubería PVC 6"	Tubería PVC 6"
Entrada	Chapa deflectora	Chapa deflectora

Las capas de arena están dispuestas sobre una capa de granillo de 0.05 0.10 m de espesor suficiente para soportar el lecho de arena durante la operación de filtración y evitar que ésta se escape a través del distribuidor de flujo. Se debe comprobar que la grava haya sido debidamente cribada y colocada en capas de graduación uniforme. En el filtro de carbón activado, éste se asienta directamente en el distribuidor de flujo.

El falso fondo de cada filtro esta constituido por distribuidores de flujo prefabricadas con neplos

Operación normal

El agua suministrada por las bombas ITT descritas, entra a cada uno de los filtros a través de un distribuidores superiores individuales, desciende uniformemente a través de los mantos de arenas y carbón activado respectivamente, es agua filtrada es recogida por los colectores (distribuidores de flujo inferiores) y salen de los filtros por el cabezal colector del filtro de arena para ser mandado al filtro de carbón activado y de este por la válvula de salida hacia la cámara de contacto.

La posición de las válvulas para el proceso de filtración serán:

- Válvulas 1,2,4,5, trabajan completamente abiertas
- Válvulas 7,8, cerradas
- Válvulas 10,11, cerradas
- Válvulas 13, cerrada para evitar el contraflujo

Las válvulas son del tipo de diafragma de 150 mm de diámetro Mc AQUAMATIC 429C para dos y tres servicios, son controladas por el sistema computarizado SD 680 M programable, que cuenta con un sistema temporizado y secuenciador que permite programar la limpieza de cada uno de los filtros a presión. Estas válvulas son controladoras de flujo y de presiones y su apertura y cierre se las realiza mediante selenoides eléctricos. Caudal y presiones son controladas con los pilotos.

A la entrada a cada módulo de filtración se tiene una válvula mariposa tipo Waffer de 150 mm que en operación normal debe estar completamente abierta.

Lavado

Para el retrolavado, se cierran las válvulas de entrada a los filtros y se abren simultáneamente las válvulas de retrolavado. El sistema de retrolavado de los filtros, cuenta con un sistema temporizado eléctricamente y un secuenciador que permite programar la limpieza de cada batería de filtros independientemente.

El temporizador está diseñado para alcanzar hasta 18 funciones por módulo y cuenta con una pantalla digital y teclado para su programación.

Posición de válvulas para el retrolavado:

- Válvulas 1,2,,4,5, cerradas
- Válvulas 7,8, abiertas para permitir el agua de lavado
- Válvulas 10. 11, abiertas y permitir que las aguas de lavado se dispongan al desagüe mediante la tubería de desagüe de PVC de 160 mm de diámetro para los filtros de arenas y de carbón activado.
- Válvulas 13, cerradas para evitar el contraflujo y puedan entrar parte de las aguas de lavado hacia el filtro de carbón y resinas

Se debe inspeccionar visualmente los manómetros para inspección visual cuyos rango de presiones es de 0–70 PSI (0-50mca) y controlar que durante el filtrado las presiones no sobrepase los 30 mca y, durante el lavado estas no sean > a 10 mca.

Durante el lavado, se debe evitar la introducción de aire ya que puede remover los mantos y mezclarlo, razón por la cual se debe comprobar que las válvulas de aire de simple de cada uno de los filtros de arena y carbón activado estén funcionando correctamente y no se estén formando bolsas de aire que tienden a aumentar la presión con el efecto perjudicial de asolvamiento y pérdidas de arena y carbón activado.

La parada de los filtros se la deberá realizar cuando el agua filtrada presenta un contenido excesivo de turbiedad, color, o cuando se haya alcanzado la máxima pérdida de carga permitida por la instalación. Se pondrá fuera de servicio la unidad para proceder al retrolavado indicado.

En operación normal de los filtros, se comprobará las características granulométricas de los mantos filtrantes y de estratificación conforme a los planos de diseño.

Se determinarán y registrarán las condiciones hidráulicas de los filtros como es: caudal total tratado, presiones durante la filtración y retrolavado, características de los mantos filtrantes e hidráulica a través de los mismos.

Se debe evaluar en forma periódica la eficiencia de los distribuidores de flujo.

Se comprobará el sistema de entrada (tuberías que se conectan a los filtros y sus acoples para evitar fugas o goteos a través de las mismas)

Se controlará las tasas de filtración y de lavado así como sus tiempos.

Se determina la eficiencia de filtración asegurándose que la capacidad de filtración no exceda la de diseño.

Mantenimiento

Cada seis meses, se debe verificar el estado del material de contacto para su limpieza ó cambio del material de contacto ó carbón cocke

Verificar el buen estado de todos los mecanismos de apertura y cierre de válvulas y compuertas, accesorios mecánicos (manubrios), buen estado de los empaques.

Comprobar y revisar de que no existan aberturas entre los rieles de las compuertas

Cada seis meses se lubricarán los bujes torre, engranes y otros componentes propios de las válvulas.

Las válvulas que no son operadas frecuentemente y que deben permanecer abiertas y/o cerradas por largos períodos deberán ser trabajadas por lo menos cada mes parcialmente.

Cada año se procederá a revisar y comprobar que los empaques de las válvulas estén bien colocados para el torque dado por el fabricante. Se procederá a realizar reparaciones cuando existan fugas en los empaques, asientos estén golpeados. Los cambios de partes o equipos se los hará previa consulta de los fabricantes de equipos o a su representante.

La limpieza y mantenimiento de las diversas unidades como son tanques, floculadores, sedimentadores, filtros, tanques de solución, se concentrará en retirar todos los sedimentos y sus paredes se limpiarán aplicando chorros de agua para remover las adherencias que generalmente se depositan en las esquinas y paredes de los tanques.

4.4 VALVULAS

- ✓ Válvulas de compuerta de 200 mm y 300 mm colocadas en las estaciones de bombeo y en los desagües
- ✓ Válvulas mariposa tipo waffer de 300 mm de diámetro (8) a la entrada a cada batería de filtros,
- ✓ Válvulas de aire de simple acción colocadas sobre los filtros de arena y carbón activado
- ✓ Válvulas AQUAMATIC 429 C son válvulas de diafragma que permiten:
 1. Controlar presiones
 2. Control de apertura y cerrado para separar los flujos de entrada y retrolavado de los filtros

La Tabla, resume los varios tipos de accesorios utilizados para sus respectivos acoples:

<p><u>Conectores</u></p> <ul style="list-style-type: none">▪ Abrazaderas▪ Manguitos▪ Acoplamientos▪ Adaptadores▪ Juntas de expansión	<p><u>Cambian la dirección del flujo</u></p> <ul style="list-style-type: none">▪ Codos▪ Tés▪ Curvas
<p><u>Reductores</u></p> <ul style="list-style-type: none">▪ Brida reductora▪ Tés▪ Cruces▪ Y-Laterales	<p><u>Detienen el flujo</u></p> <ul style="list-style-type: none">▪ Tapa▪ Tapón▪ Platina Ciega
	<p><u>Enrosque hembra</u></p> <ul style="list-style-type: none">▪ Manguito de derivación▪ Cruces▪ Grampas

Las válvulas de compuerta sirven para aislar secciones de las tuberías para permitir reparaciones de emergencia, de las bombas y, para control manual de apertura y cerrada de las estructuras de desagüe. Usan un disco (o discos) de metal plano deslizante un poco más grande que la abertura para el flujo. El disco es movido en ángulo recto con respecto a la dirección del flujo mediante un eje que opera atornillándose y desatornillándose.

Las válvulas de aire con orificio de 1/2", son de simple acción y colocadas en la clave de los filtros de arena y carbón activado razón por la cual se debe comprobar que estas eliminen el aire atrapado en los tanques de filtración.

Se verificará y controlará que las superficies de las todo tipo de válvulas estén libres de material extraño a las mismas y controlar su estanqueidad.

Se verificarán el buen funcionamiento y estado de todos los mecanismos de cierre, accesorios mecánicos, manubrios y buen estado de empaques

Las válvulas deberán haber pasado las respectivas pruebas hidrostáticas y de fugas permisibles conforme a la norma AWWA C-504. Se revisará en posición abierta que sus asientos estén limpios y lubricados con grasa de silicona, no se aceptará rayaduras de las superficies de los asientos. Se asegurará que la línea o tubería este limpia de material extraño especialmente de mortero. Se debe proceder a la extracción del aire atrapado en las tuberías conforme a la norma AWWA C600.

Se verificará el número de vueltas necesario para apertura y/o cerrada de las compuertas, el tipo de conexiones, los vástagos y/ volantes no deberán estar doblados, rotos, agrietados y/o incompletos y se comprobarán los torques para los pares de operación estático y dinámico para las variables de trabajo existentes y dadas en los respectivos diseños

Las válvulas de compuerta son de operación manual con un tiempo de apertura o cierre mayor a 2 minutos, volantes desmontables

Previa a la operación de las válvulas AQUAMATIC, se realizarán ensayos de apertura y cerrada de las válvulas de acuerdo con las condiciones de operación y ensayos de estanqueidad de los sellos.

Durante la operación normal de filtrado estas válvulas deberán tener las siguientes posiciones:

Válvula	Diámetro	Filtración	Retrolavado	Presiones (mca)	Caudal (l/s)
1	150 mm.	Abierta	cerrada	$30 < p < 20$	150
2	150 mm	Abierta	cerrada	< 20	150
4	150 mm	Abierta	cerrada	$30 < p < 20$	150
5	150 mm	Abierta	cerrada	< 20	150
7	150 mm	Cerrada	abierta	$30 < p < 20$	30
8	150 mm	Cerrada	abierta	< 20	30
10	150 mm	Cerrada	abierta	$30 < p < 20$	30
11	150 mm	Cerrada	abierta	< 20	30
13	150 mm	Cerrada	cerrada	< 20	

Las válvulas deben estar calibradas. Debido a la interacción existente entre la unidad de control y el pistón regulador de la válvula, la válvula automáticamente controlará las presiones, apertura y cerrado de las mismas para los modos de operación normal de filtrado y de retrolavado.

El caudal y la presión aguas abajo deben estar pre dimensionados a los determinados por Potable Tech

Mantenimiento

Cada seis meses se debe revisar la hermeticidad de las válvulas de aire, compuerta y AQUAMATIC. En las válvulas de aire se debe revisar especialmente el asiento de la válvula el cual deberá ser reemplazado en caso de que justifique.

Cada año se procederá a revisar y comprobar los empaques de las válvulas.

5. DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

5.1 CLORO

Se la realiza mediante cloro gas para lo cual se ha instalado una caseta ventilada. El sistema de cloración funciona con el paso del cloro gas bajo la succión creada por el eyector de salida, ubicado en el cárcamo de bombas. En este punto se inyecta el agua que proporcionará el tanque elevado previsto el cual suministra una presión de 20 m.c.a., suficiente para crear la succión en el aparato, provocando la apertura de la válvula reductora de presión ubicada entre el cilindro y el dosificador.

La tubería de alimentación de cloro gas esta equipada con switchovers (válvula con mando eléctrico), que se encarga de cerrar la válvula eléctrica del tanque vacío y procede a abrir la válvula del tanque lleno evitando interrupciones en la dosificación.

Los principales componentes del sistema de cloración son:

Regulador de vacío
Switchover automático
Analizador de cloro libre residual

Operación

Previo a la operación se comprobará que el sistema de dosificación este instalado y cuente con todo el equipamiento recomendado por el fabricante y haberse probado las instalaciones eléctricas y de control.

En operación normal la regulación de la dosificación de cloro se lo hará manualmente mediante el accionamiento del botón regulador del dosificador que es parte del equipo.

Se registrarán las lecturas del consumo directamente en g/h en el rotámetro.

Se comprobará que la válvula reguladora de vacío asegure un vacío aguas arriba o aguas abajo del rotámetro, para obtener una gran precisión en la dosificación.

Comprobar que el hidroyector asegure una mezcla perfecta del cloro con el agua motriz, la solución de agua clorada así obtenida es transportada a los puntos de inyección.

Cuando se para la cloración, se verificará que la clapeta de anti retorno en el hidro eyector, impide la subida de agua en el aparato, al mismo tiempo, la válvula de escape y de suspensión se cerrarán.

Revisar el rango de los cloradores. El rango adoptado es de 1.5 a 2.5 mg/l

La norma esencial que debe observarse al inicio de la operación del clorador a solución, es abrir la válvula del agua y luego la válvula del cloro. Al finalizar la operación, el orden contrario debe seguirse.

Las siguientes medidas de emergencia deben observarse en caso de entrar en contacto con concentraciones nocivas de cloro:

- ✓ Mantenga la cabeza en alto, la concentración de cloro es mayor cerca del piso,
- ✓ La boca cerrada,
- ✓ Evite la respiración profunda y,
- ✓ Aléjese lo más rápido posible del cuarto de cloración.

Comprobar la concentración del cloro libre residual a la salida de la planta y en un punto central de las redes.

Determinar la cantidad de cloro a dosificar (C) para implantar la dosis (D) obtenida:

$$C = (D \times Q) / 1000$$

D = Dosis en mg/l

Q = Caudal en m³/hora

C = Cantidad de cloro a dosificar en Kg/hora

Mantenimiento

El arreglo del sistema de cloración, permite la instalación y remoción del inyector para mantenimientos, mientras que la línea de agua se mantiene bajo presión. Para facilitar la remoción del inyector en caso de mantenimiento, se cerrará la válvula tipo diafragma con anillos de cauchos instalada entre el inyector y el difusor.

- ✓ Revisión del sistema de inyección.
- ✓ Limpieza de valvulería de control, rotámetros.
- ✓ Comprobación de fugas.

Cada dos años desmontaje y limpieza general del sistema, cambio de partes de las líneas defectuosas, regulación y comprobación de funcionamiento, incluyendo la bomba.

Cada tres meses, revisión del sistema de inyección y limpieza de valvulería de control, rotámetros y comprobación de fugas.

Cada año se debe limpiar los rotámetros.

Cada dos años desmontaje y limpieza general del sistema, cambio de partes de las líneas defectuosas, regulación y comprobación de funcionamiento.

Seguridad industrial

El uso y manejo de cloro requiere el mayor cuidado posible ya que un manejo inapropiado del mismo puede causar enfisema pulmonar e inclusive puede ocasionar asfixia y muerte. También ataca a la piel cuando existen concentraciones elevadas por lo que se hace necesario un constante cuidado de parte de los operadores y de un adecuado mantenimiento de los equipos.

El cloro gas, no es corrosivo a metales, cuando es extraído de los cilindros, pero en presencia de humedad, ataca rápidamente todos los metales a excepción de los metales nobles y del tantanio. El caucho, vidrio, varios compuestos sintéticos y los metales nobles, son suficientemente resistentes para conducir el cloro húmedo en contacto con el cloro líquido.

5.2 COAGULANTE (SULFATO DE ALUMINIO)

Se ha previsto la utilización del Sulfato de Aluminio como coagulante para remoción de color y turbiedad básicamente.

Sistema de alimentación

El sistema de alimentación comprende:

- ✓ 2 Tanques de solución de 5 m³ c/u
- ✓ Mezcladores para cada tanque de solución, localizados en las plataformas de las mesas existentes para la pre cloración
- ✓ Dosificador compuesto de un tanque de carga constante provisto de flotador Estructura de repartición mediante canaleta perforada.

La preparación de la solución se lo hará por vaciado directo en los tanques de solución para lo cual se prevé una alimentación de agua. El caudal de solución será de 0.25l/s con lo que se logra un llenado de los tanques en menos de 5 horas.

Operación normal

- ✓ Se deberá comprobar la dosis a ser utilizada mediante las pruebas de tratabilidad del agua cruda
- ✓ Preparar las soluciones con un caudal 0.25 l/s con lo que se logra un llenado del tanque en 5 horas.
- ✓ El caudal de agua de disolución se regulará manualmente.
- ✓ Comprobar la existencia de sulfato de aluminio
- ✓ Revisar que no existen fugas en tanques, conexiones y dosificador
- ✓ Comprobar que el tanque dosificador proporciones las dosis emanadas por el Jefe de planta
- ✓ máxima de 15 cm lo que proporciona una área suficiente.
- ✓ Revisar y comprobar que los mezcladores instalados en los tanques de solución estén trabajando y permita una suspensión homogénea.
- ✓ Comprobar que la canaleta perforada distribuya el sulfato uniformemente a lo largo del calado contraído del resalto hidráulico

Mantenimiento

- ✓ Revisión exterior de la normalidad en el funcionamiento y reportar en caso de novedades
- ✓ Cada 6 meses, lubricar los motores, chequeo de sobrecalentamientos y conexiones eléctricas; limpieza y lubricación del dosificador
- ✓ Al año, desmontaje y revisión del dosificador
- ✓ Desmontaje del mezclador incluyendo motor, la caja

5.3 POLÍMEROS

El uso de poli electrolito ligeramente catiónico, actúa como coadyuvante de coagulación con lo que se obtiene una mayor remoción de color dentro de la línea de tratamiento.

Operación

- ✓ Prepara la dilución madre con una relación 1 g/l y trasegarla a los tanques de dosificación de 300 l/seg., donde recibirá una nueva cantidad de agua para disminuir su viscosidad y llevarla a un punto de mayor operabilidad.

Conforme a las tratabilidades las dosis recomendadas son:

Dosis óptima recomendada =	0.20 mg/l
Volumen máximo diario =	7.776 m ³
Volumen/tanque = Volumen máximo/6 =	1.3 m ³

- ✓ Comprobar que la bomba de dosificación trabaje con carga positiva, tanto en la succión como en la impulsión
- ✓ Revisar que la inyección del polímero se la realice directamente a la tubería de 200 mm de diámetro.
- ✓ Comprobar que funcionen los mezcladores eléctricos con reductor y de la bomba de alimentación

6. ENERGIA ELECTRICA

La energía eléctrica es suministrada por la Empresa Eléctrica Santo Domingo en alta tensión por lo que, se comprobará que cada una de las estaciones de bombeo cuente con los respectivos tableros de distribución de fuerza y alumbrado, con los respectivos interruptores y tableros monofásicos.

Se verificará que el sistema de distribución sea trifásico, 4 conductores, 220/120 voltios, 60Hz . El sistema de conductores neutro conectado a tierra consistente de un conductor de cobre sin uniones ni empalmes.

Operación normal

El operador deberá chequear periódicamente verificar la existencia y el estado de los transformadores y que los niveles de tensión sean los correctos.

Mantenimiento

Anualmente se revisará todo el sistema eléctrico y se procederá a detectar defectos tales como fusibles dañados, relays quemados, y proceder a su reemplazo

ANEXOS

ANEXO 1 _____	Planos del Proyecto
ANEXO 2 _____	Mecánica de Suelos
ANEXO 3 _____	Calidad y Tratabilidad de las aguas
ANEXO 4 _____	Características de las bombas centrífugas
ANEXO 5 _____	Secuencia Fotográfica

ANEXO 1

Planos del Proyecto

CONTENIDO DE PLANOS

PLANO N°	CONTENIDO
A. DIAGNÓSTICO	
1	IMPLANTACIÓN GENERAL Y TOPOGRAFÍA
2	IMPLANTACIÓN GENERAL DE PROCESOS
3	ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DE FILTROS – CORTE GENERAL
4	SISTEMA DE DESAGÜES
5	SISTEMA ELÉCTRICO
6	DIAGRAMAS DE CONTROL Y FUERZA
B. ALTERNATIVAS	
1	ALTERNATIVA 1
2	ALTERNATIVA 2
3	ALTERNATIVA 3
C. REDISEÑO DEFINITIVO	
1	IMPLANTACIÓN
2	CORTES
3	DETALLE FLOCULADOR
4	DETALLE SEDIMENTADOR
5	DUCTO ENTRADA Y ZONA SEDIMENTACIÓN
6	DETALLE FILTROS
7	CÁMARA DE CONTACTO
8	CLORACIÓN
9	DETALLE ENTRADA Y MEZCLA RÁPIDA
10	AGUA POTABLE Y DESAGÜES

ANEXO 2

Mecánica de Suelos

ANEXO 3

Calidad y Tratabilidad de las aguas

ANEXO 4

Características de las Bombas Centrífugas

ANEXO 5

Secuencia Fotográfica